

## MÉTODOS

# Estudio del infarto agudo de miocardio mediante resonancia magnética de contraste con gadolinio-DTPA en comparación con la ecocardiografía

Francesc Carreras, Xavier Borrás, Guillem Pons-Lladó, Jaume Llauger\* y Jaume Palmer\*

Departamento de Cardiología y \*Servicio de Radiodiagnóstico.  
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Barcelona.

*bioestadística / diagnóstico por la imagen / ecocardiografía / electrocardiografía / estudio de casos y controles / fibrinólisis / gadolinio / infarto de miocardio / medios de contraste / miocardio / necrosis / resonancia magnética nuclear*

**Introducción y objetivos.** La resonancia magnética de contraste con gadolinio-DTPA permite detectar y cuantificar el área de necrosis miocárdica en el infarto agudo de miocardio. El objetivo del presente trabajo es estudiar la capacidad de esta técnica para el diagnóstico del infarto, en comparación con los datos clínicos y ecocardiográficos.

**Métodos.** Se incluyeron 16 pacientes con un infarto agudo de miocardio, realizando durante la primera semana del ingreso una resonancia magnética de contraste y un ecocardiograma. Se cuantificó la masa miocárdica total y la de necrosis a partir de las imágenes de resonancia, comparándose con la extensión del infarto estimada a partir de las enzimas y el electrocardiograma. Se comparó el número y la localización de los segmentos miocárdicos que mostraban captación de contraste con los que mostraban alteraciones de contractilidad por ecocardiografía.

**Resultados.** La masa miocárdica de necrosis calculada a partir del área con captación de contraste fue de 25 g (intervalo: 2-67 g), correspondiendo al 17% de la masa miocárdica total (intervalo: 1-45%), existiendo buena correlación con el valor sérico máximo de creatinofosfocinasa total ( $r = 0,714$ ;  $p < 0,003$ ) y con el número de ondas Q del electrocardiograma ( $r = 0,69$ ;  $p < 0,005$ ). No hubo discrepancias en la localización del infarto por electrocardiografía, ecocardiografía y resonancia, con buena concordancia entre los segmentos que captaban gadolinio-DTPA y los que presentaban acinesia por ecocardiografía ( $kappa = 0,65$ ).

**Conclusiones.** La detección y cuantificación de necrosis en el infarto agudo de miocardio mediante resonancia magnética de contraste presenta una buena correlación con los datos clínicos y ecocardiográficos.

**Palabras clave:** Medios de contraste. Ecocardiografía. Infarto de miocardio. Resonancia magnética nuclear.

## ASSESSMENT OF ACUTE MYOCARDIAL INFARCTION BY GADOLINIUM-DTPA CONTRAST MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN COMPARISON WITH ECHOCARDIOGRAPHY

**Introduction and objectives.** Gadolinium-DTPA used as a contrast agent in magnetic resonance imaging allows the detection and quantification of the necrotic area in acute myocardial infarction. The aim of the present study is to assess the value of this method for the diagnosis of myocardial infarction in comparison with clinical and echocardiographic data.

**Methods.** Contrast magnetic resonance imaging and echocardiographic studies were performed on 16 patients during the first week after admission for acute myocardial infarction. Necrotic and total myocardial mass were calculated from magnetic resonance images and this was compared to the extension of the myocardial infarction assessed by electrocardiography and the peak level of total creatinin-phosphokinase serum enzyme. The number and localization of myocardial segments showing contrast uptake was related to segments with contractile abnormalities at the echocardiographic examen.

**Results.** The mean value of the mass of myocardial necrosis calculated from the total area of gadolinium-DTPA uptake in each patient was 25 g (range: 2-67 g), corresponding to 17% of the total myocardial mass (range: 1-45%). This value correlated with the peak serum level of total creatinine-phosphokinase enzyme ( $r = 0.714$ ;  $p < 0.003$ ) and with the number of Q waves present at the electrocardiogram ( $r = 0.69$ ;  $p < 0.005$ ). A very good agreement between the location of the myocardial infarction by ECG, echocardiography and magnetic resonance was evidenced, and a satisfactory correlation existed between myocardial segments with gadolinium-DTPA uptake and akynetic echocardiographic segments ( $kappa = 0.65$ ).

**Conclusions.** The detection and quantitation of the necrotic area in the acute myocardial infarction with gadolinium-DTPA contrast magnetic resonance shows a good correlation with clinical and echocardiographic data.

