

## Artículo original

## Tiempo de realización de la resonancia magnética cardíaca y valor diagnóstico en pacientes con infarto de miocardio sin obstrucción de arterias coronarias

Gladys Juncà<sup>a</sup>, Albert Teis<sup>a</sup>, Gizem Kasa<sup>a</sup>, Elena Ferrer-Sistach<sup>a</sup>, Nuria Vallejo<sup>a</sup>, Jorge López-Ayerbe<sup>a</sup>, Germán Cediel<sup>a,b,c</sup>, Antoni Bayés-Genís<sup>a,b,c</sup> y Victoria Delgado<sup>a,\*</sup><sup>a</sup> Instituto del Corazón, Hospital Universitari Germans Trias i Pujol, Barcelona, España<sup>b</sup> Departamento de Medicina, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España<sup>c</sup> Centro de Investigación Biomédica en Red de Enfermedades Cardiovasculares (CIBERCV), España

## Historia del artículo:

Recibido el 30 de agosto de 2023

Aceptado el 14 de noviembre de 2023

On-line el 16 de marzo de 2024

## Palabras clave:

Miocarditis

Resonancia magnética cardíaca

Técnica de imagen cardíaca

Infarto de miocardio

Enfermedad de las arterias coronarias no obstructiva

## RESUMEN

**Introducción y objetivos:** En el presente estudio, se investigó el rendimiento diagnóstico de la resonancia magnética cardiovascular (RMC) en una gran cohorte de pacientes ingresados con infarto de miocardio (IM) con enfermedad arterial coronaria no obstructiva (MINOCA) en función del momento de derivación a RMC.**Métodos:** Se evaluó retrospectivamente a pacientes consecutivos remitidos a RMC desde enero de 2009 hasta febrero de 2022 con un diagnóstico de MINOCA. Se adquirió y analizó imágenes de cine, potenciadas en T<sub>2</sub>, y con realce temprano y tardío de gadolinio. Se evaluó la frecuencia del diagnóstico subyacente, y la asociación entre el momento de la RMC y la frecuencia relativa de cada diagnóstico.**Resultados:** Se incluyó a un total de 207 pacientes (mediana de edad 50 años, el 60% varones). El diagnóstico final tras la RMC se alcanzó en el 91% de los pacientes (miocarditis en el 45%, IM en el 20%, miocardiopatía de *tako-tsubo* en el 19% y otras miocardiopatías en el 7%). La realización de la RMC dentro de los 7 días posteriores al ingreso con MINOCA (mediana: 5 días; 117 pacientes) permitió un mayor rendimiento diagnóstico en comparación con la RMC llevada a cabo más tarde (mediana: 10 días; 88 pacientes) (el 96 frente al 86%;  $p = 0,02$ ). Aunque la miocarditis fue el diagnóstico más frecuente en ambos grupos según el momento de realización de la RMC, su frecuencia fue mayor entre los pacientes con una RMC llevada a cabo dentro de los primeros 7 días (el 53 frente al 35%;  $p = 0,02$ ). La frecuencia de otros diagnósticos subyacentes no se vio influenciada por el momento de la RMC.**Conclusiones:** La RMC condujo al diagnóstico subyacente de MINOCA en el 91% de los pacientes y su rendimiento diagnóstico aumentó al 96% cuando se realizó dentro de los 7 días posteriores al ingreso. La miocarditis fue el diagnóstico más frecuente.

© 2023 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

## Timing of cardiac magnetic resonance and diagnostic yield in patients with myocardial infarction with nonobstructive coronary arteries

## ABSTRACT

**Introduction and objectives:** The present study sought to establish the diagnostic yield of cardiovascular magnetic resonance (CMR) in a large cohort of patients admitted with myocardial infarction (MI) with nonobstructive coronary artery disease (MINOCA) based on the timing of referral to CMR.**Methods:** Consecutive patients referred to CMR from January 2009 to February 2022 with a working diagnosis of MINOCA were retrospectively evaluated. Cine, T<sub>2</sub>-weighted, early, and late gadolinium-enhanced images were acquired and analyzed. The frequency of the underlying diagnosis and the association between timing of CMR and relative frequency of each diagnosis were assessed.**Results:** We included 207 patients (median age 50 years, 60% men). Final diagnosis after CMR was achieved in 91% of the patients (myocarditis in 45%, MI in 20%, tako-tsubo cardiomyopathy in 19%, and other cardiomyopathies in 7%). The performance of CMR within 7 days of admission with MINOCA (median, 5 days; 117 patients) allowed a higher diagnostic yield compared with CMR performed later (median, 10 days; 88 patients) (96% vs 86%,  $P = .02$ ). Although myocarditis was the most frequent diagnosis in both groups according to time to CMR, its frequency was higher among patients with a CMR

## Keywords:

Myocarditis

Cardiac magnetic resonance

Cardiac imaging technique

Myocardial infarction

Nonobstructive coronary artery disease

## VÉASE CONTENIDO RELACIONADO:

<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2023.12.013>

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: vdelgadog.germanstrias@gencat.cat (V. Delgado).

✉ @iCorcat

<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2023.11.009>

0300-8932/© 2023 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

performed within the first 7 days (53% vs 35%,  $P = .02$ ). The frequency of other underlying diagnoses was not influenced by CMR timing.

**Conclusions:** CMR led to an underlying diagnosis of MINOCA in 91% of patients and its diagnostic yield increased to 96% when CMR was performed within 7 days of admission. The most frequent diagnosis was myocarditis.

© 2023 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

## Abreviaturas

IM: infarto de miocardio  
 MINOCA: infarto de miocardio con enfermedad coronaria no obstructiva  
 RMC: resonancia magnética cardiaca  
 RTG: realce tardío de gadolinio

## INTRODUCCIÓN

Se ha observado infarto de miocardio (IM) con enfermedad coronaria no obstructiva (MINOCA) en el 5–6% de los pacientes con un cuadro clínico de IM agudo<sup>1</sup>. La vigente guía de práctica clínica de la Sociedad Europea de Cardiología (ESC) determina MINOCA cuando hay criterios de IM agudo sin estenosis coronaria  $\geq 50\%$  y sin otro diagnóstico específico para el cuadro clínico<sup>2</sup>. El diagnóstico de MINOCA es complicado y mayormente se basa en la exclusión de otros diagnósticos, como la estenosis coronaria obstructiva, la miocarditis o la miocardiopatía de *tako-tsubo*. La obtención de imágenes de resonancia magnética cardiaca (RMC) desempeña un papel importante en el diagnóstico diferencial de los pacientes con MINOCA, puesto que esta técnica de diagnóstico por la imagen proporciona información sobre las características del tejido miocárdico y permite diferenciar entre miocarditis, miocardiopatía de *tako-tsubo* e IM una vez se haya demostrado mediante angiografía coronaria que las arterias coronarias no están obstruidas. Según varios estudios, la RMC proporciona un diagnóstico definitivo en un 64–86% de los casos<sup>3–9</sup>. La variabilidad de este rendimiento diagnóstico se debe a las diferencias en la distribución de varios mecanismos fisiopatológicos en la serie y a las diferencias en el momento de realización de la RMC y el tipo de técnica utilizada. Aunque la última guía de la ESC recomienda realizar la RMC lo antes posible tras el cuadro clínico inicial de los pacientes con MINOCA<sup>2</sup>, solo en unos pocos estudios se ha explorado la importancia del momento de la RMC para optimizar la precisión diagnóstica. Las pruebas disponibles indican que la realización temprana de una RMC (antes de 14 días desde el cuadro clínico inicial) lleva a un mayor rendimiento diagnóstico frente a la RMC más tardía<sup>5–8</sup>. En el presente estudio, se evaluó el rendimiento diagnóstico de la RMC en una cohorte grande de pacientes con MINOCA y se tuvo en cuenta el momento de adquisición de las imágenes de RMC.

