

Seguridad de la realización precoz de un estudio de resonancia magnética cardíaca en pacientes con infarto agudo de miocardio y revascularización con *stent*

Paula Tejedor-Viñuela^a, José A. San Román-Calvar^b, Juan M. Durán-Hernández^a, Itziar Gómez-Salvador^b, José Sierra-Román^c y Francisco Fernández-Avilés^b

^aServicio de Cardiología. Hospital General Yagüe. Burgos. España.

^bServicio de Cardiología. Instituto de Ciencias del Corazón. Valladolid. España.

^cCentro Diagnóstico de Valladolid. Valladolid. España.

Introducción y objetivos. La resonancia magnética está de forma general contraindicada cuando hay algún tipo de prótesis o implante de metal ferromagnético. En el caso del *stent* coronario, hay una teórica preocupación de que la realización precoz de una resonancia magnética produzca desplazamiento del *stent*, lo que aumentaría el riesgo de trombosis. Este riesgo puede estar sobrestimado, ya que los *stents* de última generación no son ferromagnéticos o lo son muy poco. El objetivo de este estudio es comprobar si la realización precoz de una resonancia cardíaca tras el implante de *stent* es un procedimiento seguro para el paciente tras un infarto agudo de miocardio.

Métodos. Estudio retrospectivo de 407 pacientes con infarto agudo de miocardio con elevación del segmento ST tratados con *stent*. Se realizó un estudio de resonancia cardíaca en los primeros 14 ± 11 días en 86 pacientes (grupo 1); el grupo 2 está formado por los 321 restantes. Se realizó un seguimiento de eventos adversos, incluidos el reinfarto, la muerte o la revascularización intrahospitalaria, y a los 6 y 12 meses.

Resultados. Se registraron 3 casos de oclusión trombótica subaguda del *stent*, todos en el grupo 2. No se encontraron diferencias significativas para el resto de las variables. El evento combinado muerte, reinfarto, revascularización y rehospitalización al año fue del 14% en el grupo 1 y del 16% en el grupo 2 ($p = 0,7$).

Conclusiones. La realización precoz de un estudio con resonancia magnética cardíaca parece ser un procedimiento seguro en pacientes que han sido tratados mediante implante de *stent* tras un infarto agudo de miocardio.

Palabras clave: Stent coronario. Resonancia magnética cardíaca. Infarto agudo de miocardio.

Estudio parcialmente financiado por la Red Cooperativa de Investigación Cardiovascular del Instituto Carlos III.

Correspondencia: Dra. P. Tejedor-Viñuela.
Unidad de Hemodinámica y Cardiología Intervencionista.
Hospital General Yagüe.
Avda. del Cid, 96. 09005 Burgos. España.
Correo electrónico: paula_tejedor@yahoo.es

Recibido el 22 de noviembre de 2005.

Aceptado para su publicación el 30 de agosto de 2006.

Safety of Early Cardiac Magnetic Resonance Imaging in Acute Myocardial Infarction Patients With Stents

Introduction and objectives. In general, magnetic resonance imaging is contraindicated when the patient has a ferromagnetic prosthesis or implant. With coronary stents, there is a theoretical concern that use of magnetic resonance imaging shortly after implantation will dislodge the stent, thereby increasing the risk of thrombosis. However, the risk may be overestimated because modern coronary stents are not ferromagnetic or are only weakly so. The objective of this study was to determine whether carrying out cardiac magnetic resonance imaging shortly after stent implantation is a safe procedure in acute myocardial infarction patients.

Methods. We carried out a retrospective study of 407 patients with ST-elevation acute myocardial infarction who were treated by stent implantation. Cardiac magnetic resonance imaging was performed in the first 14 (11) days after stent implantation in 86 of these 407 patients (group 1); it was not performed in the 321 patients in group 2. The occurrence of an adverse event, such as death, reinfarction, or revascularization, either in hospital or after 6 or 12 months was recorded.

Results. Three patients experienced subacute stent thrombosis, all in group 2. No statistically significant difference in any other variable was found. The combined rate of death, reinfarction, revascularization, or rehospitalization at 12 months was 14% in group 1 and 16% in group 2 ($P=0.7$).

Conclusions. Carrying out cardiac magnetic resonance imaging shortly after stent implantation in acute myocardial infarction patients appears to be a safe procedure.

Key words: Coronary stent. Cardiac magnetic resonance imaging. Acute myocardial infarction.