**Key words:** Contrast media. Echocardiography. Magnetic resonance imaging. Infarction.

(*Rev Esp Cardiol* 1999; 52: 885-891)

Correspondencia: Dr. F. Carreras.  
Departamento de Cardiología. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau.  
P. Claret, 167. 08025 Barcelona.  
Correo electrónico: fcarreras@hsp.santpau.es

Recibido el 16 de octubre de 1998.  
Aceptado para su publicación el 2 de julio de 1999.

## INTRODUCCIÓN

Aunque la definición de las estructuras cardiovasculares estudiadas mediante resonancia magnética (RM) es excelente, las alteraciones tisulares secundarias a un infarto agudo de miocardio (IAM) no son directamente identificables mediante la técnica convencional *spin-echo* potenciada en T1. Por otra parte, si bien la presencia de edema miocárdico periinfarto puede dar lugar, en las imágenes obtenidas con técnica *spin-echo* potenciada en T2, a un aumento relativo de la intensidad de la señal<sup>1</sup> que se ha descrito como útil para determinar la localización de un IAM<sup>2</sup>, dificultades técnicas inherentes a esta modalidad impiden la obtención de imágenes cardíacas de resolución adecuada en todos los casos<sup>3</sup>. No ha sido posible, hasta la introducción de los medios de contraste paramagnético, identificar de forma fiable la zona miocárdica afectada por un IAM<sup>4</sup>.

La inyección intravenosa de un medio de contraste paramagnético de distribución intersticial, como el gadolinio quelado por el ácido dietilentiáminico pentacético (Gd-DTPA), permite detectar, en las imágenes obtenidas de forma convencional con la técnica *spin-echo* potenciada en T1, áreas de necrosis miocárdica aguda o subaguda<sup>5,6</sup>. Para ello es preciso adquirir las imágenes aproximadamente 20 min tras la administración intravenosa del agente, lo que permite que haya tenido lugar su eliminación de las regiones miocárdicas con irrigación normal, al tiempo que el contraste aún persiste en las áreas necrosadas. A consecuencia de la isquemia y del edema propios del tejido miocárdico afectado por un IAM reciente, la llegada del contraste y su eliminación de la zona de necrosis están retardadas, lo que da lugar a un aumento de intensidad de señal de esa zona con respecto al miocardio normal. El desarrollo de tejido cicatrizal y la ausencia de edema miocárdico, propios del IAM crónico, hacen

que este método sea únicamente aplicable en los casos de IAM o subagudo, dentro de las dos primeras semanas tras el episodio inicial<sup>7</sup>.

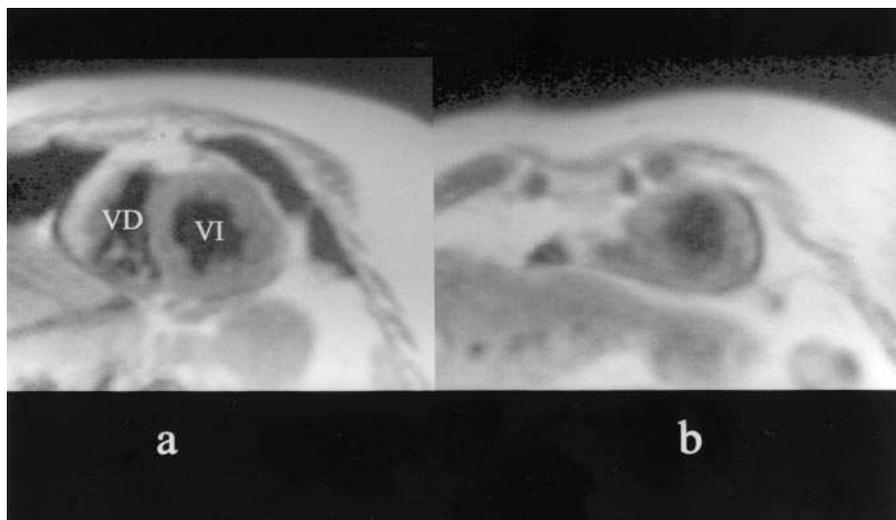
El objetivo del presente trabajo es estudiar la capacidad de la RM con administración de Gd-DTPA para el diagnóstico del IAM, en comparación con los datos enzimáticos, electrocardiográficos y ecocardiográficos.