## MÉTODOS

### Población del estudio

Este estudio observacional longitudinal incluyó a pacientes consecutivos de 18 años o más con un diagnóstico provisional de MINOCA, según la definición de la ESC<sup>2</sup>, a los que se hizo una RMC en el Hospital Universitario Germans Trias i Pujol (Badalona, España). El periodo de inclusión se situó entre enero de 2009 y marzo de 2022, y se identificó a los pacientes retrospectivamente a partir de la base de datos institucional de RMC. Se excluyó a los

pacientes con insuficiencia cardiaca como síntoma clínico principal o con un electrocardiograma sin ritmo sinusal en el momento del ingreso. Otros criterios de exclusión relacionados con la RMC fueron los pacientes con marcapasos condicionales para resonancia o desfibriladores automáticos implantables, claustrofobia o insuficiencia renal grave (tasa de filtrado glomerular estimada  $< 30$  ml/min/1,73 m<sup>2</sup>).

Se consideró que había lesión miocárdica cuando la concentración de troponina I era  $\geq 0,5$  ng/ml y la de troponina I de alta sensibilidad (hsTnI),  $\geq 30$  pg/ml. Para establecer el IM<sup>10</sup> se requirieron evaluaciones seriadas de cualquier aumento o reducción de la concentración característica de estos biomarcadores. Durante el periodo de inclusión, cambió la prueba utilizada para analizar las concentraciones de troponina. Por consiguiente, se informa de la proporción máxima de troponina calculada como el valor máximo de troponina en el momento del ingreso dividido por el límite superior del valor normal para la prueba de troponina utilizada. Se consideró que no había obstrucción de las arterias coronarias cuando la estenosis era  $< 50\%$  en cualquier arteria coronaria epicárdica<sup>1</sup>, tanto en la angiografía coronaria invasiva como en la angiografía coronaria por tomografía computarizada.

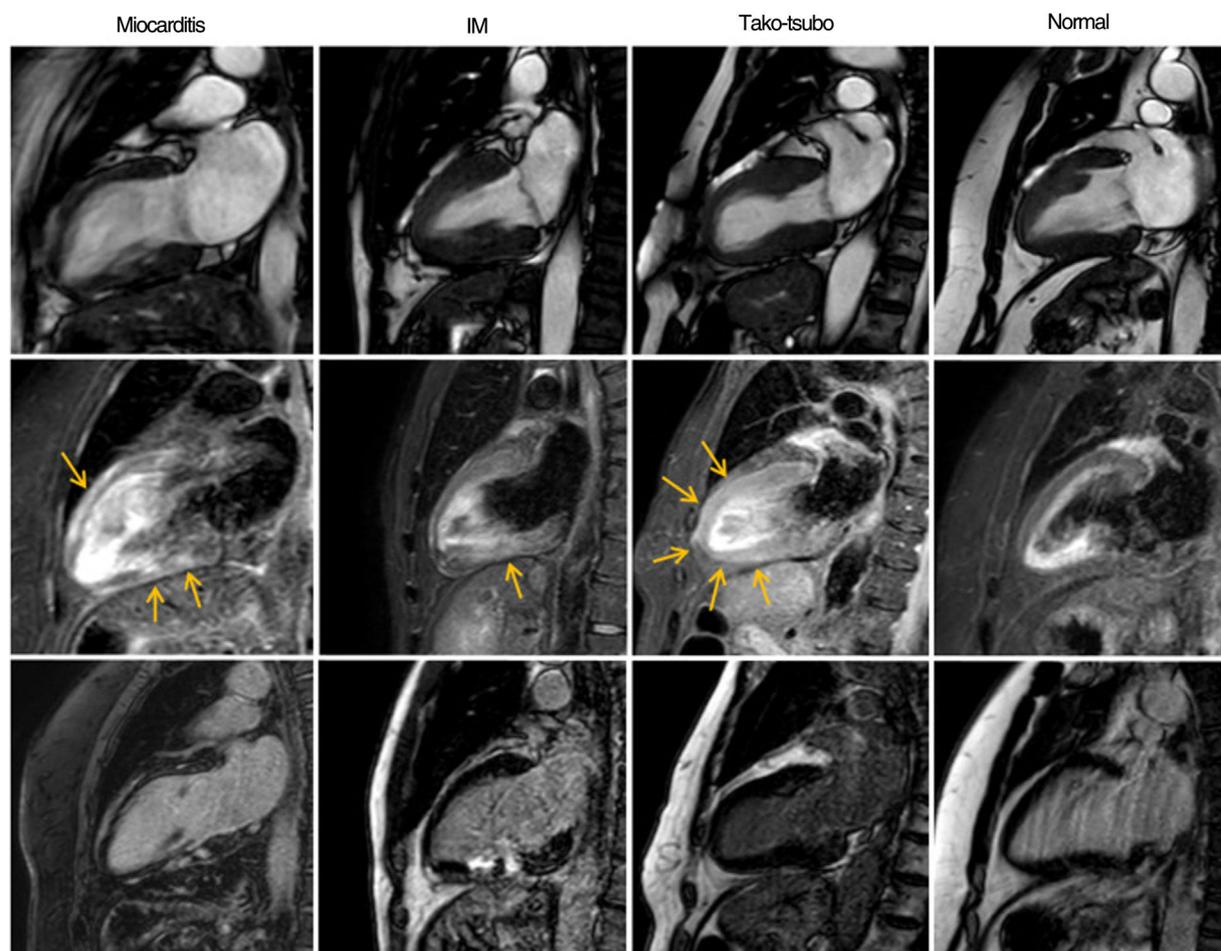
El estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki y fue revisado y aprobado por el Comité Institucional de Revisión o Junta de Revisión Institucional (código de ética: PI-22-048 y PI-19-257). Debido al análisis retrospectivo de los datos clínicos, el comité de ética local prescindió de la necesidad de consentimiento informado por escrito.