Full English text available from: www.revespcardiol.org

INTRODUCCIÓN

La resonancia magnética cardiovascular (RMC) se considera en la actualidad la técnica no invasiva de referencia para el estudio de las enfermedades cardio-

ABREVIATURAS

CK: creatinina.
IAM: infarto agudo de miocardio.
RM: resonancia magnética.
RMC: resonancia magnética cardiovascular.

vasculares debido a que permite realizar una valoración global del corazón desde un punto de vista anatómico, estructural y funcional. La combinación de los distintos estudios que nos ofrece la RMC convierte a esta técnica en una excelente herramienta diagnóstica en los pacientes con cardiopatía isquémica. Un único examen nos permite determinar la función ventricular, valorar defectos de perfusión y detectar la presencia de infartos agudos o crónicos mediante el estudio de la viabilidad miocárdica¹⁻¹⁰. Por tanto, la RMC resulta de gran utilidad en el diagnóstico, el proceso de toma de decisiones clínicas y la determinación del pronóstico de los pacientes con cardiopatía isquémica.

El implante de *stent* coronario se considera en la actualidad la técnica de elección en los procedimientos de revascularización percutánea. En el año 2004, el 91% de los procedimientos intervencionistas que se llevaron a cabo en nuestro país se realizó mediante implante de *stent*¹¹.

La resonancia magnética (RM) está de forma general contraindicada cuando hay algún tipo de prótesis o implante metálico ferromagnético, debido al riesgo de desplazamiento y calentamiento, y a la aparición de artefactos en la imagen¹².

En el caso del *stent* coronario, hay una teórica preocupación acerca de que la realización de un estudio de RM de forma precoz tras el implante del *stent* produzca desplazamiento del *stent*, lo que favorecería la exposición del material metálico a las plaquetas y, por lo tanto, aumentaría el riesgo de trombosis, infarto de miocardio y necesidad de revascularización urgente¹³. Debido a que este riesgo se minimiza una vez que la endotelización del *stent* es completa, las empresas productoras de *stents* recomiendan en sus «guías de información» esperar 8 semanas tras el implante de *stent* para la realización del estudio de RM^{14,15}.

La posibilidad de calentamiento y desplazamiento del *stent* ha sido estudiada *in vitro*¹⁶ y en modelos animales^{17,18}, y se ha demostrado que estos dispositivos son seguros incluso con campos magnéticos mayores que los empleados habitualmente en la clínica. Varios estudios clínicos¹⁸⁻²², todos retrospectivos, indican que la RM es segura en pacientes con *stent*, ya que la incidencia de eventos adversos fue similar a la esperada en pacientes portadores de *stent*. Sin embargo, estos estudios se han realizado en poblaciones muestrales pequeñas y en alguno de ellos la resonancia no fue cardíaca, lo que resta valor a sus resultados¹⁹; asimismo,

el plazo de tiempo transcurrido entre el implante del *stent* y la realización de la RMC no se limitó a los primeros días tras la colocación del *stent*²² en la mayoría de ellos.

Por lo tanto, este riesgo teórico de lesión arterial puede estar sobrestimado, ya que la mayoría de los *stents* de última generación no son ferromagnéticos o lo son muy poco. Además, estas indicaciones contrastan con la práctica habitual de muchos servicios de cardiología^{6,23}, en los que se realizan estudios de RMC de forma inmediata tras el implante de *stents* coronarios.

El objetivo de este estudio es comprobar si la realización de un estudio de RMC en los primeros días tras el implante de *stent* coronario es un procedimiento seguro para el paciente tras un infarto agudo de miocardio (IAM).

MÉTODOS

Pacientes

En el período comprendido entre marzo de 2000 y enero de 2005 se realizaron en el Hospital Clínico Universitario de Valladolid 407 procedimientos de revascularización mediante implante de *stent* coronario en pacientes con el diagnóstico de IAM con elevación del segmento ST. La edad media era 61 ± 12 años y el 85% eran varones. El infarto fue de localización anterior en el 43% de los casos. El 24% de los pacientes fue tratado mediante angioplastia primaria, y el 76% mediante angioplastia facilitada (trombolítico seguido de angioplastia en las primeras 12 h).

De los 407 pacientes, se realizó un estudio de RMC a 86 de ellos como parte de un subestudio de los estudios GRACIA 1²⁴ (n = 500, 191 pacientes con *stent*, 13 con RMC), GRACIA 2²⁵ (n = 212, 176 pacientes con *stent*, 33 con RMC) y TECAM²⁶ (n = 45, 40 pacientes con *stent* y 40 con RMC). La participación de los pacientes en dicho subestudio se basó en la disponibilidad del equipo de RM y en la colaboración de los pacientes para participar en él. Todos los pacientes incluidos en el subestudio habían firmado previamente el consentimiento informado correspondiente para participar en los ensayos clínicos GRACIA 1, GRACIA 2 o TECAM (ensayos clínicos aprobados por el Comité Ético del Hospital Clínico Universitario de Valladolid).