## MÉTODOS

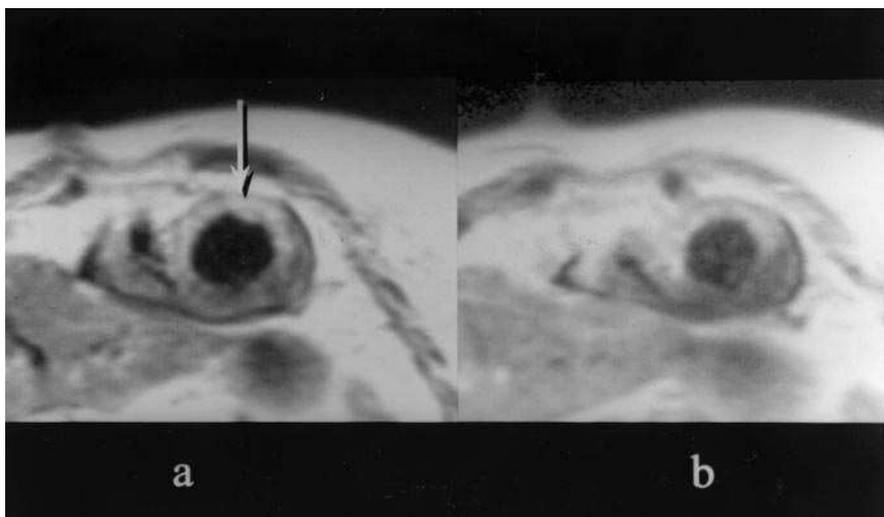
Se incluyeron en el estudio 16 pacientes (10 varones y 6 mujeres, con una edad media de  $65 \pm 13$  años) afectados de un primer IAM no complicado. En 8 pacientes (50%) se realizó fibrinólisis durante la fase aguda del IAM. En todos los casos se realizó, en el intervalo de 15 días desde el ingreso, un ecocardiograma y una RM con Gd-DTPA, ambas pruebas separadas por menos de 48 h.

### Resonancia magnética

Los estudios se realizaron mediante un equipo de RM de 1,0 Tesla (Magnetom SP, Siemens AG, Erlangen, Alemania) con una serie de secuencias orientadas a obtener cortes transversales reproducibles del ventrículo izquierdo en *spin-echo* T1 con las siguientes características: tiempo de repetición (TR) programado según la frecuencia cardíaca espontánea del paciente, tiempo de eco (TE) de 30 ms, campo de visión de 400 mm, grosor del corte de 8 mm y matriz de  $128 \times 256$  píxels. Con ello se obtuvieron una serie de 9-11 cortes transversales del ventrículo izquierdo, abarcando desde la región del anillo mitral al ápex. Dicha secuencia se obtuvo en situación basal (figs. 1a y b) y transcurridos 20 min de la administración intravenosa de Gd-DTPA (figs. 2a y b), a una dosis de 0,1 mmol/kg. La duración completa del protocolo de estudio osciló en-



Figs. 1a y b. Imágenes obtenidas mediante resonancia magnética, con una secuencia *spin-echo* T1, durante la fase subaguda de un infarto de miocardio antero-septal. Se muestra la sección transversal de las cavidades cardíacas medio-ventricular (a) y apical (b); VD: ventrículo derecho; VI: ventrículo izquierdo.



Figs. 2a y b. Mismo estudio que en la figura 1, tras la administración de gadolinio-DTPA. Obsérvese, en ambas imágenes, la existencia de una intensificación de la señal en la cara antero-septal ventricular izquierda (flecha) ocasionada por el retraso del lavado del contraste en el área de necrosis.

tre 30 y 40 min. En ningún caso existieron complicaciones, y la administración de Gd-DTPA fue bien tolerada por todos los pacientes.

### Ecocardiografía

Se utilizó un ecocardiógrafo bidimensional con una sonda de 3,5 MHz (Ultramark 9 HDI, ATL, Bothell, EE.UU.). Para el análisis comparativo con las imágenes obtenidas por RM, se registraron los cortes transversales al eje longitudinal del ventrículo izquierdo a nivel basal y de músculos papilares, así como un plano del ventrículo izquierdo en su eje longitudinal a partir del plano de cuatro cámaras, utilizado para el análisis de la contractilidad apical.

### Análisis cuantitativo de las imágenes

Las imágenes a analizar, obtenidas por RM y ecocardiografía, fueron grabadas en soporte magnético y analizadas *off-line* con un sistema digital (Image View DCR, Nova Microsonics, Mahwah, EE.UU.).