### Datos clínicos

Los datos relacionados con el paciente, como los demográficos, los factores de riesgo cardiovascular y las enfermedades concomitantes iniciales, así como el electrocardiograma y los biomarcadores durante el ingreso, se obtuvieron de los partes médicos. Se definió obesidad con un índice de masa corporal  $\geq 30$ <sup>11</sup>. Se definió dislipemia con colesterol total  $> 250$  mg/dl o colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad  $> 130$  mg/dl<sup>12</sup> y diabetes, con la HbA<sub>1c</sub>  $> 6,5\%$  o la glucosa plasmática en ayunas  $> 126$  mg/dl<sup>13</sup>. La enfermedad coronaria previa incluía los antecedentes de IM agudo o intervención coronaria percutánea o cirugía de revascularización coronaria. Se determinó enfermedad renal con una tasa de filtrado glomerular reducida ( $< 90$  ml/min/1,73 m<sup>2</sup>) según la fórmula CKD-EPI<sup>14</sup>. Los trastornos psiquiátricos fueron síndrome depresivo, ansiedad y trastornos de la personalidad. Se revisó el consumo previo de ácido acetilsalicílico y otros tratamientos con antiagregantes plaquetarios, anticoagulantes, bloqueadores beta, inhibidores de la enzima de conversión de la angiotensina o antagonistas del receptor de la angiotensina II.

### Obtención y análisis de los datos de la resonancia magnética cardiaca

Las imágenes de RMC se obtuvieron con un escáner de resonancia magnética de 1,5 T (Achieva, Philips; Países Bajos). El momento de realización de la RMC se definió como el número de días transcurridos desde el ingreso con MINOCA hasta la



**Figura 1.** La primera fila muestra imágenes de cineradiografía de la secuencia SSFP telesistólica en proyección de 2 cámaras para cada diagnóstico. La segunda fila muestra imágenes ponderadas en T<sub>2</sub> para detectar edema (flechas) y la tercera fila, imágenes ponderadas en T<sub>1</sub> tras la administración de gadolinio para estudiar el RTG. En el caso de la miocarditis, se observa un edema subepicárdico lineal y RTG irregular en la pared anterior y en la pared mediobasal inferior dentro del miocardio. El infarto agudo de miocardio muestra edema transparietal en la pared medioanterior con RTG de subendocárdico a transparietal en el mismo segmento. En la miocardiopatía de *tako-tsubo*, se observa acinesia y edema transparietal en los segmentos medioapicales sin RTG. En el paciente normal no se observan alteraciones. IM: infarto de miocardio; RMC: resonancia magnética cardíaca; RTG: realce tardío de gadolinio.

realización del estudio de RMC. El protocolo de obtención de datos de la RMC incluyó cineradiografía funcional con secuencias de precesión libre en estado estacionario y en situación de contención de la respiración en las 3 proyecciones del eje largo y en la orientación del eje corto que incluían ambos ventrículos desde la base hasta el vértice del ventrículo izquierdo (grosor del corte, 8 mm; espacio del corte, 2 mm). Se utilizaron imágenes de secuencia STIR ponderadas en T<sub>2</sub> (STIR-T<sub>2</sub>) para detectar edema miocárdico y se obtuvieron en las mismas proyecciones de eje largo y eje corto que las secuencias de cineradiografía. Al cabo de 2 o 3 min de la administración intravenosa de la sustancia de contraste a base de gadolinio, gadobutrol (0,15 mmol/kg; Gadovist, Bayer-Schering Pharma; Alemania), se obtuvieron las imágenes de realce temprano de gadolinio en las 3 proyecciones del eje largo que permitieron evaluar la presencia de hiperemia, obstrucción microvascular o trombo intraventricular. Para evaluar la necrosis/fibrosis miocárdica, se utilizaron imágenes de realce tardío de gadolinio (RTG) obtenidas entre 8 y 10 min después de administrar el contraste con secuencias segmentadas de eco de gradiente con prepulso de inversión-recuperación en las mismas proyecciones de eje largo y eje corto que las secuencias de cineradiografía. El tiempo de inversión se ajustó al miocardio sano nulo a lo largo del tiempo. El mismo protocolo estandarizado se mantuvo a lo largo del periodo de inclusión, sin cambios notables en las secuencias realizadas ([material adicional](#)).

Se cuantificaron los volúmenes ventriculares y la fracción de eyección de ambos ventrículos y la masa del ventrículo izquierdo (VI) utilizando la combinación de imágenes de cineradiografía en el eje corto, tal como se ha descrito anteriormente, con el *software* Portal IntelliSpace (Philips Healthcare, Países Bajos)<sup>15</sup>. Los volúmenes ventriculares y la masa del VI se indexaron utilizando la superficie corporal calculada con la fórmula de Dubois<sup>16</sup>.

Para evaluar la presencia y la distribución de alteraciones regionales y generales en el movimiento de la pared del VI, se utilizó el modelo de 17 segmentos de la *American Heart Association*<sup>17</sup>. Además, se analizó la distribución del edema miocárdico identificado como las áreas de intensidad de señal elevada en las imágenes STIR-T<sub>2</sub>. Por último, se evaluaron el patrón y la extensión del RTG miocárdico (subendocárdico, de la pared media o subepicárdico), lo que permitió clasificar a los pacientes en 5 grupos diagnósticos basados en la RMC: miocarditis aguda, IM agudo, miocardiopatía de *tako-tsubo*, miocardiopatía o RMC normal. La miocarditis aguda se definió como la presencia de edema subepicárdico o transparietal con RTG de la pared media irregular o subepicárdico con o sin alteraciones asociadas de la movilidad de la pared, según los criterios de Lake Louise<sup>18</sup>. Se determinó IM agudo por la presencia de alteraciones en la movilidad parietal regional del VI con edema y patrón de RTG de subendocárdico a transparietal en la zona irrigada por una arteria coronaria. Se diagnosticó miocardiopatía de *tako-tsubo* por

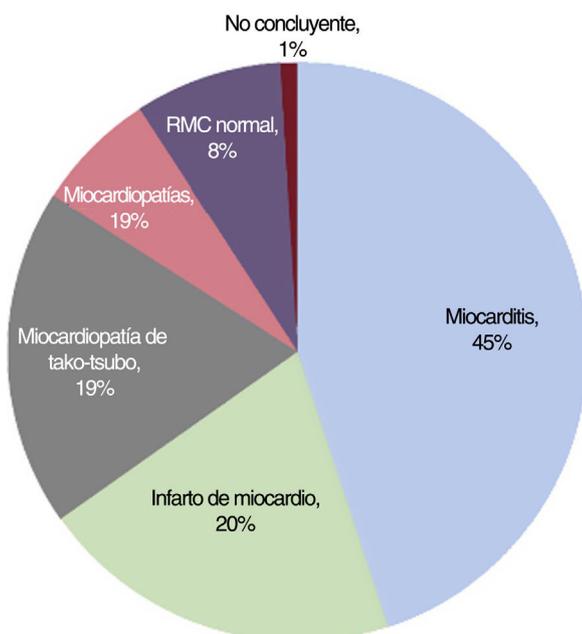
la presencia de alteración de la movilidad de la pared apical o medioventricular en las secuencias de cineradiografía además de una distribución vascular epicárdica con edema miocárdico transparietal en los mismos segmentos y sin RTG considerable<sup>19</sup>. En el grupo de miocardiopatía se incluyeron diagnósticos de miocardiopatía dilatada, miocardiopatía hipertrófica, sarcoidosis o miocardiopatía arritmogénica del ventrículo derecho según los criterios de la RMC<sup>20-22</sup>. La RMC se consideró normal si no había alteraciones en la movilidad de la pared, edema miocárdico o patrones de RTG específicos ni otras alteraciones estructurales o funcionales (figura 1).

