

RADIOLOGÍA EN IMÁGENES

Resonancia magnética cardiovascular en pacientes con dolor torácico agudo

A. Fernández Plaza^{a,b}, A. García-Lallana^a, I. Simón-Yarza^a, P.M. Azcárate^c
y G. Bastarrika^{a,d,*}

^a Servicio de Radiología, Clínica Universidad de Navarra, Pamplona, España

^b Servicio de Radiología, Hospital General Universitario Morales Meseguer, Murcia, España

^c Departamento de Cardiología, Clínica Universidad de Navarra, Pamplona, España

^d Department of Medical Imaging, Cardiothoracic Imaging Division, Sunnybrook Health Sciences Centre, Toronto, Canadá

Recibido el 12 de diciembre de 2012; aceptado el 11 de junio de 2013

Disponible en Internet el 26 de octubre de 2013

PALABRAS CLAVE

Resonancia
magnética;
Dolor torácico;
Cardiopatía
isquémica

KEYWORDS

Magnetic resonance
imaging;
Chest pain;
Ischemic heart
disease

Resumen El dolor torácico agudo es una causa frecuente de consulta en los servicios de urgencias. Puede estar ocasionado por una amplia variedad de enfermedades, algunas potencialmente letales, por lo que tienen que diagnosticarse rápidamente. El auge de la tomografía computarizada para estudiar a pacientes con dolor torácico agudo es notable. Sin embargo, se trata de una exploración no exenta de limitaciones. La resonancia magnética cardiovascular es una técnica potencialmente útil en este grupo de pacientes, aunque la disponibilidad y la duración de las exploraciones restringen su uso a determinadas indicaciones.

En este trabajo se ilustran los hallazgos de la resonancia magnética en pacientes con dolor torácico agudo y se describen los protocolos de adquisición. Además, se resaltan los datos semiológicos más característicos de las causas isquémicas y no isquémicas que pueden provocar estos síntomas.

© 2012 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Cardiovascular magnetic resonance imaging in patients with acute chest pain

Abstract Acute chest pain is a common reason for presentation to the emergency department. It can be caused by a wide variety of diseases, some of which are potentially lethal, so it must be diagnosed quickly. The rise of computed tomography to evaluate patients with acute chest pain is noteworthy. However, computed tomography is not without limitations in this context. Cardiovascular magnetic resonance imaging is a potentially useful technique in this group of patients, although its availability and the time required for examinations restrict its use to specific indications.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: gorka.bastarrika@sunnybrook.ca (G. Bastarrika).

In this article, we illustrate the magnetic resonance imaging findings in patients with acute chest pain and describe the protocols for MRI acquisition in this context. Furthermore, we highlight the most characteristic signs of ischemic and nonischemic causes of chest pain.

© 2012 SERAM. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

El dolor torácico agudo (DTA) es uno de los motivos de consulta más frecuentes en los servicios de urgencias¹. Puede tener muchas causas: traumática, cardíaca, vascular, pleural, pulmonar, abdominal o psicógena². La estratificación de riesgo de los pacientes que acuden a los servicios de urgencias por DTA se basa en la historia clínica, el ECG y los marcadores de daño miocárdico¹. Los pacientes con estas pruebas alteradas requieren ingreso y tratamiento en unidades especializadas. Sin embargo, en un alto porcentaje de pacientes el ECG es normal o inespecífico y las enzimas cardíacas son negativas. Dado que en esta situación clínica frecuentemente no se puede descartar con certeza un síndrome coronario agudo, la práctica habitual es que los pacientes permanezcan en observación durante un periodo de tiempo variable, habitualmente no inferior a 6-8 h, momento en el que se repiten el ECG y el análisis de las enzimas cardíacas¹. Además, muchos de ellos permanecen en observación o son hospitalizados de manera innecesaria, lo que supone un importante consumo de recursos¹. Por lo tanto, se requieren técnicas que permitan seleccionar a pacientes rápida y eficazmente, como la ecocardiografía y la tomografía computarizada multi-detector (TCMD)³. Esta última ha tenido un gran auge en los últimos años. Además de ser la técnica de elección para estudiar la enfermedad aórtica y vascular pulmonar, permite estudiar la vascularización coronaria y se perfila como la prueba de imagen más útil para descartar las entidades de mayor morbilidad en urgencias⁴. Sin embargo, la TCMD posee limitaciones como la utilización de contraste yodado, la necesidad de una frecuencia cardíaca baja, la elevada dosis de radiación y una valoración muy limitada de los órganos involucrados (por ejemplo, el miocardio). En este sentido, la resonancia magnética (RM) cardiovascular ha demostrado ser una técnica de gran utilidad clínica⁵.