Fueron criterios de exclusión para la realización del estudio de RMC la presencia de marcapasos, desfibriladores automáticos implantables, implantes cocleares, clips aneurismáticos, embarazo, inestabilidad hemodinámica o claustrofobia.

El tiempo medio transcurrido entre el implante del *stent* y la realización del estudio con RMC fue de 14 ± 11 días, con un intervalo de 2-58 días. La mediana fue de 10 días (intervalo, 7-18 días), lo que refleja que en el 50% de los pacientes el estudio de RMC se realizó

antes del día 10 y que en el 91% de los pacientes se realizó antes del primer mes.

El estudio GRACIA 1²⁴ utilizó como parte del diseño del protocolo el *stent* de acero inoxidable Multi-Link®, Guidant, y el estudio GRACIA 2²⁵ el *stent* de cromo-cobalto Vision®, Guidant. El estudio TECAM²⁶ utilizó en su fase inicial *stents* de cromo-cobalto (Vision®, Guidant o Driver®, Medtronic) y de acero inoxidable (Jostent®, Abbott, Lekton®, Biotronik o Phytis®, Phitis Corp.) y posteriormente *stents* liberadores de rapamicina o paclitaxel (Cypher®, Cordis y Taxus®, Boston Scientific). Por lo tanto, el material de los *stents* implantados en los pacientes a los que se realizó estudio con RMC fue acero 316L en el 58% de los pacientes y cromo-cobalto en el 42%. El porcentaje de *stents* farmacoactivos que se utilizaron en este grupo de pacientes fue el 15% del total de *stents* implantados (tabla 1).

Se llevó a cabo un seguimiento antes del alta hospitalaria y posteriormente todos los pacientes fueron revisados en consulta o vía telefónica 6 y 12 meses después del episodio del IAM.

Protocolo del estudio de resonancia magnética cardíaca

Todos los estudios se realizaron en una máquina de 1,5 Teslas (General Electric Signa 4.0) con antenas de superficie y de cuerpo de tipo *phased array* y con acoplamiento con el electrocardiograma del paciente (*ECG-gating*). El protocolo del estudio incluía exclusivamente la adquisición de imágenes de cine-RM.

El estudio comenzaba con la captura de localizadores, es decir, imágenes de referencia a partir de las que se obtuvieron los planos de imagen para los estudios de cine. Se prescribían 2 planos de eje largo y 6-8 ejes cortos, para garantizar una cobertura total del ventrículo izquierdo. La secuencia utilizada fue una secuencia ultrarrápida, con gradientes de eco balanceados. Cada uno de los planos de corte se realizó en apneas de 8-14 s. Los parámetros típicos fueron los siguientes: grosor de corte de 6 mm, con un espacio entre cortes de 4 mm, tiempo de repetición = intervalo RR del sujeto, ángulo de orientación de 15-30°, tiempo de eco de 5 ms, 20 fases por ciclo, tamaño de la matriz de imágenes 128-160 (pasos de codificación de fases) × 256 (puntos de lectura) y campo de visión de 300-350 mm. Se usó sobremuestreo en la dirección de lectura para evitar el solapamiento. El análisis de las imágenes se llevó a cabo con el software Mass 4.0.1 (Medical Imaging System, Leiden, Países Bajos). En cada paciente se realizó un análisis cuantitativo de fracción de eyección, volúmenes y masa del ventrículo izquierdo. La determinación de los volúmenes y de la fracción de eyección se realizó mediante detección manual del borde endocárdico en telesístole y telediástole en cada corte y aplicando para su cálculo la regla de Simpson

TABLA 1. Características de los *stents* implantados

Variables	Grupo 1 (con RMC) n = 86	Grupo 2 (sin RMC) n = 321	p
<i>Stents</i> acero 316L, n (%)	50 (58)	178 (55)	0,6
<i>Stents</i> cromo-cobalto, n (%)	143 (44)	36 (42)	0,6
<i>Stents</i> liberadores de fármacos, n (%)	16 (13)	0 (0)	< 0,01
N.º <i>stents</i> /paciente, media ± DE	1,5 ± 0,82	1,4 ± 0,7	0,32
Longitud de arteria cubierta por <i>stent</i> (mm), media ± DE	26 ± 14	27 ± 14	0,44

DE: desviación estándar; RMC: resonancia magnética cardíaca.