### Análisis estadístico

Se evaluó la distribución normal de las variables continuas con la prueba de Shapiro-Wilk. Las variables continuas con una distribución normal expresan como media  $\pm$  desviación estándar, mientras que las variables con distribución no normal se expresan en mediana [intervalo intercuartílico]. Las variables cualitativas expresan frecuencias y porcentajes absolutos. Para comparar variables continuas se utilizaron la prueba de la t de Student o el análisis de la varianza. Para comparar variables dicotómicas y variables cualitativas entre los grupos, se utilizaron las pruebas de Fisher o de la  $\chi^2$  de Pearson. Para el análisis estadístico se utilizó el software Stata (versión 15.1, StataCorp, Estados Unidos).

## RESULTADOS

Se identificó a 207 pacientes con un diagnóstico inicial de MINOCA y se obtuvieron imágenes de RMC consecutivas. Según los resultados de la RMC, se estableció diagnóstico en el 91% de los pacientes (188 pacientes): miocarditis aguda en 93 (45%), IM en 42 (20%), miocardiopatía de *tako-tsubo* en 39 (19%) y otras miocardiopatías en 14 (7%), además de 7 pacientes con miocardiopatía dilatada, 5 con miocardiopatía hipertrófica, 1 paciente con miocardiopatía arritmogénica del ventrículo derecho y 1 paciente con sarcoidosis cardiaca. En 17 pacientes (8%), la RMC demostró la existencia de un corazón estructuralmente normal (figura 2). En



**Figura 2.** Distribución del diagnóstico de la RMC. RMC: resonancia magnética cardiaca.

2 pacientes la RMC no fue concluyente: en uno el diagnóstico definitivo fue pericarditis y en el otro no se estableció ningún diagnóstico definitivo en el momento del alta. Se excluyó del siguiente análisis a estos 2 pacientes. El tiempo medio transcurrido desde el ingreso en el hospital hasta la realización de la RMC fue de 7 [5-9] días, sin diferencias significativas en la demora de la RMC entre los grupos diagnósticos del conjunto de la cohorte.

### Características basales y resultados de la RMC

En la tabla 1 se muestran las características clínicas del conjunto de la cohorte y de cada grupo diagnóstico. La media de edad de la población fue  $50 \pm 18$  años y se constató predominio de varones (60%). En casi el 90% de los pacientes el electrocardiograma presentó alteraciones con elevación del segmento ST como observación más habitual (118 pacientes [57%]). En 14 pacientes (7%) se observaron síntomas concomitantes de insuficiencia cardiaca, mientras que no hubo ningún paciente con edema pulmonar o *shock* cardiogénico. El sexo masculino fue más frecuente en el grupo con diagnóstico de miocarditis (76%) y en el de RMC normal (71%), mientras que las mujeres lo fueron en el grupo con miocardiopatía de *tako-tsubo* (79%). La edad fue menor en el grupo con miocarditis seguido del grupo con IM, y fue mayor en el grupo con miocardiopatía de *tako-tsubo*.

En la tabla 2 se muestran los datos de la RMC según los grupos diagnósticos. La fracción de eyección del VI media, así como los volúmenes del VI, se hallaban dentro de los valores normales de la población general. No obstante, al comparar los grupos diagnóstico entre sí, la fracción de eyección del VI fue mucho menor y el volumen telediastólico del VI indexado, sensiblemente mayor en el grupo con miocardiopatía comparado con los otros grupos. En conjunto, se observaron alteraciones regionales en la movilidad de la pared del VI en 126 pacientes (62%). El predominio de edema miocárdico en el conjunto de la cohorte fue del 75% según las imágenes STIR-T<sub>2</sub>, con ausencia de edema miocárdico focal en los pacientes con una RMC normal (según definición). En los pacientes con miocardiopatía de *tako-tsubo* fue mayor el número de segmentos del VI con edema. Se observó RTG en 149 pacientes (72%) y en el grupo con miocarditis se constató la frecuencia más alta de RTG (94%), seguida por los pacientes del grupo con miocardiopatía (77%) y el grupo con IM (74%).

### RMC temprana frente a tardía

Según un tiempo medio de 7 días transcurrido desde el diagnóstico hasta la RMC, se dividió la cohorte en 2 grupos: RMC temprana ( $\leq 7$  días, 117 pacientes) y RMC tardía ( $> 7$  días, 88 pacientes) (figura 3).

La edad fue la única característica basal que permitió observar diferencias notables entre los grupos a los que se hizo una RMC temprana o tardía ( $47 \pm 18$  frente a  $54 \pm 19$  años;  $p = 0,01$ ). Cuando se compararon los resultados de la RMC entre los 2 grupos, la presencia de edema en las imágenes STIR-T<sub>2</sub> fue más frecuente en los pacientes con RMC temprana que en aquellos con RMC tardía (el 81 frente al 67%;  $p = 0,03$ ). En cambio, no hubo diferencias en cuanto a alteraciones regionales de la movilidad de la pared del VI y presencia de RTG entre la RMC temprana y la tardía. La fracción de eyección del VI fue ligeramente inferior en el grupo de pacientes con RMC temprana que en el de RMC tardía (el 57 frente al 60%;  $p = 0,03$ ) (tabla 3).

El rendimiento diagnóstico de la RMC fue mayor cuando la RMC se hizo dentro de la primera semana (resonancia temprana) (el 96 frente al 86%;  $p = 0,02$ ). A pesar de que la miocarditis fue el diagnóstico más habitual en ambos grupos de RMC, este diagnóstico se estableció con mayor frecuencia en el grupo de RMC