La estimación de la masa de territorio necrosado fue efectuada por un observador experimentado (G.P.) a partir de las imágenes obtenidas por RM tras la administración de Gd-DTPA, con idéntico soporte informático. Se delineó, en cada corte ventricular, el perímetro del área de captación de Gd-DTPA, así como los perímetros del epicardio y endocardio, lo que permitía obtener el área total de cada corte miocárdico (fig. 3). Los valores así obtenidos, multiplicados por el grosor del corte y la densidad del miocardio ( $1,05 \text{ gm/cm}^3$ ), equivalen a la masa miocárdica infartada y total del corte, respectivamente. La suma total de los valores parciales obtenidos en cada corte permite obtener la masa total del miocardio y la de la zona de necrosis.

Con el fin de comparar las imágenes de RM con la ecocardiografía se seleccionaron, de toda la serie de

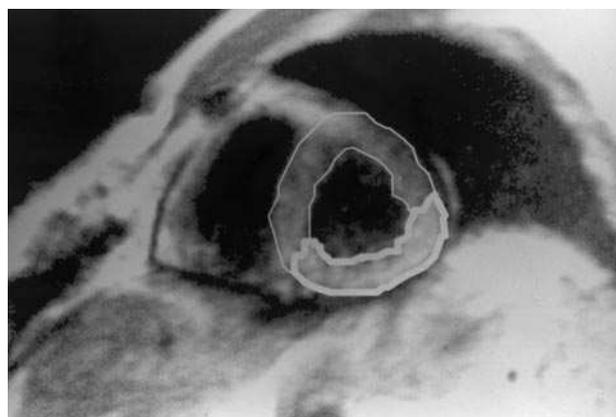


Fig. 3. Ejemplo de delimitación del área de la zona de necrosis miocárdica (señal hiperintensa incluida en el perímetro de trazo grueso) y del total del área miocárdica ventricular izquierda (perímetro incluido en el trazo fino), en uno de los cortes transversales de las cavidades ventriculares obtenido mediante resonancia magnética de contraste. Obsérvese cómo el área de captación de contraste identifica la localización y extensión de una necrosis en el territorio postero-inferior del ventrículo izquierdo

cortes transversales del ventrículo izquierdo obtenida por RM, los 3 cortes correspondientes a la sección basal, medio-papilar y apical ventricular, equivalentes a los planos analizados por ecocardiografía bidimensional. Tanto en las imágenes ecocardiográficas como de RM se dividió el ventrículo en 9 segmentos: antero-septal, anterolateral, posterior e inferoseptal, en cortes transversales a nivel basal y mediopapilar, utilizando como referencias anatómicas la implantación del tabique interventricular y los músculos papilares, más el segmento apical, según el método para el análisis de la motilidad regional propuesto por Heger<sup>8</sup>. En el ecocardiograma, un observador experimentado (F.C.) valoró, sin conocimiento previo de los resultados observados en la RM, las alteraciones de la contractilidad (normal,

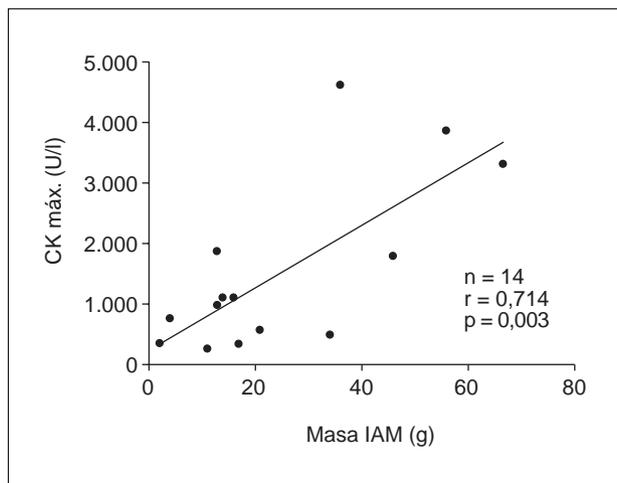


Fig. 4. Relación entre el nivel máximo sérico de CPK total (CK máx.) y la masa de miocardio necrosado calculada a partir del área de infarto identificada por resonancia magnética de contraste.