Debe recordarse que: En la práctica rutinaria la RM se emplea en pacientes estables o ambulatorios como técnica de elección para diagnosticar un número cada vez mayor de enfermedades cardiovasculares⁶.

Los mayores inconvenientes de la RM son su complejidad técnica y el tiempo de estudio, hechos que han limitado su uso en los pacientes con DTA a indicaciones muy concretas.

Los objetivos de este trabajo son revisar la utilidad de la RM para establecer la causa del DTA de origen cardiovascular y familiarizar al radiólogo con los hallazgos característicos de las enfermedades más frecuentes que pueden manifestarse con esos síntomas. Para ello se describen los protocolos

de adquisición utilizados así como los hallazgos por RM más característicos de las causas más frecuentes de DTA de etiología cardiovascular.

Protocolo de estudio

Debe recordarse que: El protocolo de estudio de RM debe adaptarse a las características propias de cada paciente e individualizarse según la sospecha clínica.

Como estándar se propone el protocolo de RM mostrado en la [tabla 1](#).

Aplicaciones de la resonancia magnética cardiovascular en el paciente con dolor torácico agudo

El DTA de causa cardiovascular puede producirse por enfermedades cardíacas o por enfermedades de origen vascular ([tabla 2](#)). La RM ha demostrado ser una exploración de gran utilidad clínica en todas estas entidades, incluso superior a técnicas ya establecidas como la ecocardiografía o las pruebas de medicina nuclear⁷.

Enfermedad cardíaca isquémica

Infarto agudo de miocardio

Debe recordarse que: Como indicación principal en el infarto agudo de miocardio (IAM), la RM se debe realizar para detectar las áreas de obstrucción microvascular post-IAM, valorar la función global y regional del ventrículo izquierdo, y determinar la localización y extensión del infarto⁶ ([fig. 1](#)).

Cada una de las secuencias descritas en el protocolo de estudio propuesto permite obtener información diagnóstica y pronóstica. Las secuencias cine-RM (eco de gradiente, *Steady-State Free Precession* [SSFP]) se emplean para estudiar la alteración de la contractilidad miocárdica (hipo/acinesia/discinesia) provocada por la isquemia y conocer los volúmenes y función ventricular.

Las secuencias *Short Tau Inversion Recovery* (STIR) potenciadas en T2 se utilizan para detectar edema miocárdico. En el IAM, el edema miocárdico refleja el área máxima

Tabla 1 Protocolo estándar de resonancia magnética cardiovascular para estudiar a pacientes con dolor torácico agudo. Utilidad de las distintas secuencias

Secuencias	Patología					
	IAM	Angina inestable	Anomalía coronaria	Miocardopatía de estrés (Tako-Tsubo)	Miocarditis Pericarditis aguda	TEP Disección de aorta
<i>Secuencias anatómicas tórax (planos transversal, coronal y sagital)</i>	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>Localizadores</i>	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>Secuencias cine en planos intrínsecos del corazón (4 cámaras, 2 cámaras, TSVI, TSVD, eje corto)</i>	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>STIR-T2</i>	+++	+	±	++	+++	±
<i>Perfusión (reposo)</i>	+++	+++ (RM estrés)	+	+	+	±
<i>Realce precoz</i>	+++	+++	+	++	++	±
<i>Realce tardío</i>	+++	+++	+	+++	+++	±
<i>Angiografía coronaria 3D: SSFP (sin o con contraste iv)</i>	±	±	+++	±	±	++
<i>Angiografía 3D posgadolinio</i>	±	±	—	—	±	+++

GRE-EPI: Gradient Echo-Echo Planar Imaging; HASTE: Half Fourier Acquisition Single Shot Turbo Spin Echo; IAM: infarto agudo de miocardio; iv: intravenoso; RM: resonancia magnética; SSFP: Steady-State Free Precession; STIR-T2: Short Tau Inversion Recovery potenciada en T2; TEP: tromboembolismo pulmonar. TSVI: tracto de salida ventrículo izquierdo. TSVD: tracto de salida ventrículo derecho.