**Tabla 1**

Características basales de la población del estudio

	Total (N=207)	Miocarditis (n=93)	IM (n=42)	Tako-tsubo (n=39)	Miocardiopatías (n=14)	Normal (n=17)	p
Edad (años)	50 ± 18	39 ± 16	54 ± 14	69 ± 12	57 ± 14	59 ± 15	< 0,001
Varones	124 (60)	71 (76)	23 (55)	8 (21)	8 (57)	12 (71)	< 0,001
Antecedentes familiares de EC	42 (21)	17 (19)	13 (31)	5 (13)	3 (21)	4 (25)	0,537
Hipertensión	69 (34)	10 (11)	16 (38)	20 (51)	7 (50)	5 (29)	< 0,001
Dislipemia	101 (49)	26 (28)	27 (64)	28 (72)	9 (64)	11 (65)	< 0,001
Diabetes	16 (8)	3 (3)	4 (10)	6 (15)	6 (43)	3 (18)	0,046
Tabaquismo	41 (20)	20 (22)	10 (24)	2 (5)	4 (29)	4 (24)	0,088
Obesidad	45 (22)	16 (17)	9 (21)	8 (21)	6 (43)	6 (35)	0,301
Antecedentes de EC	4 (1,9)	0	2 (5)	1 (3)	0	1 (6)	0,499
Trastornos psiquiátricos	32 (16)	9 (10)	7 (17)	10 (26)	4 (29)	1 (6)	0,03
<b>Tratamiento previo al ingreso</b>							
Antiagregantes plaquetarios	23 (11)	3 (3)	8 (19)	6 (15)	4 (29)	2 (12)	0,03
IECA/ARA-II	54 (26)	8 (9)	14 (33)	21 (54)	7 (50)	3 (18)	< 0,01
Estatinas	37 (18)	5 (5)	12 (29)	10 (26)	5 (36)	5 (29)	< 0,01
Anticoagulantes	8 (4)	1 (1)	2 (5)	3 (8)	0	2 (12)	0,320
<b>Características clínicas</b>							
Infección o fiebre previas	68 (33)	61 (66)	2 (5)	3 (8)	1 (7)	1 (6)	< 0,001
Episodio estresante previo	20 (10)	2 (2)	6 (14)	10 (26)	1 (7)	1 (6)	0,004
Insuficiencia cardiaca al ingreso	14 (7)	2 (2)	3 (7)	6 (15)	3 (21)	0	0,032
<b>Resultados del ECG</b>							
Elevación del segmento ST	118 (57)	61 (66)	19 (45)	27 (69)	2 (14)	7 (41)	< 0,01
ECG normal	27 (13)	11 (12)	9 (21)	2 (5)	1 (7)	4 (25)	
<b>Datos de pruebas analíticas</b>							
Proporción de troponina	61 (11-189)	108 (29-337)	31 (9-130)	43 (7-112)	7 (1-50)	26 (3-150)	< 0,001
CK-MB (U/l)	22 (10-47)	36,2 (17,5-62)	17 (8-42)	15 (9-25)	11 (4-33)	9,5 (2-34)	< 0,001
Hemoglobina (g/dl)	13,5 [12-15]	14 [13-15]	13,5 [12-14]	12,4 [12-14]	14,4 [12-15]	13,7 [13-15]	0,091
Creatinina (mg/dl)	0,82 [0,7-1]	0,83 [0,71-0,93]	0,83 [0,7-1]	0,72 [0,6-0,95]	0,91 [0,8-1,04]	0,84 [0,8-1,05]	< 0,001
TFGe < 60 ml/min/1,73 m <sup>2</sup>	20 (10)	3 (3)	5 (12)	8 (20)	2 (14)	2 (12)	0,108
Coolesterol total (mg/dl)	171 [149-205]	161 [135-193]	184 [156-220]	187 [162-216]	170 [153-221]	174 [146-187]	< 0,001
cLDL (mg/dl)	101 [84-131]	99 [82-129]	103 [84-140]	111 [91-131]	111 [87-145]	95 [80-109]	0,37
cHDL (mg/dl)	44 [34-56]	39 [30-49]	45 [38-56]	56 [47-65]	42 [34-50]	45 [36-57]	0,578
PCR (mg/dl)	11,3 [3,6-54]	31 [10-82]	5,4 [2-15]	7,4 [2,4-16]	6,5 [3,6-61,7]	5,8 [4-12,5]	< 0,001

ARA-II: antagonistas del receptor de la angiotensina II; cHDL: colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad; CK-MB: creatinincinasa miocárdica; cLDL: colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad; EC: enfermedad coronaria; ECG: electrocardiograma; IECA: inhibidores de la enzima de conversión de la angiotensina; IM: infarto de miocardio; PCR: proteína C reactiva; TFGe: tasa de filtrado glomerular estimada.

Los valores expresan n (%), media ± desviación estándar o mediana [intervalo intercuartílico].

**Tabla 2**

Características de la resonancia magnética cardiaca en la población general y según los grupos diagnósticos

	Total (N=207)	Miocarditis (n=93)	IM (n=42)	Tako-tsubo (n=39)	Miocardiopatías (n=14)	Normal (n=17)	p
FEVI (%)	58 ± 10	58 ± 8	58 ± 10	59 ± 10	50 ± 18	62 ± 6	0,007
VTDVli (ml/m <sup>2</sup> )	77 ± 20	79 ± 17	77 ± 26	69 ± 18	91 ± 25	73 ± 13	0,015
VTSVli (ml/m <sup>2</sup> )	33 ± 17	34 ± 11	34 ± 24	29 ± 14	49 ± 28	28 ± 7	0,003
Masa del Vli (g/m <sup>2</sup> )	66 ± 19	66 ± 19	63 ± 20	66 ± 14	84 ± 26	58 ± 12	0,004
FEVD (%)	62 ± 9	60 ± 8	62 ± 9	66 ± 8	61 ± 14	65 ± 8	0,01
VTDVDi (ml/m <sup>2</sup> )	68 ± 17	73 ± 15	68 ± 17	55 ± 16	66 ± 16	67 ± 12	< 0,01
VTSVDi (ml/m <sup>2</sup> )	26 ± 11	29 ± 10	26 ± 11	19 ± 7	27 ± 14	24 ± 7	< 0,01
Edema	155 (75)	82 (88)	36 (86)	33 (85)	2 (14)	0	< 0,01
Segmentos con edema	3,4 ± 3	3,8 ± 3	2,6 ± 2	6 ± 3,5	0	0	< 0,01
RTG	149 (72)	87 (94)	31 (74)	11 (28)	11 (79)	4 (25)	< 0,01

FEVD: fracción de eyección del ventrículo derecho; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; IM: infarto de miocardio; RTG: realce tardío de gadolinio; Vli: ventrículo izquierdo indexado; VTDVDi: volumen telediastólico del ventrículo derecho indexado; VTDVli: volumen telediastólico del ventrículo izquierdo indexado; VTSVDi: volumen telesistólico del ventrículo derecho indexado; VTSVli: volumen telesistólico del ventrículo izquierdo indexado.

Los valores expresan n (%) o media ± desviación estándar.