($\Sigma \text{área} \times \{\text{espesor} + \text{espacio entre los cortes}\}$). Se realizó también un análisis cualitativo de la contractilidad segmentaria, para lo cual se utilizó el modelo de 16 segmentos para el estudio segmentario miocárdico estandarizado de la American Heart Association²⁷. Cada segmento fue puntuado de acuerdo con la siguiente escala: 1 = normal, 2 = hipocinesia, 3 = acinesia, 4 = discinesia o aneurisma.

La duración media de los estudios de RMC fue de 25 ± 12 min. Cada estudio fue leído de forma independiente por 2 observadores experimentados, utilizándose para el análisis las mediciones determinadas por consenso.

Seguimiento

Se realizó un seguimiento de los eventos muerte, reinfarto y necesidad de revascularización antes del alta hospitalaria. Posteriormente se evaluó la incidencia de muerte, reinfarto, revascularización y rehospitalización a los 6 y 12 meses, mediante consulta o vía telefónica.

El reinfarto se definió como el dolor torácico de más de 30 min y elevación de la isoenzima MB de la creatinasa (CK-MB), con o sin cambios del segmento ST. La elevación enzimática tenía que cumplir alguno de los siguientes criterios: a) si el dolor torácico tenía lugar en las primeras 48 h desde el infarto inicial, la reelevación de la isoenzima se consideró positiva si aparecía en la fase descendente de la curva enzimática y alcanzaba al menos el 150% de la última determinación; b) si el dolor ocurría a partir de las 48 h del infarto inicial, la reelevación de la CK-MB se consideró positiva si alcanzaba un pico de hasta 3 veces los valores normales de esta isoenzima, y c) si el dolor torácico tenía lugar en las primeras 48 h desde la angioplastia o la cirugía de revascularización, la reelevación de la CK-MB se consideró positiva si alcanzaba un pico de hasta 5 veces los valores normales de esta isoenzima. Se definió la trombosis aguda del *stent* como la evidencia angiográfica de oclusión total o parcial de la arteria a la altura del *stent* implantado ocurrida en las

primeras 24 h, la trombosis subaguda del *stent* como la ocurrida durante el primer mes postimplante, y la trombosis crónica como la oclusión a partir del primer mes tras el implante del *stent*.

La revascularización guiada por isquemia se definió como cualquier tipo de procedimiento de revascularización (percutáneo o quirúrgico) que afectase a cualquier arteria enferma tras identificar una isquemia severa con al menos alguno de los siguientes criterios: *a*) angina de reposo con cambios en el ECG; *b*) angina de esfuerzo de grado III/IV (clasificación Canadiense), y *c*) prueba de estrés en tratamiento con bloqueadores beta que demuestre cambios inequívocos en el ECG o en la contractilidad segmentaria, o defectos de perfusión.

Análisis estadístico

Las variables continuas se expresan como media \pm desviación típica y las variables categóricas, como valor absoluto y porcentaje. La comparación entre grupos de las variables continuas se ha realizado mediante el test de la *t* de Student. Para las variables categóricas se ha utilizado el test de la χ^2 , y se aplicó el test exacto de Fisher cuando fue necesario.

Se consideraron estadísticamente significativos los valores de $p < 0,05$. Los datos han sido analizados con el paquete estadístico SPSS 12.0 (SPSS Inc. Chicago, Illinois).

RESULTADOS

La población de estudio se clasificó en 2 grupos sobre la base de la realización de estudio con RMC: en el grupo 1 se incluyó a los pacientes a los que se les realizó RMC ($n = 86$) y en el grupo 2 a los pacientes a los que no se les realizó RMC ($n = 321$). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas respecto a las variables demográficas y los factores de

TABLA 2. Datos demográficos y factores de riesgo

Variables	Grupo 1 (con RMC) n = 86	Grupo 2 (sin RMC) n = 321	p
Edad (años), media \pm DE	58,3 \pm 11,8	61,7 \pm 11,8	0,018
Varones, n (%)	74 (86)	273 (85)	0,8
IAM previo, n (%)	2 (2)	21 (6)	0,18
IPC previo, n (%)	3 (3)	13 (4)	0,99
DM, n (%)	10 (12)	61 (19)	0,1
Hipercolesterolemia, n (%)	37 (43)	116 (36)	0,25
HTA, n (%)	28 (33)	119 (37)	0,43
Antecedentes familiares, n (%)	11 (13)	61 (19)	0,17
Tabaquismo, n (%)	63 (73)	239 (74)	0,82

DE: desviación estándar; DM: diabetes mellitus; HTA: hipertensión arterial; IAM: infarto agudo de miocardio; IPC: intervención percutánea coronaria; RMC: resonancia magnética cardíaca.