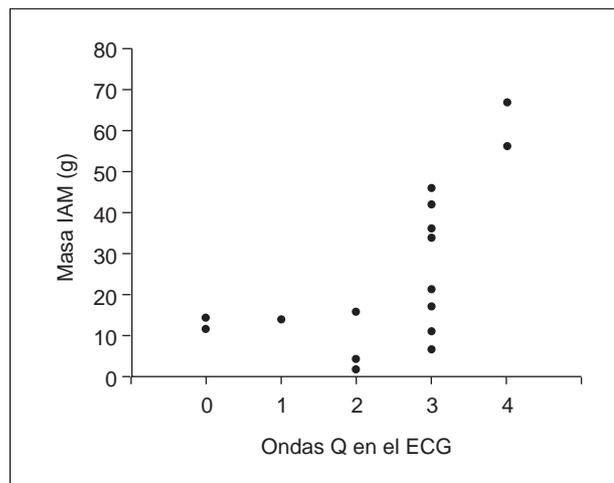


Fig. 5. Relación entre el número de ondas Q presentes en el ECG de cada paciente y la masa de necrosis miocárdica (IAM) calculada por resonancia magnética de contraste.

hipocinesia o acinesia) en cada uno de los 9 segmentos estudiados, relacionándolas con la presencia o no de captación de contraste en la RM en cada uno de ellos.

### Análisis estadístico

Para la valoración de relaciones entre variables cuantitativas se utilizó el análisis de correlación lineal y para la relación entre 2 variables ordinales el análisis de correlación no paramétrico de Spearman. Se estableció la concordancia entre los segmentos estudiados por ECO y RM a través de una tabla de contingencia y el análisis del estadígrafo *kappa*. Se consideró que existían diferencias significativas para un valor de  $p < 0,05$ . Los valores se expresan como media  $\pm$  desviación estándar.

## RESULTADOS

### Detección y cuantificación del infarto agudo de miocardio por resonancia magnética

Los estudios de RM fueron analizables en todos los casos. Se observó captación miocárdica de contraste localizada en todos los estudios, correspondiendo la zona afectada a la localización del infarto por ECG. La masa miocárdica de necrosis indicada por el área con captación de contraste fue de 25 g (intervalo: 2-67 g), correspondiendo al 17% de la masa miocárdica total (intervalo: 1-45%). La masa de necrosis miocárdica estimada por RM se correlacionó con el valor máximo de CK total ( $r = 0,714$ ;  $p < 0,003$ ) (fig. 4), así como con el número de ondas Q del ECG ( $r = 0,69$ ;  $p < 0,005$ ) (fig. 5 y tabla 1). Se revisó la evolución clínica de los pacientes hasta los 6 meses de su ingreso (tabla 1).

### Comparación con el análisis de contractilidad segmentaria por ecocardiografía

En 1 de los 16 pacientes (6%) el ecocardiograma fue técnicamente deficiente para un estudio adecuado de la contractilidad segmentaria, por lo que se llevaron a cabo comparaciones con los resultados de la RM en 15 casos, con un total de 135 segmentos analizados. Se observó una buena concordancia entre los segmentos miocárdicos con captación de gadolinio por RM y los que presentaban acinesia por ECO ( $kappa = 0,65$ ). Aunque existía una excelente correspondencia entre ECO y RM de contraste en cuanto al territorio afectado por el IAM, se observaron diferencias entre las dos técnicas en cuanto a la extensión de los segmentos afectados (tabla 2). Así, de un total de 33 segmentos acinéticos detectados por ECO, no existía captación de contraste por RM en 9 (27%), correspondiendo a 7 pacientes. Por el contrario, de un total de 76 segmentos con contractilidad normal por ECO, 7 (9%) tuvieron captación de contraste, correspondiendo a un total de 5 pacientes. En todos los casos los segmentos discrepantes eran adyacentes a la zona de IAM. De los 26 segmentos hipocinéticos en el ecocardiograma, 18 (69%) no captaban gadolinio.