Secuencias: Secuencias anatómicas tórax: HASTE. Secuencias cine: SSFP, T2-STIR. Perfusión: GRE-EPI. Dosis de gadolinio: 0,1-0,2 mmol/kg. Realce precoz/tardío: eco de gradiente potenciado en T1 con pulso de inversión recuperación, 1 min tras la administración de contraste para el realce precoz, 10 min tras la administración de contraste para el realce tardío. Angiografía coronaria 3D: SSFP (sin o con contraste). Angiografía 3D posgadolinio: eco de gradiente 3D.

de miocardio que presenta riesgo de necrosis⁸. Junto a las secuencias de realce tardío, las secuencias STIR permiten determinar la viabilidad miocárdica y discriminar el miocardio isquémico del necrótico.

Las secuencias de perfusión y las de realce precoz con gadolinio permiten detectar áreas de obstrucción microvascular, manifestadas como hipointensidad de señal subendocárdica (nótese el fenómeno «core» [núcleo] mostrado en las figuras 1 y 2). Estas áreas, que también se pueden detectar en las secuencias de realce tardío, representan la característica principal del daño posreperusión, traducen la gravedad de la agresión miocárdica y se asocian independientemente a la falta de recuperación funcional y el remodelado ventricular adverso, lo que supone peor pronóstico a largo plazo⁹.

Por último, las secuencias de realce tardío se emplean para medir el tamaño del infarto establecido y determinar su extensión (subendocárdica o transmural). En las fases agudas del infarto parte del realce tardío puede reflejar edema periinfarto correspondiente a un miocardio aturdido potencialmente recuperable (fig. 2).

Angina inestable

La RM con estrés farmacológico, bien con dobutamina (efecto inotrópico y cronotrópico positivo), bien con fármacos vasodilatadores como la adenosina o el dipiridamol, permite detectar la isquemia miocárdica una vez estabilizado el paciente. Según metaanálisis recientes, el estrés provocado con dobutamina predice con una sensibilidad del

Tabla 2 Diagnóstico diferencial del dolor torácico agudo de origen cardiovascular en el servicio de urgencias

Etiología cardíaca		Etiología no cardíaca
Isquémica	No isquémica	
IAM	Miocardopatía de estrés (Tako-Tsubo)	<i>Síndrome aórtico agudo</i> • Hematoma intramural • Úlcera penetrante • Disección de aorta
Angina inestable	Miocarditis aguda	
Anomalía coronaria	Pericarditis aguda	<i>TEP agudo</i>

IAM: infarto agudo de miocardio; TEP: tromboembolismo pulmonar.