**Tabla 3**  
Características clínicas y resultados de la RMC según el tiempo transcurrido hasta la RMC

	Grupo temprano (RMC ≤ 7 días) (n = 117)	Grupo tardío (RMC > 7 días) (n = 88)	p
<i>Tiempo transcurrido hasta la RMC (días)</i>	5 [4-6]	10 [8-12]	
<i>Edad (años)</i>	47 ± 18	54 ± 19	0,01
<i>Varones</i>	75 (64)	47 (53)	0,123
<i>Antecedentes familiares de EC</i>	20 (17)	22 (25)	0,161
<i>Hipertensión</i>	27 (23)	31 (35)	0,056
<i>Dislipemia</i>	40 (34)	36 (41)	0,324
<i>Diabetes</i>	8 (7)	8 (9)	0,552
<i>Tabaquismo</i>	27 (23)	13 (15)	0,138
<i>Obesidad</i>	24 (20)	21 (24)	0,566
<i>Antecedentes de EC</i>	2 (2)	2 (3)	0,782
<i>Trastornos psiquiátricos</i>	13 (11)	19 (21)	0,045
<i>Tratamiento previo al ingreso</i>			
Antiagregantes plaquetarios	6 (5)	17 (19)	0,002
IECA/ARA-II	28 (24)	26 (29)	0,393
Estatinas	18 (15)	19 (21)	0,269
Anticoagulantes	2 (2)	6 (7)	0,064
<i>Características clínicas</i>			
Infección o fiebre previas	47 (40)	21 (24)	0,012
Episodio estresante previo	10 (9)	10 (11)	0,518
Insuficiencia cardíaca al ingreso	6 (5)	8 (9)	0,275
<i>Resultados del ECG</i>			
Elevación del segmento ST	74 (63)	44 (50)	0,056
ECG normal	11 (9)	16 (18)	0,067
<i>Datos de pruebas analíticas</i>			
Proporción de troponina	225 [166-284]	93 [45-141]	0,001
CK-MB (U/l)	36 [29-43]	38 [25-51]	0,797
Hemoglobina (g/dl)	13,7 [13-14]	13 [12,7-13,4]	0,05
Creatinina (mg/dl)	0,82 [0,79-0,86]	0,87 [0,79-0,95]	0,284
TFGe < 60 ml/min/1,73 m <sup>2</sup>	8 (7)	12 (13)	0,111
Colesterol total (mg/dl)	178 [169-187]	194 [159-230]	0,319
cLDL (mg/dl)	109 [102-116]	109 [101-118]	0,946
cHDL (mg/dl)	44 [41-47]	46 [44-49]	0,256
PCR (mg/dl)	42 [31-52]	29 [18-38]	0,065
<i>Resultados de la RMC</i>			
FEV1 (%)	57 ± 9	60 ± 10	0,03
VTDVli (ml/m <sup>2</sup> )	76 ± 22	77 ± 18	0,763
VTSVli (ml/m <sup>2</sup> )	34 ± 18	32 ± 15	0,438
Masa del Vli (g/m <sup>2</sup> )	69 ± 20	63 ± 17	0,012
FEVD (%)	62 ± 8	62 ± 9	0,807
VTDVDi (ml/m <sup>2</sup> )	66 ± 17	68 ± 17	0,562
VTSVDi (ml/m <sup>2</sup> )	26 ± 11	26 ± 11	0,755
Edema (%)	81	67	0,032
Segmentos con edema	4 ± 3	3 ± 3	0,061
RTG (%)	74	66	0,152

ARA-II: antagonistas del receptor de la angiotensina II; cHDL: colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad; CK-MB: creatinincinasa miocárdica; cLDL: colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad; EC: enfermedad coronaria; ECG: electrocardiograma; FEVD: fracción de eyección del ventrículo derecho; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; IECA: inhibidores de la enzima de conversión de la angiotensina; PCR: proteína C reactiva; RMC: resonancia magnética cardiovascular; RTG: realce tardío de gadolinio; TFGe: tasa de filtrado glomerular estimada; Vli: ventrículo izquierdo indexado; VTDVDi: volumen telediastólico del ventrículo derecho indexado; VTDVli: volumen telediastólico del ventrículo izquierdo indexado; VTSVDi: volumen telesistólico del ventrículo derecho indexado; VTSVli: volumen telesistólico del ventrículo izquierdo indexado.

Salvo otra indicación, los valores expresan n (%), media ± desviación estándar o mediana [intervalo intercuartílico].

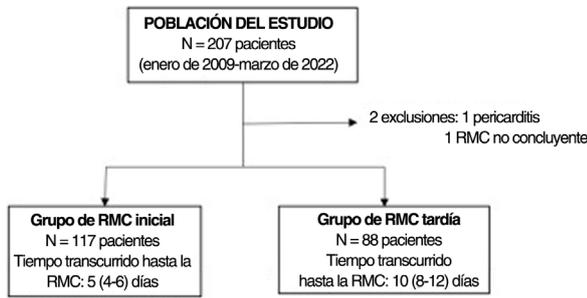


Figura 3. Diseño del estudio. RMC: resonancia magnética cardiaca.

temprana (el 53 frente al 35%;  $p=0,01$ ). No se observaron diferencias entre el grupo con IM y el de miocardiopatía de *tako-tsubo*. Por otro lado, fue más frecuente observar una RMC normal en el grupo de RMC tardía (el 14 frente al 4%;  $p=0,02$ ) (figura 4).

**DISCUSIÓN**

Los principales resultados del presente estudio son: a) alto rendimiento diagnóstico de la RMC en general, que permite confirmar el diagnóstico en el 91% de los pacientes con un diagnóstico inicial de MINOCA, y b) aumento posterior del rendimiento diagnóstico hasta el 96% cuando la RMC realizada en la primera semana tras el cuadro clínico inicial.

En pacientes con un diagnóstico provisional inicial de MINOCA, es importante establecer un diagnóstico etiológico para personalizar el tratamiento y facilitar una estratificación precisa del riesgo. En las últimas guías internacionales sobre práctica clínica, se recomienda la RMC para los pacientes con un diagnóstico inicial de MINOCA para establecer el diagnóstico etiológico<sup>1</sup>. Esta recomendación se basa en pruebas sólidas que demuestran que la RMC confirma el diagnóstico etiológico en una proporción que oscila entre el 64 y el 89% de los pacientes con MINOCA<sup>3-9,23,24</sup>. En el

presente estudio, el uso de la RMC confirmó el diagnóstico etiológico en 9 de 10 pacientes con un diagnóstico inicial de MINOCA. Las diferencias en el rendimiento diagnóstico de la RMC observadas entre el presente estudio y la literatura médica anterior pueden explicarse por muchos factores, como el tiempo transcurrido desde el inicio de los síntomas hasta la realización de la RMC. Los estudios previos con un menor rendimiento diagnóstico de la RMC fueron aquellos con mayor demora entre el inicio de los síntomas y la RMC. En 388 pacientes con un diagnóstico de MINOCA a los que se hizo una RMC en una media de 37 días (el 10% de los estudios de RMC realizados dentro de los 14 días desde el inicio de los síntomas), Dastidar et al.<sup>5</sup> mostraron un rendimiento diagnóstico de la RMC del 75%. En otro estudio de 719 pacientes a los que se hizo una RMC dentro de los 30 días desde el inicio de los síntomas, Williams et al.<sup>8</sup> notificaron que en el 74% pudo establecerse un diagnóstico definitivo. En el presente estudio, la RMC se hizo en una media de 7 días, lo que podría explicar el mayor rendimiento diagnóstico comparado con estudios anteriores<sup>5,8</sup>.