TABLA 3. Características del infarto y del tratamiento recibido por los pacientes

Variables	Grupo 1 (con RMC) n = 86	Grupo 2 (sin RMC) n = 321	p
Localización IAM anterior, n (%)	58 (67)	117 (36)	< 0,001
Localización IAM inferior, n (%)	26 (30)	190 (59)	< 0,001
IPC primaria, n (%)	23 (28)	76 (24)	0,44
IPC facilitada, n (%)	60 (72)	245 (76)	0,44
CK-MB (g; media \pm DE)	344 \pm 301	294 \pm 213	0,09
FE basal (media \pm DE)	51 \pm 11	55 \pm 11	0,008
N.º de vasos enfermos = 3, n (%)	24 (7)	2 (2)	0,13
Clopidogrel o ticlopidina, n (%)	72 (84)	258 (80)	0,77
Aspirina, n (%)	83 (96)	304 (95)	0,48
Bloqueadores beta	80 (93)	252 (82)	0,01
IECA	56 (65)	177 (56)	0,16

CK-MB: isoenzima MB de la creatinina; DE: desviación estándar; FE: fracción de eyección; IECA: inhibidores de la enzima de conversión de la angiotensina; IPC: intervencionismo percutáneo coronario; RMC: resonancia magnética cardíaca.

riesgo de ambos grupos de pacientes, salvo la edad, cuya media fue más alta en el grupo 2 (tabla 2).

En la tabla 3 se comparan las características del infarto y el tratamiento recibido por ambos grupos de pacientes. Cabe destacar que los pacientes a los que se les hizo RMC tenían un mayor porcentaje de infartos de localización anterior, fracción de eyección más baja y un pico de CK-MB más elevado que los pacientes del grupo 2. Las características de los *stents* implantados en ambos grupos de pacientes se resumen en la tabla 1.

No se registró ninguna complicación durante o inmediatamente después de la exploración con RMC, incluidos el dolor torácico, la disnea o las arritmias. En todos los pacientes se pudo terminar el estudio de forma satisfactoria para la obtención de imágenes aptas para el cálculo de los parámetros de la función ventricular.

Se realizó un seguimiento de eventos adversos que incluyó el reinfarto, la muerte o la necesidad de revascularización durante la estancia intrahospitalaria y a los 6 y 12 meses. Se registraron 3 casos de oclusión trombótica subaguda del *stent*, todos en pacientes pertenecientes al grupo 2 (sin RMC), y todas ellas tuvieron lugar en los primeros 10 días tras el implante del *stent*. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para el resto de las variables estudiadas (tabla 4). El evento combinado muerte, reinfarto, revascularización del vaso donde se implantó el *stent* y rehospitalización al año fue del 14% en el grupo de pacientes a los que se realizó RMC y del 16% en el grupo 2 ($p = 0,7$).

DISCUSIÓN

Este estudio comparativo señala que la realización de una exploración con RMC en la fase precoz tras el

TABLA 4. Eventos en el seguimiento a los 12 meses

Variables	Grupo 1 (con RMC) n = 86	Grupo 2 (sin RMC) n = 321	p
Muerte, n (%)	0	11 (3)	0,13
Reinfarto, n (%)	2 (2)	7 (2)	0,99
IPC, n (%)	4 (5)	19 (6)	0,79
Cirugía, n (%)	0	3 (1)	0,99
Revascularización, n (%)	4 (5)	21 (6)	0,69
Rehospitalización, n (%)	8 (9)	32 (10)	0,99
MACE 1, n (%)	2 (2)	17 (5)	0,38
MACE 2, n (%)	6 (7)	32 (10)	0,52
MACE 3, n (%)	12 (14)	50 (16)	0,71

IPC: intervencionismo percutáneo coronario; MACE 1: muerte o reinfarto; MACE 2: muerte o reinfarto o revascularización; MACE 3: muerte o reinfarto o revascularización o rehospitalización; RMC: resonancia magnética cardíaca.

implante de un *stent* es un procedimiento seguro. Ninguno de los 86 pacientes estudiados con RMC en la fase aguda del IAM presentó eventos tras la realización de la exploración ni tampoco efectos adversos inmediatos atribuibles a la realización de la RMC. Por último, y a pesar de que las características basales del grupo de estudio de RMC mostraban un perfil de riesgo significativamente mayor que el grupo control (mayor porcentaje de infartos de localización anterior, una fracción de eyección más baja y un mayor pico de CK-MB), la tasa de eventos combinados al año fue similar en ambos grupos de pacientes.