## DISCUSIÓN

La utilidad del Gd-DTPA para la identificación de la necrosis miocárdica aguda ha sido extensamente demostrada. Ya experimentalmente, Ten Kate observó que el área de infarto de miocardio delimitada por Gd-DTPA se correspondía con la realmente necrosada en el estudio escintigráfico con anticuerpos monoclonales antimiosina<sup>9</sup>, mientras que, clínicamente, se ha demostrado, asimismo, una buena correlación con los estu-

**TABLA 1**  
**Resultados del estudio de localización y cuantificación del IAM por RM de contraste y los índices clínicos de necrosis miocárdica. Datos de seguimiento clínico hasta los 6 meses**

Número	Localización	Masa IAM	IAM (%)	CK máx.	Número de ondas Q	CFNYHA 6 meses
1	Anterior	67	45	3.306	4	1
2	Posterolateral	4	2	750	2	1
3	Inferior	7	4	*	3	3 <sup>a</sup>
4	Posteroinferior	13	8	973	0	1
5	Posteroinferior	2	1	346	2	1
6	Anteroseptal	36	21	4.627	3	3 <sup>b</sup>
7	Inferior	17	11	337	3	–
8	Anteroseptal	56	36	3.876	4	1
9	Inferior	14	11	1.105	1	2 <sup>c</sup>
10	Posteroinferior	13	11	1.855	0	1
11	Anteroseptal	21	14	555	3	1
12	Inferior	11	7	277	3	1
13	Anterior	34	25	489	3	–
14	Anteroseptal	46	25	1.800	3	2 <sup>d</sup>
15	Inferior	16	9	1.091	2	1
16	Anteroseptal	42	41	**	3	e

\*Nivel máximo de CK no valorado por tratarse de un IAM intraoperatorio; \*\*dato no disponible; <sup>a</sup>un cuadro de insuficiencia cardíaca motiva el ingreso en otro centro a los 4 meses del alta. Tratamiento médico; <sup>b</sup>angina post-IAM previa al alta. Revascularización coronaria quirúrgica; <sup>c</sup>angina post-IAM al mes. Angioplastia efectiva; <sup>d</sup>reingreso por insuficiencia cardíaca a las 2 semanas del alta. Tratamiento médico; <sup>e</sup>reinfarto a las 5 semanas del alta. Fallecido; IAM: infarto agudo de miocardio; CK máx.: nivel máximo de CK total; CFNYHA: clase funcional de la NYHA.

**TABLA 2**  
**Número de segmentos miocárdicos con motilidad normal o alterada en el ECO en relación con la captación de Gd-DTPA en la RM para cada paciente**

Número	Localización	Fibrinólisis	Gadolinio +			Gadolinio –		
			Normal	Hipocinesia	Acinesia	Normal	Hipocinesia	Acinesia
1	Anterior	Sí	1	1	3	4	0	0
2	Posterolateral	Sí	0	1	0	6	2	0
3	Inferior	No	0	0	2	2	3	2
4	Posteroinferior	No	0	1	1	5	2	0
5	Posteroinferior	No	0	2	2	5	0	0
6	Anteroseptal	Sí	0	0	3	0	5	1
7	Inferior	Sí	0	0	1	7	0	1
8	Anteroseptal	Sí	1	0	2	5	1	0
9	Inferior	Sí	1	2	2	4	0	0
10	Posteroinferior	Sí	0	0	1	5	2	1
11	Anteroseptal	No	0	0	2	7	0	0
12	Inferior	No	0	0	1	7	0	1
13	Anterior	Sí	3	0	0	6	0	0
14	Anteroseptal	No	1	1	2	2	2	1
15	Inferior	No	0	0	2	4	1	2
Total			7	8	24	69	18	9

Fibrinólisis: fibrinólisis durante la fase aguda del IAM; normal: contractilidad normal.

dios de perfusión miocárdica por métodos isotópicos<sup>10,11</sup>. Además, la posibilidad que ofrece la RM de cuantificar la masa miocárdica y, en su caso, la correspondiente a la zona de necrosis señalada por la captación de Gd-DTPA ha permitido al grupo de Van der Wall demostrar una buena correlación del tamaño del

infarto con los métodos enzimáticos de cuantificación de necrosis<sup>12</sup>.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio confirman estos hallazgos. Hemos comprobado que las imágenes de RM con Gd-DTPA permiten localizar en prácticamente todos los casos la zona de IAM, siendo

también factible cuantificar el porcentaje de masa miocárdica necrosada. El área de miocardio con captación de contraste presenta una relación directa con la extensión del IAM estimada a partir del número de ondas Q de necrosis presentes en el ECG, así como con el número de segmentos con alteración de la contractilidad observados en la ECO. También se observó una correlación positiva entre el valor máximo de CK y la masa de miocardio necrosado, a pesar de existir tratamiento fibrinolítico en la mayoría de los casos, hecho que modifica la dinámica y magnitud de la actividad enzimática de CK total.