Tras una lesión cardiaca aguda, se producen cambios dinámicos en el miocardio<sup>25</sup>. Entre estos cambios destaca la existencia de un patrón de edema bimodal durante la primera semana tras el IM y que el edema observado en la RMC empieza a desaparecer después de la primera semana<sup>26</sup>. Así pues, si la RMC se realiza más tarde, hay un número considerable de etiologías, como una ligera miocarditis o la miocardiopatía de *tako-tsubo*, que pueden pasar desapercibidas. Sörensson et al.<sup>7</sup> compararon 2 grupos de pacientes incluidos en estudios coronarios normales de IM realizados en Estocolmo (*Stockholm Myocardial Infarction with Normal Coronaries* [SMINC]). Aunque los pacientes incluidos en el estudio inicial SMINC tenían características clínicas comparables a los del SMINC-2, en el estudio inicial SMINC la RMC se realizó tras una demora media de 12 días y solo el 20% de los pacientes presentaron edema, mientras que en el estudio SMINC-2 la RMC se realizó tras una media de demora de 3 días y se detectó edema miocárdico en más del 75% de los pacientes. Estos resultados también se asociaron con una mejora en el rendimiento diagnóstico de la RMC en el estudio SMINC-2 (77%) comparado con el SMINC (47%). Como observaron los autores, la mayor

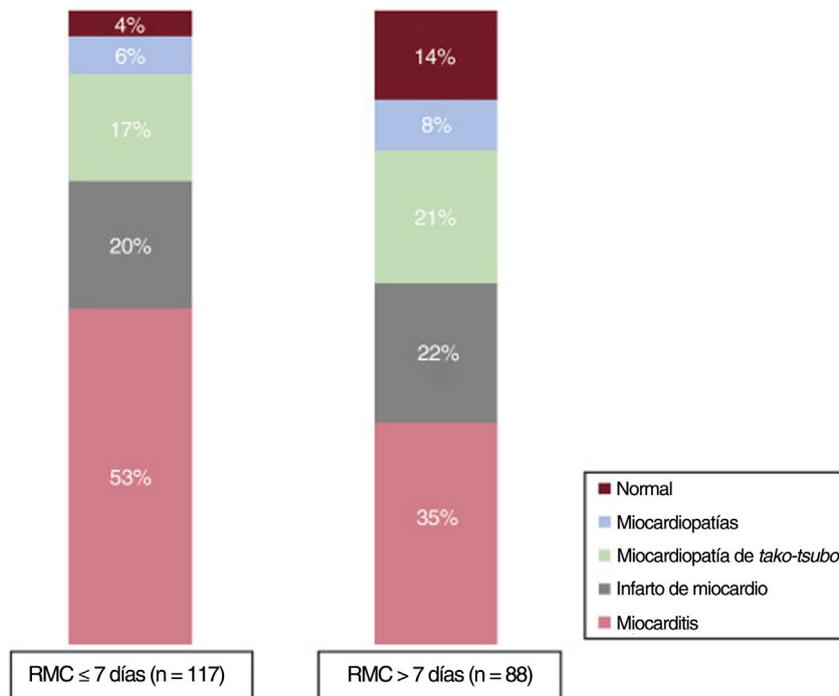


Figura 4. Ilustración central. Distribución diagnóstica de la RMC en los grupos de RMC temprana frente a tardía. RMC: resonancia magnética cardiaca.

proporción de pacientes con edema a pesar de una menor concentración media de troponina del estudio SMINC-2 comparados con los pacientes del estudio SMINC inicial podría estar relacionada con el mayor rendimiento diagnóstico de la RMC<sup>7</sup>. En el presente estudio, se constató un porcentaje considerablemente mayor de edema en el grupo de la RMC temprana (el 81 frente al 67%), lo que podría explicar el mayor rendimiento diagnóstico de la RMC en este grupo. Los cuadros clínicos específicos pueden dar lugar a la sospecha de un diagnóstico que puede llevar a los médicos responsables del tratamiento a remitir a los pacientes a una RMC más temprana. En el caso de la población del presente estudio, merece la pena destacar que el 40% de los pacientes a los que se hizo una RMC temprana acudieron con fiebre, lo que indica el diagnóstico de miocarditis.

La distribución final del diagnóstico etiológico tras la RMC puede explicarse en parte por el momento de realización de la RMC, tal como ya se ha descrito, pero también por las características basales de la población. Comparada con la del estudio SMINC-2<sup>7</sup>, la población del presente estudio era más joven (50 frente a 58 años) y la proporción de varones era mayor (el 60 frente al 29%). Estas diferencias podrían relacionarse con la mayor proporción de miocarditis (el 45 frente al 17%) y la menor proporción de miocardiopatía de *tako-tsubo* (el 19 frente al 35%) descrita en el presente estudio frente a las notificadas en el estudio SMINC-2<sup>7</sup>. En un estudio reciente con 170 mujeres con un diagnóstico inicial de MINOCA, solo se estableció un diagnóstico definitivo de miocarditis en el 14,7% de las pacientes, lo que apunta a un menor predominio de miocarditis en las mujeres<sup>27</sup>.

En estudios anteriores ya se ha descrito regularmente el predominio del IM como diagnóstico definitivo, que oscila entre el 22 y el 26%<sup>5-8</sup>. Más recientemente, un metanálisis realizado por Mileva et al.<sup>28</sup> que incluía 26 estudios y 3.624 pacientes mostró predominio del IM en el 22%. Esta proporción es similar a la observada en el presente estudio, en el que la frecuencia fue del 20%.

### Limitaciones del estudio

En el presente estudio hay que reconocer varias limitaciones. Se trata de un estudio unicéntrico con un número de pacientes relativamente reducido en cada grupo diagnóstico, lo que puede menoscabar las conclusiones. La inclusión prospectiva pero con análisis retrospectivo de los pacientes puede introducir un sesgo de remisión debido a la decisión del médico y las consideraciones logísticas para la remisión a una RMC. En 57 pacientes (27%), la RMC se hizo antes de la angiografía coronaria, lo que llevó a un diagnóstico de miocarditis aguda en 54 pacientes. En consecuencia, no se hizo ninguna angiografía coronaria. Los 3 pacientes restantes (1 paciente con IM, 1 con miocardiopatía de *tako-tsubo* y 1 con miocardiopatía) presentaron lesiones no obstructivas en la angiografía coronaria realizada después de la RMC. Dada la duración del periodo de inclusión, las técnicas de RMC más recientes que pueden aumentar el rendimiento diagnóstico, tales como la cartografía en T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub><sup>18</sup>, no estuvieron disponibles para todos los pacientes.

### CONCLUSIONES

En una cohorte grande de pacientes consecutivos, la RMC estableció el diagnóstico preexistente en el 91% de los pacientes con un diagnóstico provisional inicial de MINOCA. La realización de la RMC en la primera semana del cuadro clínico inicial aumentó el rendimiento diagnóstico hasta el 96%. La miocarditis siguió siendo el diagnóstico más frecuente con independencia del momento de

realizarse la RMC, aunque fue más frecuente en los estudios iniciales.

### ¿QUÉ SE SABE DEL TEMA?

La RMC desempeña un papel importante en la evaluación de pacientes con IM y enfermedad coronaria no obstructiva (MINOCA). No obstante, el momento de realización de la RMC puede influir en su rendimiento diagnóstico. La última guía de la ESC recomienda realizar la RMC en las 2 semanas siguientes al inicio de los síntomas.

### ¿QUÉ APORTA DE NUEVO?

La realización de la RMC en los 7 días siguientes al inicio de los síntomas permite un mayor rendimiento diagnóstico en pacientes con un diagnóstico provisional inicial de MINOCA. Los resultados de este estudio respaldan la defensa de un análisis temprano con RMC en pacientes con MINOCA.

### FINANCIACIÓN

Ninguna organización financió las investigaciones para este estudio.

### CONSIDERACIONES ÉTICAS

El estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki y fue revisado y aprobado por el Comité Institucional de Revisión o Junta de Revisión Institucional (código de ética: PI-22-048 y PI-19-257). Debido al análisis retrospectivo de los datos adquiridos clínicamente, el comité de ética local prescindió de la necesidad de consentimiento informado por escrito. Dada la extensión del periodo de inclusión y la naturaleza retrospectiva de los datos clínicos utilizados, no se han tenido en cuenta los posibles sesgos de sexo y género.