Las empresas productoras de *stents* coronarios recomiendan en sus guías de información esperar 8 semanas para la realización de una RM^{14,15}. Estas recomendaciones se basan en el tiempo que se considera necesario para que la endotelización de la prótesis sea completa, lo que evitaría su posible desplazamiento al estar sometida a un campo magnético. La valiosa información que nos aporta la RMC es especialmente relevante para el clínico en la fase aguda de la enfermedad coronaria, por lo que la espera de 8 semanas resulta excesiva. Es necesario, por lo tanto, establecer con exactitud cuánto tiempo hay que esperar tras el implante de un *stent* para poder realizar un estudio con RMC, sin que esto suponga exponer al paciente a un riesgo.

En términos generales, la realización de un estudio con RM se considera contraindicada en pacientes con implantes ferromagnéticos, principalmente por el riesgo potencial de desplazamiento, la inducción de corrientes eléctricas, el calentamiento excesivo y por la posibilidad de interpretación errónea de las imágenes por la aparición de artefactos producidos por la presencia del objeto. Varios factores determinan el riesgo relativo de los pacientes con implantes metálicos: a) la fuerza del campo magnético y de los gradientes; b) el grado de ferromagnetismo del objeto implantado; c) la

geometría del material implantado, y d) la localización y la orientación del material durante el estudio de RM.

En estudios experimentales se han evaluado la seguridad y los artefactos de diferentes tipos de *stents* coronarios, para lo cual se ha utilizado una RM de 1,5 Teslas y se han comparado diferentes secuencias de imagen (turbo *spin-echo*, gradiente de eco y eco-planar) en modelos porcinos^{16,17}. Se evaluaron 19 tipos diferentes de *stents*, con una longitud de 8-25 mm y un diámetro de 3,0-4,5 mm. Se investigó la migración de los *stents* provocada por la fuerza del campo magnético y el calentamiento causado por las ondas de radiofrecuencia. La fuerza ferromagnética más alta se observó en los *stents* con mayor masa, mientras que los *stents* más ligeros no mostraron ferromagnetismo. A pesar de que puede haber un mínimo ferromagnetismo con los *stents* más pesados, esta fuerza ferromagnética durante un estudio en una RM de 1,5 Teslas es demasiado pequeña para provocar la migración del *stent*. Además, la fuerza aplicada sobre un *stent* debido a la motilidad rápida cardíaca, con aceleración y desaceleración durante la contracción y la relajación cardíaca, es mucho mayor que la producida por el campo magnético.

Los *stents* expandidos se comportan como un circuito cerrado, por lo que cabría esperar que, con el cambio de la fuerza del campo magnético asociado con los gradientes pulsados ultrarrápidos que se utilizan en RM, se produzca una corriente eléctrica y, por lo tanto, calentamiento local. Sin embargo, incluso utilizando energías de radiofrecuencias más altas de las que suelen emplearse en la mayoría de los estudios clínicos de RM, en el estudio de Hug et al¹⁶ no se registró un aumento de la temperatura en ninguno de los 19 *stents* estudiados.

El grupo de Strohm et al¹⁷ evaluó, además, la dinámica de desplazamiento de los 14 tipos de *stents* recién implantados en arterias porcinas. Los resultados de este estudio concluyen que no hubo ningún movimiento visible en ninguno de los *stents*¹⁸.

Los mismos parámetros fueron testados en un reciente estudio del grupo de Shellock et al²⁸, para evaluar la seguridad de los *stents* recubiertos de fármacos en un campo magnético de 3 Teslas. Este estudio in vitro concluye que, debido a la ausencia de interacciones con el campo magnético observadas, sería seguro realizar un estudio de RMC de forma inmediata tras el implante de un *stent* de cromo-cobalto recubierto de fármacos²⁸.

En cuanto a estudios clínicos, Gerber et al¹⁹ publicaron un análisis retrospectivo de eventos adversos en 111 pacientes en los que se realizaron estudios de RM en campos de 1,5 Teslas (campo magnético utilizado en la práctica clínica habitual) en las primeras 8 semanas tras el implante del *stent* (mediana, 18 días). El riesgo de muerte cardíaca, infarto de miocardio o necesidad de revascularización por trombosis del *stent*

fue muy bajo y concuerda con la tasa de eventos adversos (0,5-1,9%) descrita para los pacientes en los que se realiza una angioplastia coronaria con implante de *stent* en la actualidad. Es importante destacar que en este estudio sólo el 60% de los pacientes presentaba un síndrome coronario agudo como motivo del implante del *stent* y que el resto eran pacientes con cardiopatía isquémica estable.