No existen, sin embargo, en la bibliografía, estudios comparativos entre RM de contraste y ECO. Al efectuar esta valoración, hemos observado en el presente estudio una coincidencia sistemática entre ambas técnicas en cuanto a la localización del IAM, así como una buena correlación entre la extensión del IAM determinada por RM de contraste y el número total de segmentos ecocardiográficos con acinesia. Los segmentos con hipocinesia, siempre limítrofes con las zonas de acinesia, en su mayoría no captaban gadolinio (69%), pudiéndose explicar los casos positivos (31%) por la existencia de necrosis no transmural. No obstante, no se creyó oportuno efectuar un análisis estadístico comparativo con la RM dado el factor de confusión que podían introducir en la interpretación de los resultados, debido a que existen diferentes causas fisiopatológicas que pueden explicar la hipocinesia en estos casos.

En el estudio comparativo caso a caso, se observaron ciertas discrepancias que interesa comentar. La proporción de segmentos acinéticos detectados por ECO sin captación de contraste por RM (27%) coincide con los datos descritos por otros autores en estudios en los que la motilidad segmentaria se ha evaluado por cine-RM<sup>13</sup>. Dichos segmentos eran, en nuestro caso, siempre limítrofes con la zona de necrosis identificada por la captación de gadolinio, hecho que concuerda con la observación de que las alteraciones de contractilidad detectadas por ECO sobrestiman el área de infarto<sup>14</sup>. El hecho de que existan segmentos con contractilidad anormal que no captan contraste podría relacionarse con la existencia de miocardio viable<sup>13</sup>, cuya presencia se ha demostrado, por otra parte, hasta en un 45% de los segmentos acinéticos tras un IAM, mediante estudios de ECO-estrés farmacológico<sup>15</sup>.

Por el contrario, existía un 9% de segmentos con captación de contraste y contractilidad normal por ECO. Este hecho ya ha sido comunicado en estudios experimentales, observándose especialmente en zonas de IAM reperfundidas<sup>16</sup>. En nuestra serie, en 4 de los 5 pacientes que presentaban esta aparente discordancia se había realizado fibrinólisis en la fase aguda del IAM, con la previsible reducción del área de necrosis y la consiguiente mejoría de la función contráctil en los segmentos frontera, en los cuales puede seguir ob-

servándose captación anormal de gadolinio<sup>17,18</sup>, probablemente de forma residual.

Estos hallazgos realzan el interés de combinar la información sobre la extensión de la necrosis miocárdica, aportada por la RM de contraste con Gd-DTPA, con el estudio de la motilidad segmentaria, en nuestro caso realizado por ECO, a efectos de evaluar la extensión de la afectación funcional miocárdica y su eventual reversibilidad. Dado que la RM también permite, por medio de técnicas de cine-RM, el análisis cuantitativo de la función contráctil global y regional del ventrículo izquierdo, sería de gran utilidad práctica la obtención de toda esta información durante un mismo estudio, como recientemente han descrito otros autores<sup>19</sup>. Aunque el proceso de integración de la RM al terreno cardiológico está siendo muy lento, una vez superadas las limitaciones de orden logístico, que afectan a la disponibilidad de los equipos, y técnico, con el objetivo de mejorar los programas informáticos específicos para el estudio cardiovascular y reducir al máximo la duración de los estudios, la RM puede llegar a ser una técnica de utilización preeminente en el estudio de la cardiopatía isquémica<sup>20</sup>.

## CONCLUSIONES

La RM de contraste realizada durante la fase subaguda de un IAM, mediante la administración de Gd-DTPA, permite determinar la localización del área de necrosis así como cuantificar su tamaño. La combinación de estos datos con el estudio de la contractilidad segmentaria por ECO aporta información funcional de interés clínico en relación al estado de las regiones miocárdicas afectadas por el proceso isquémico.

## AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento a Tomás Gómez, diplomado de enfermería y técnico de resonancia magnética del Servicio de Radiodiagnóstico, por su contribución en la realización de los estudios de resonancia magnética cardíaca de contraste.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Bouchard A, Reeves RC, Cranney G, Bishop SP, Pohost GM. Assessment of myocardial infarct size by means of T2-weighted (1H nuclear magnetic resonance imaging). *Am Heart J* 1989; 117: 281-289.
2. Johnston DL. Myocardial tissue characterization with magnetic resonance imaging techniques. *Am J Cardiac Imag* 1994; 8: 140-150.
3. Matheijssen NA, De Roos A, Van der Wall EE, Doornbos J, Van Dijkman PR, Bruschke AV et al. Acute myocardial infarction: comparison of T2-weighted and T1-weighted gadolinium-DTPA enhanced MR imaging. *Magn Reson Med* 1991; 17: 460-469.
4. Saeed M, Wendland MF, Higgins CB. Contrast media for MR imaging of the heart. *J Magn Reson Imaging* 1994; 4: 269-279.