### DECLARACIÓN SOBRE EL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

No se utilizaron herramientas de inteligencia artificial para la preparación de este artículo.

### CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Todos los autores han contribuido de manera considerable a la concepción o diseño del artículo, la obtención, análisis o interpretación de los datos para el artículo, escribieron la versión preliminar o corrigieron de forma crucial el contenido intelectual. Todos los autores han dado la aprobación final de la versión que se publicará, han aceptado ser responsables de todos los aspectos del artículo y han asegurado que las cuestiones relacionadas con la precisión o integridad de cualquier parte del artículo se han investigado y resuelto de modo apropiado.

### CONFLICTO DE INTERESES

V. Delgado recibió honorarios de conferenciante de Edwards Lifesciences, GE Healthcare, Medtronic, Philips y Novartis honorarios de asesoramiento de Edwards Lifesciences y Novo Nordisk. A. Bayés-Genís ha participado en trabajos de asesoramiento y

conferencias para Abbott, AstraZeneca, Bayer, Boehringer Ingelheim, Novartis, Roche Diagnostics y Vifor. Los demás autores no tienen nada que revelar.

## ANEXO. MATERIAL ADICIONAL

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2023.11.009>.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Tamis-Holland JE, Jneid H, Reynolds HR, et al. Contemporary Diagnosis and Management of Patients With Myocardial Infarction in the Absence of Obstructive Coronary Artery Disease: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 2019;139:E891–E908.
2. Byrne RA, Rossello X, Coughlan JJ, et al. 2023 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes. *Eur Heart J*. 2023;44:3720–3826.
3. Tornvall P, Gerbaud E, Behaghel A, et al. Myocarditis or “true” infarction by cardiac magnetic resonance in patients with a clinical diagnosis of myocardial infarction without obstructive coronary disease: A meta-analysis of individual patient data. *Atherosclerosis*. 2015;241:87–91.
4. Pasupathy S, Air T, Dreyer RP, Tavella R, Beltrame JF. Systematic review of patients presenting with suspected myocardial infarction and nonobstructive coronary arteries. *Circulation*. 2015;131:861–870.
5. Dastidar AG, Baritussio A, de Garate E, et al. Prognostic Role of CMR and Conventional Risk Factors in Myocardial Infarction With Nonobstructed Coronary Arteries. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2019;12:1973–1982.
6. Vágó H, Szabó L, Dohy Z, et al. Early cardiac magnetic resonance imaging in troponin-positive acute chest pain and non-obstructed coronary arteries. *Heart*. 2020;106:992–1000.
7. Sörensson P, Ekenbäck C, Lundin M, et al. Early Comprehensive Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging in Patients With Myocardial Infarction With Non-obstructive Coronary Arteries. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2021;14:1774–1783.
8. Williams MGL, Liang K, de Garate E, et al. Peak Troponin and CMR to Guide Management in Suspected ACS and Nonobstructive Coronary Arteries. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2022;15:1578–1587.
9. Bhatia S, Anstine C, Jaffe AS, et al. Cardiac magnetic resonance in patients with elevated troponin and normal coronary angiography. *Heart*. 2019;105:1231–1236.
10. Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, et al. ESC Scientific Document Group. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018). *Eur Heart J*. 2019;40:237–269.
11. Jensen MD, Ryan DH, Apovian CM, et al. 2013 AHA/ACC/TOS guideline for the management of overweight and obesity in adults: A report of the American college of cardiology/American heart association task force on practice guidelines and the obesity society. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63:2985–3023.
12. Mach F, Baigent C, Catapano AL, et al. 2019 ESC/EAS Guidelines for the management of dyslipidaemias: Lipid modification to reduce cardiovascular risk. *Eur Heart J*. 2020;41:111–188.
13. Cosentino F, Grant PJ, Aboyans V, et al. 2019 ESC Guidelines on diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases developed in collaboration with the EASD. *Eur Heart J*. 2020;41:255–323.
14. Levey AS, Stevens LA, Schmid CH, et al. A new equation to estimate glomerular filtration rate. *Ann Intern Med*. 2009;150:604–612.
15. Kawel-Boehm N, Hetzel SJ, Ambale-Venkatesh B, et al. Reference ranges (“normal values”) for cardiovascular magnetic resonance (CMR) in adults and children: 2020 update. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2020;22:87–150.
16. Du Bois D, Du Bois EF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. 1916. *Nutrition*. 1989;5:303–311discussion 312–313.
17. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2002;4:203–210.
18. Ferreira VM, Schulz-Menger J, Holmvang G, et al. Cardiovascular Magnetic Resonance in Nonischemic Myocardial Inflammation: Expert Recommendations. *J Am Coll Cardiol*. 2018;72:3158–3176.
19. Ghadri JR, Wittstein IS, Prasad A, et al. International Expert Consensus Document on Takotsubo Syndrome (Part I): Clinical Characteristics, Diagnostic Criteria, and Pathophysiology. *Eur Heart J*. 2018;39:2032–2046.
20. Mahrholdt H, Wagner A, Judd RM, Sechtem U, Kim RJ. Delayed enhancement cardiovascular magnetic resonance assessment of non-ischaemic cardiomyopathies. *Eur Heart J*. 2005;26:1461–1474.
21. Elliott PM, Anastakis A, Borger MA, et al. 2014 ESC Guidelines on diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy. *Eur Heart J*. 2014;35:2733–2779.
22. Corrado D, Perazzolo Marra M, Zorzi A, et al. Diagnosis of arrhythmogenic cardiomyopathy: The Padua criteria. *Int J Cardiol*. 2020;319:106–114.
23. Assomull RG, Lyne JC, Keenan N, et al. The role of cardiovascular magnetic resonance in patients presenting with chest pain, raised troponin, and unobstructed coronary arteries. *Eur Heart J*. 2007;28:1242–1249.
24. Laraudogoitia Zaldumbide E, Pérez-David E, Larena JA, et al. Utilidad de la resonancia magnética cardiaca en el diagnóstico de los pacientes con síndrome coronario agudo y coronarias normales. *Rev Esp Cardiol*. 2009;62:976–983.
25. Ibañez B, Aletras AH, Arai AE, Arheden H, Bax J, et al. Cardiac MRI endpoints in myocardial infarction experimental and clinical trials. *J Am Coll Cardiol*. 2019;74:238–256.
26. Fernández-Jiménez R, Barreiro-Pérez M, Martín-García A, et al. Dynamic edematous response of the human heart to myocardial infarction. *Circulation*. 2017;136:1288–1300.
27. Reynolds HR, Maehara A, Kwong RY, et al. Coronary optical coherence tomography and cardiac magnetic resonance imaging to determine underlying causes of myocardial infarction with nonobstructive coronary arteries in women. *Circulation*. 2021;143:624–640.
28. Mileva N, Paolisso P, Gallinoro E, et al. Diagnostic and prognostic role of cardiac magnetic resonance in MINOCA. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2023;16:376–389.