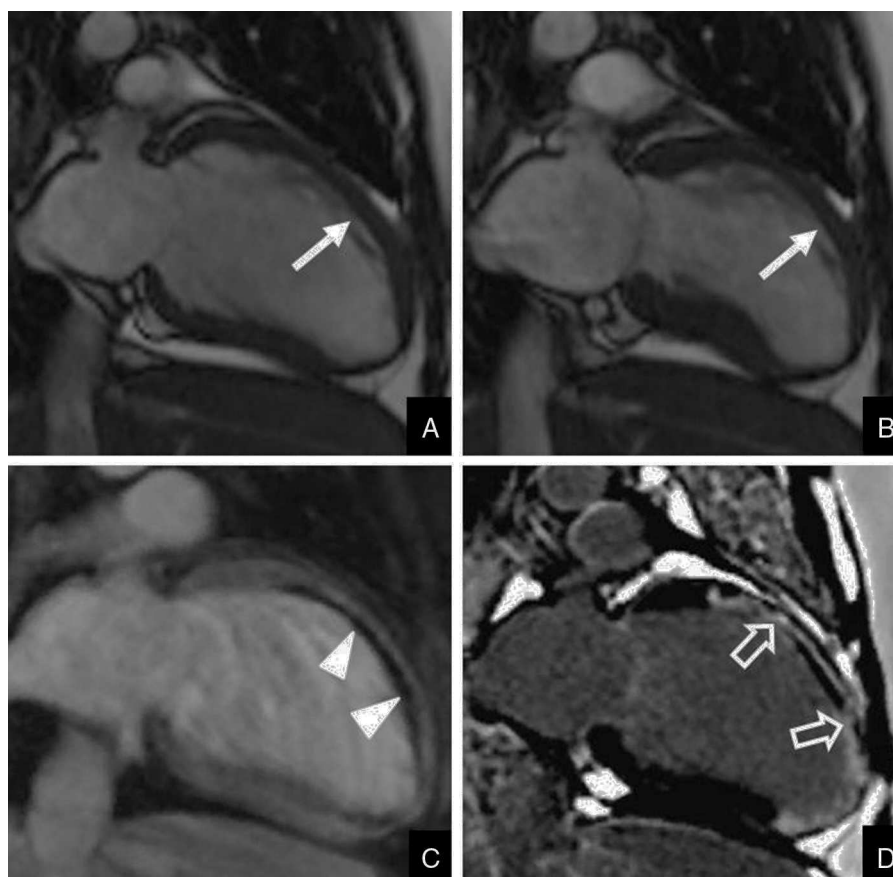


Figura 1 Mujer de 32 años con antecedentes de hipertensión arterial y lupus eritematoso sistémico. Acudió a Urgencias por dolor torácico agudo de características atípicas. El ECG inicial y los biomarcadores cardíacos fueron negativos. Se le realizó una resonancia magnética cardíaca. El estudio con secuencias cine SSFP (*Steady-State Free Precession*), plano eje largo del ventrículo izquierdo, (A: imagen en diástole, B: en sístole) muestra acinesia de la cara anterior (flecha). Durante el realce precoz (C) se observa hipoperfusión subendocárdica en la cara anterior secundaria a obstrucción microvascular (puntas de flecha). Las secuencias de realce tardío (D) demuestran que se trata de un infarto de miocardio con extensión transmural (flechas abiertas). Nótese el fenómeno «core» (núcleo) por la obstrucción microvascular, manifestado como un área hipointensa rodeada por un halo hiperintenso de captación de contraste. El núcleo del realce indica el área de obstrucción microvascular.

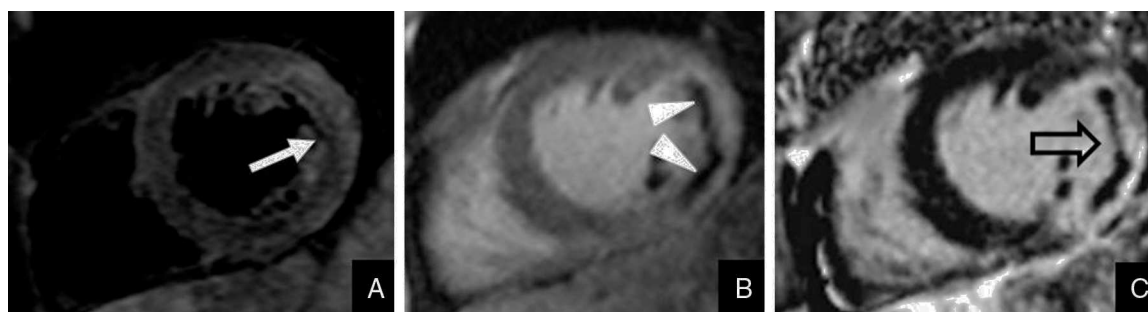


Figura 2 Varón de 70 años que acudió a Urgencias por dolor torácico agudo. Fue diagnosticado de infarto agudo de miocardio y tratado mediante revascularización percutánea. Se realizó una resonancia magnética cardíaca para valorar la extensión del infarto. Las imágenes STIR obtenidas en el eje corto (A) demuestran edema en el segmento anterolateral medio del ventrículo izquierdo (flecha). Durante el realce precoz (B) se demuestra hipoperfusión subendocárdica del segmento afectado por obstrucción microvascular (punta de flecha). Las imágenes de realce tardío (C) demuestran la extensión transmural del infarto con fenómeno «core» (núcleo) secundario a la obstrucción microvascular (flecha abierta).