Otros estudios retrospectivos limitados por el escaso número de pacientes (de 11 a 33) indican que la RMC es segura en pacientes con IAM tratados con *stent*^{20,21}. Además, en estos estudios, el seguimiento de eventos adversos se limitó al período intrahospitalario.

Kim et al²² realizaron un estudio de cardio-RM en una aparato de 1,5 Tesla a 94 pacientes en los que se había realizado revascularización percutánea con *stent* una media de $2,3 \pm 1,8$ días después del procedimiento. La indicación para el implante de *stent* fue síndrome coronario agudo en el 90% de los pacientes. Se registraron 2 eventos intrahospitalarios sin relación con las arterias donde se implantaron los *stents*. A los 3 meses no se registraron más eventos y a los 6 meses no hubo muertes, se registraron 2 IAM, ninguno de los 2 en territorio de la arteria tratada con *stent*, y 2 pacientes con reestenosis intra-*stent*. Este estudio concluye, por lo tanto, que la realización de un estudio con RM en los primeros 7 días tras el implante del *stent* es un procedimiento seguro, y que el riesgo de muerte o IAM debido a trombosis del *stent* es bajo. A diferencia del nuestro, sólo el 68% de los pacientes incluidos en este estudio tenía IAM con elevación del segmento ST y, además, no se presentaban los datos de un grupo de control.

Nuestro estudio, que apoya fuertemente las conclusiones de los estudios citados con anterioridad, tiene varias particularidades con respecto a éstos: *a*) la población de estudio es homogénea, al incluirse exclusivamente a pacientes en la fase aguda de un infarto de miocardio a los que se realiza el implante de un *stent* coronario; *b*) la población del estudio es mayor; *c*) se efectúa la comparación con un grupo control, y *d*) se realiza un estudio de los eventos no sólo durante la estancia hospitalaria, sino a largo plazo (12 meses). Sin embargo, también somos conscientes de las limitaciones inherentes a la naturaleza retrospectiva y no aleatorizada del diseño.

CONCLUSIONES

Este estudio indica que la realización de un estudio con RMC es un procedimiento seguro en pacientes que han sido tratados mediante implante de *stent* tras un IAM. Retrasar la obtención de la valiosa cantidad de información que ofrece la RMC es, en nuestra opinión, innecesario. Es necesario, sin embargo, llevar a cabo estudios prospectivos y aleatorizados que confirmen la seguridad de esta técnica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Van der Gest RJ, Reiber JH. Quantification in cardiac MRI. En: Higgins CH, De Roos A, editors. Cardiovascular MRI and MRA. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2003. p. 70-81.
2. Lorenz CH, Walker ES, Morgan VL, Klein SS, Graham TP. Normal human right and left ventricular mass, systolic function, and gender differences by cine magnetic resonance imaging. J Cardiovasc Reson. 1999;1:7-21.
3. Rominger MB, Bachmann GF, Pabst W, Rau WS. Right ventricular volumes and ejection fraction with fast cine MR imaging in breath-hold technique: applicability, normal values from 52 volunteers, and evaluation of 325 adult cardiac patients. J Magn Reson Imaging. 1999;10:908-18.
4. Klocke FJ, Simonetti OP, Judo RM, Kim RJ, Harris KR, Hedjbeli S, et al. Limits of detection of regional differences in vasodilated flow in viable myocardium by first-pass magnetic resonance perfusion imaging. Circulation. 2001;103:826-33.
5. Nagel E, Klein C, Paetsch I, Hettner S, Schnackenburg B, Wegscheider K, et al. Magnetic resonance perfusion measurements for the non-invasive detection of coronary artery disease. Circulation. 2003;108:432-7.
6. López-Lereu MP, Bodí V, Sanchís J, García D, Pellicer M, Losada A, et al. Fiabilidad de los índices de viabilidad miocárdica para predecir la mejoría de la función sistólica en pacientes con primer infarto reciente y arteria abierta. Rev Esp Cardiol. 2004;57:826-33.
7. Kim RJ, Fieno DS, Parrish TB, Harris K, Simonetti O, Bundy J, et al. Relationship of MRI delayed contrast enhancement to irreversible injury, infarct age, and contractile function. Circulation. 1999;100:1992-2002.
8. Choi K, Kim RJ, Gubernikoff G, Vargas JD, Parker MA, Judd RM. Transmural Extent of acute myocardial infarction predicts long-term improvement in contractile function. Circulation. 2001;104:1101-7.
9. Wu K, Lima JA. Noninvasive imaging of myocardial viability. Current techniques and future development. Circ Res. 2003;93:1146-58.
10. Kim RJ, Wu E, Rafael A, Parker MA, Simonetti OP, Klocke FJ, et al. The use of contrast-enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction. N Engl J Med. 2000;343:1445-53.
11. López-Palop R, Moreu J, Fernández-Vázquez F, Hernández Antolín R. Registro español de hemodinámica y cardiología intervencionista. XIV Informe oficial de la Sección de hemodinámica y cardiología intervencionista de la Sociedad Española de Cardiología (1990-2004). Rev Esp Cardiol. 2005;58:1318-34.
12. Shellock FG, Shellock VJ. Stents: evaluation of MRI safety. Am J Roentgenol. 1999;173:534-47.
13. Scott NA, Pettigrew RI. Absence of movement of coronary stents after placement in a magnetic resonance imaging field. Am J Cardiol. 1994;73:900-1.
14. Shellock FG. Reference manual for magnetic resonance safety, implants and devices: 2005 ed. Los Angeles: Biomedical Research Publishing Group; 2004.
15. Shellock FG. Biomedical implants and devices: assessment of magnetic field interactions with a 3-Tesla MR system. J Magn Reson Imaging. 2002;16:721-32.
16. Hug J, Nagel E, Bornstedt A, Schnackenburg B, Oswald H, Fleck E. Coronary arterial stents: safety and artifacts during MR imaging. Radiology. 2000;216:781-7.
17. Strohm O, Kivelitz D, Groiss W, Schulz-Menger J, Liu X, Hamm B, et al. Safety of implantable coronary stents during 1H-magnetic resonance imaging at 1.0 and 1.5 T. J Cardiovasc Magn Res. 1999;1:239-45.
18. Fiedrich MG, Strohm O, Kivelitz D, Groiss W, Wagner A, Schulz-Menger J, et al. Behaviour of implantable coronary stents during magnetic resonance imaging. Int J Cardiovasc Intervent. 1999;2:217-22.