5. Saeed M, Wendland MF, Takehara Y, Masui T, Higgins ChB. Reperfusion and irreversible myocardial injury: identification with a nonionic MR imaging contrast medium. *Radiology* 1992; 182: 675-683.
6. Higgins ChB, Saeed M, Wendland M, Yu K, Lauerma K, Dulce M et al. Contrast media for cardiothoracic MR imaging. *J Magn Reson Imaging* 1993; 3: 265-276.
7. Van Dijkman PR, Van der Wall EE, De Roos A, Matheijssen NA, Van Rossum AC, Doornbos J et al. Acute, subacute, and chronic myocardial infarction: quantitative analysis of gadolinium-enhanced MR images. *Radiology* 1991; 180: 147-151.
8. Heger J, Weyman AE, Wann LS, Dillon JC, Feigenbaum H. Cross-sectional echocardiography in acute myocardial infarction: detection and localization of regional left ventricular asynergy. *Circulation* 1979; 60: 531-538.
9. Ten Kate CI, Van Kroonenburgh MJPG, Schipperheyn JJ, Doornbos J, Hoedemaeker PJ, Maes A et al. Imaging of acute myocardial infarction in pigs with Indium-111 monoclonal antimyosin scintigraphy and MRI. *Invest Radiol* 1990; 25: 806-810.
10. Fedele F, Montesano T, Ferro-Luzi M, Di Cesare E, Di Renzi P, Scopinaro F et al. Identification of viable myocardium in patients with chronic coronary artery disease and left ventricular dysfunction: role of magnetic resonance imaging. *Am Heart J* 1994; 128: 484-489.
11. Yokota Ch, Nonogi H, Miyakazi S, Goto Y, Maeno M, Daikoku S et al. Gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging in acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1995; 75: 577-581.
12. Holman ER, Van Jongeren HPW, Van Dijkman PRM, Van der Laarse A, De Roos A, Van der Wall EE. Comparison of magnetic resonance imaging studies with enzymatic indexes of myocardial necrosis for quantification of myocardial infarct size. *Am J Cardiol* 1993; 71: 1.036-1.040.
13. Dendale P, Franken PR, Block P, Pratikakis Y, De Roos A. Contrast enhanced and functional magnetic resonance imaging for the detection of viable myocardium after infarction. *Am Heart J* 1988; 135: 875-880.
14. Force T, Kemper A, Perkins L, Gilfoil M, Cohen C, Parisi AF. Overestimation of infarct size by quantitative 2-dimensional echocardiography: the role of tethering and of analytic procedures. *Circulation* 1986; 73: 1.360-1.368.
15. Panza JA, Dilsizan V, Laurienzo JM, Curiel RV, Katsiyannis PT. Relation between thallium uptake and contractile response to dobutamine. *Circulation* 1995; 91: 990-998.
16. Yuasa K, Sugimura K, Kawamitsu H, Ishida T, Shimada T, Ishibashi Y. Quantification of occlusive and reperfused myocardial infarct size with Gd-DTPA-enhanced MR imaging. *Eur J Radiol* 1993; 17: 150-154.
17. Kim RJ, Chen EL, Lima JA, Judd RM. Myocardial Gd-DTPA kinetics determine MRI contrast enhancement and reflect the extent and severity of myocardial injury after acute reperfused infarction. *Circulation* 1996; 94: 3.318-3.326.
18. De Roos A, Matheijssen NA, Doornbos J, Van Dijkman PR, Van Voorthuisen AE, Van der Wall EE. Myocardial infarct size after reperfusion therapy: assessment with Gd-DTPA-enhanced MR imaging. *Radiology* 1990; 176: 517-521.
19. Kramer CM, Rogers WJ, Geskin G, Power TP, Theobald TM, Hu YL et al. Usefulness of magnetic resonance imaging early after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1997; 80: 690-695.
20. Pons Lladó G, Carreras F. Estado actual de las aplicaciones de la resonancia magnética en el estudio de la cardiopatía isquémica. *Rev Esp Cardiol* 1997; 50 (Supl 5): 59-73.