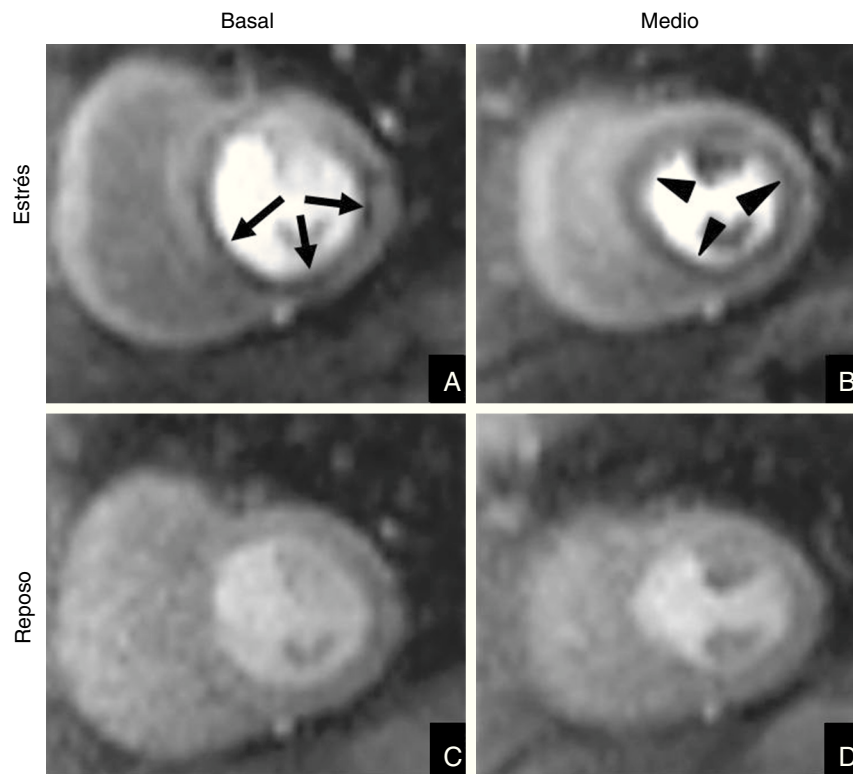


Figura 3 Mujer de 62 años con antecedentes personales de cardiopatía isquémica revascularizada quirúrgicamente que acudió a Urgencias por dolor torácico atípico. El ECG no mostró cambios significativos respecto a su ECG basal y las enzimas cardíacas resultaron negativas. Se le realizó una resonancia magnética cardíaca-estrés con adenosina para descartar una causa isquémica. Las imágenes obtenidas tras estrés farmacológico (fila superior) ponen de manifiesto una hipoperfusión subendocárdica en los segmentos inferoseptal, inferior e inferolateral basales (flechas en A) y prácticamente circunferencial en los segmentos medios del ventrículo izquierdo (puntas de flecha en B). La perfusión en reposo (fila inferior) es normal lo que sugiere que se trata de defectos de perfusión reversibles (isquemia) por enfermedad de 3 vasos, confirmado mediante coronariografía convencional.

0,83 (IC 95%: 0,78-0,88) y una especificidad del 0,86 (IC 95%: 0,81-0,91) la enfermedad coronaria significativa (estenosis > 50% en la coronariografía convencional)¹⁰, mientras que la sensibilidad y especificidad de la RM-estrés con vasodilatador es del 0,89 (IC 95%: 0,88-0,91) y del 0,80 (IC 95%: 0,78-0,83), respectivamente¹¹ (fig. 3). Ambas técnicas han demostrado poseer valor pronóstico¹².

Debe recordarse que: Una RM-estrés negativa se asocia a un riesgo bajo de volver a padecer un cuadro coronario agudo¹².

La elección del tipo de fármaco a emplear depende de la experiencia propia de cada centro, pero dado el mayor perfil de seguridad y menor número de reacciones adversas, actualmente se prefiere emplear la adenosina para los estudios de RM-estrés¹³.

Anomalía coronaria

Incluye alteraciones en su origen (tanto de la aorta como de la arteria pulmonar), en su recorrido y las fístulas coronarias. La anomalía de mayor riesgo y la que más parece asociarse con muerte súbita es el origen de la

arteria coronaria izquierda en la coronaria derecha o en el seno coronario derecho con recorrido entre la aorta y el tracto de salida del VD¹⁴. Aunque la coronariografía convencional es la técnica tradicionalmente empleada, aporta únicamente una visión bidimensional del árbol coronario y en ocasiones no puede definir adecuadamente el trayecto anómalo de estos vasos. Si bien los segmentos proximales de las arterias coronarias pueden verse en secuencias convencionales espín-eco y en cine-RM con secuencias SSFP multicorte, se prefieren secuencias angiográficas tras inyectar contraste o 3D-SSFP sin o con contraste intravenoso, que permiten demostrar con exactitud el origen, trayecto y relación de las arterias coronarias respecto a las estructuras anatómicas adyacentes¹⁵ (fig. 4). En general, se emplean secuencias 3D-SSFP en apnea para los casos en los que únicamente se desee valorar el origen de dichas arterias, y secuencias 3D-SSFP con sincronización respiratoria si se desea conocer todo el recorrido de los vasos coronarios.