19. Gerber TC, Fasseas P, Lennon RJ, Valeti VU, Wood CP, Breen JF, et al. Clinical safety of magnetic resonance imaging early after coronary artery stent placement. *J Am Coll Cardiol*. 2003;42:1295-8.
20. Schroeder AP, Houliand K, Pedersen EM, Thuesen L, Nielsen TT, Egeblad H. Magnetic resonance imaging seems safe in patients with intracoronary stents. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2000;2:43-9.
21. Kramer, CM, Rogers WJ, Pakstis DL. Absence of adverse outcomes after magnetic resonance imaging early after stent placement for acute myocardial infarction: a preliminary study. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2000;2:257-61.
22. Kim CX, Wu E, Lee DC, Davidson CJ, Bonow RO, Ricciardi M. Cardiac MRI within one week of coronary implantation is safe. *J Cardiovasc Magnet Res*. 2005;7:301.
23. Baks T, Van Geuns RJ, Biagini E, Wielopolski P, Mollet NR, Cademartiri F, et al. Recovery of left ventricular function after primary angioplasty for acute myocardial infarction. *Eur Heart J*. 2005;26:1070-7.
24. Fernández-Avilés F, Alonso JJ, Castro-Beiras A, Vázquez N, Blanco J, Alonso-Briales J, et al. Routine invasive strategy within 24 hours of thrombolysis versus ischaemia-guided conservative approach for acute myocardial infarction with ST-segment elevation (GRACIA-1): a randomised controlled trial. *Lancet*. 2004; 364:1045-53.
25. Tejedor P, San Román A, Sierra J, Durán JM, Gómez I, Fernández-Avilés F. Angioplastia primaria con *stent* versus angioplastia facilitada en el infarto agudo de miocardio: evolución al año del remodelado ventricular valorado por resonancia magnética. *Rev Esp Cardiol*. 2004;57:364.
26. Fernández-Avilés F, San Román JA, García-Frade J, Fernández ME, Penarrubia MJ, De la Fuente L, et al. Experimental and clinical regenerative capability of human bone marrow cells after myocardial infarction. *Circ Res*. 2004;95:742-8.
27. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, Jacobs AK, Kaul S, Laskey WJ, 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 American Heart Association Writing Group on Myocardial Segmentation and Registration for Cardiac Imaging. *Circulation*. 2002;105:539-41.
28. Shellock FG, Forder RF. Drug eluting coronary stent: in vitro evaluation of magnet resonance safety at 3 Tesla. *J Cardiovasc Magnet Res*. 2005;7:415-9.