Enfermedad cardíaca no isquémica

Miocardiopatía de estrés (Tako-Tsubo)

Esta miocardiopatía es más frecuente en mujeres posmenopáusicas que han sufrido un episodio reciente de

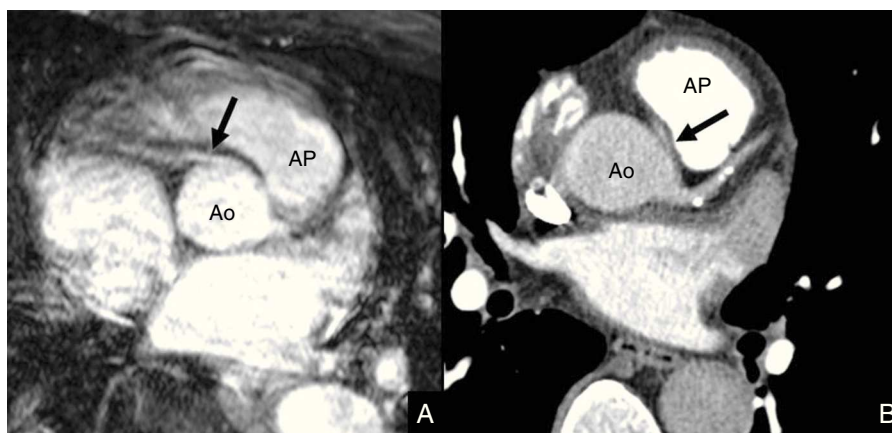


Figura 4 Varón de 54 años, sin factores de riesgo cardiovascular, ingresado en urgencias por dolor torácico atípico. En la resonancia magnética (A) cardíaca se encuentra, de manera incidental, una arteria coronaria derecha con origen anómalo desde el seno coronario izquierdo y trayecto interarterial, entre la arteria pulmonar (AP) y la aorta (Ao). El hallazgo se demuestra mediante tomografía computarizada (B).

estrés físico o psíquico¹⁶. Se manifiesta clínicamente como dolor torácico típico y alteraciones electrocardiográficas sugestivas de isquemia miocárdica sin enfermedad coronaria¹⁷.

Actualmente la RM es la técnica de elección para diagnosticarla¹⁸. Las secuencias cine-SSFP muestran una hipercontractilidad de los segmentos basales y contractilidad disminuida de los segmentos medios y apicales del ventrículo izquierdo. En las secuencias STIR-T2 se puede demostrar edema de los segmentos miocárdicos afectados¹⁹. A diferencia de lo que ocurre en el IAM, la miocardiopatía

de estrés no presenta el realce tardío subendocárdico característico del infarto, si bien hasta un 20% de los pacientes presentan realce focal y parcheado¹⁶ (fig. 5).

Miocarditis aguda

En los países occidentales, la miocarditis aguda se produce más frecuentemente por el virus Coxsackie B y otros virus como el parvovirus B19, el herpesvirus humano 6 y el adenovirus²⁰. Puede ser asintomática o manifestarse

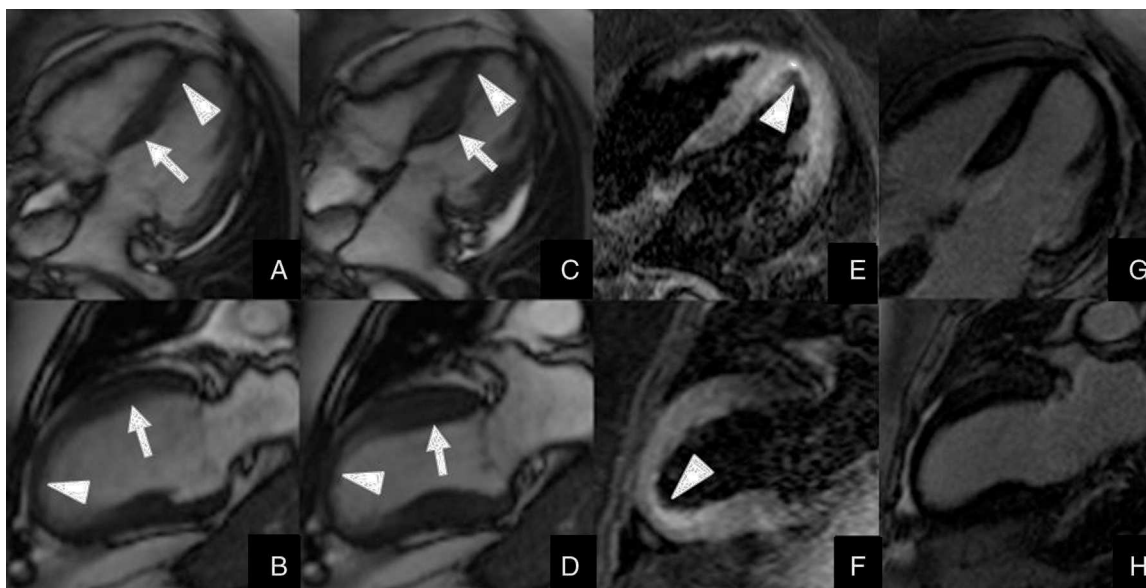


Figura 5 Mujer de 76 años, bajo situación de fuerte estrés emocional, acudió a urgencias por dolor torácico agudo. El ECG mostró cambios inespecíficos y los biomarcadores cardíacos resultaron negativos. Se le realizó una resonancia magnética cardíaca para descartar una causa isquémica. Fila superior, plano 4 cámaras. Fila inferior, plano eje largo del ventrículo izquierdo. El estudio con secuencias cine SSFP (*Steady-State Free Precession*) (A y B: imágenes en diástole, C y D: en sístole) muestra hipercontractilidad basal (flechas) y acinesia de los segmentos medios y apicales (puntas de flecha). Las secuencias STIR (E, F) ponen de manifiesto edema en los segmentos acinéticos (puntas de flecha). En las fases tardías tras la administración de gadolinio (G, H) no se observa realce miocárdico, lo que descarta una causa isquémica, y confirma la sospecha clínica inicial de miocardiopatía de estrés (Tako-Tsubo).

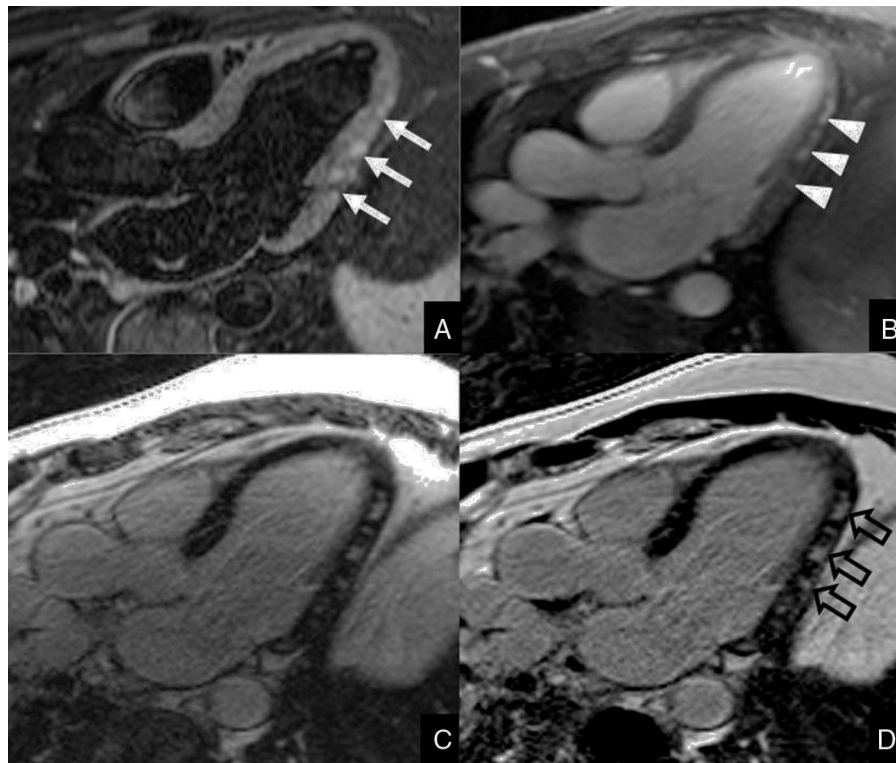


Figura 6 Varón de 37 años con dolor torácico atípico y sospecha clínica de pericarditis aguda tras ECG inicial normal y enzimas cardíacas mínimamente alteradas. Se le realizó una resonancia magnética cardíaca para confirmar la sospecha clínica. Imágenes en el plano tracto de salida del ventrículo izquierdo. El estudio con la secuencia STIR potenciada en T2 (A) muestra focos parcheados hiperintensos en la cara posterolateral del ventrículo izquierdo (flechas). Tanto en las imágenes de realce precoz (B) como en las de realce tardío (C: secuencia PSIR - *Phase Sensitive Inversion Recovery*- imagen de magnitud)) se ve una captación parcheada intramiocárdica (puntas de flecha y flechas abiertas), con preservación del endocardio, sugestiva de miocarditis aguda. El pericardio es normal.

como un proceso inflamatorio leve, dolor torácico, insuficiencia cardíaca congestiva o muerte súbita. El ECG y las enzimas cardíacas pueden estar alterados, lo que en ocasiones hace difícil distinguirla del IAM.

Debe recordarse que: La RM es la técnica diagnóstica de elección como alternativa a la biopsia endomiocárdica en la miocarditis aguda.

La exactitud diagnóstica de la biopsia endomiocárdica es limitada, debido a la afectación miocárdica parcheada y a la gran variabilidad al interpretarla^{21,22}.

Los hallazgos más característicos de la miocarditis aguda en la RM se pueden poner de manifiesto con secuencias específicas: STIR-T2 para demostrar edema miocárdico de distribución multifocal, secuencias tras la inyección en las que se observa captación multifocal de distribución subepicárdica o intramiocárdica, secuencias anatómicas para el derrame pleural o pericárdico y secuencias en modo cine para estudiar la disfunción ventricular segmentaria y/o global^{23,24} (fig. 6).

Pericarditis aguda

La pericarditis aguda puede ocurrir tanto aisladamente como en el contexto de enfermedades sistémicas. Hallazgos característicos en la RM son el engrosamiento o derrame pericárdico y el realce tardío del pericardio. El realce tardío del pericardio sugiere una inflamación aguda, si bien es un signo poco específico que debe ser valorado en el contexto clínico²⁵ (fig. 7).

Enfermedad vascular

Tromboembolismo pulmonar agudo

El tromboembolismo pulmonar (TEP) agudo es un motivo de consulta frecuente en los servicios de urgencias. Su presentación clínica puede ser inespecífica con disnea súbita, dolor pleurítico o taquipnea²⁶.

Hoy en día la angio-TCMD es la prueba de elección para descartar la enfermedad²⁷, aunque en pacientes con alergia al contraste yodado, embarazadas o pacientes jóvenes con baja probabilidad pretest de padecer TEP, la RM puede considerarse como alternativa diagnóstica²⁸ (fig. 8). Además de las secuencias angiográficas 3D convencionales se pueden realizar secuencias dinámicas eco de gradiente 3D para detectar los

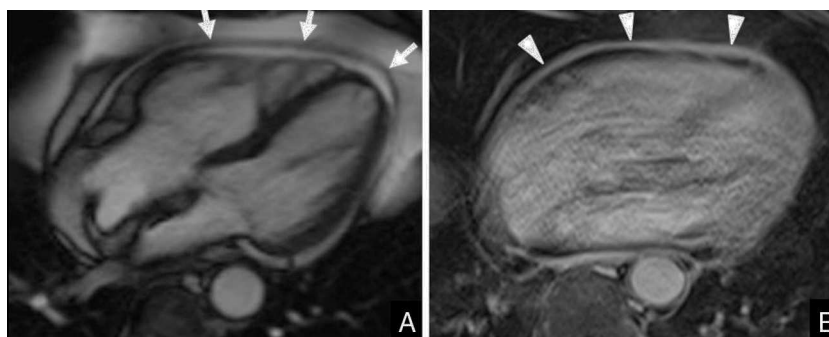


Figura 7 Varón de 70 años con dolor torácico atípico. Se realizó una resonancia magnética cardiaca para descartar isquemia miocárdica. Imágenes en el plano de 4 cámaras. El estudio morfológico (A: secuencia cine SSFP - *Steady-State Free Precession*) muestra un ligero engrosamiento del pericardio y un pequeño derrame (flechas). Tras inyectar el contraste (B: secuencia eco de gradiente potenciada en T1) se observa captación precoz del pericardio (puntas de flecha) por un proceso inflamatorio agudo.

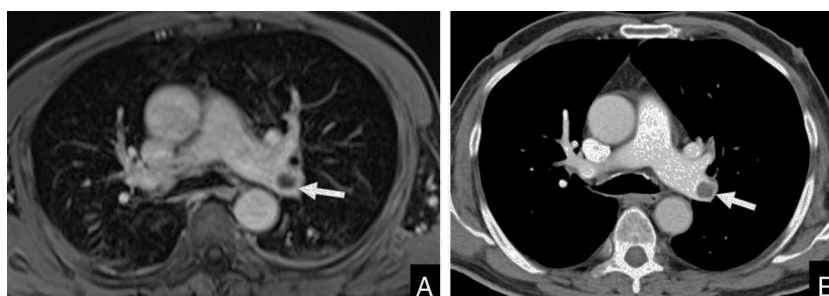


Figura 8 Varón de 68 años con dolor torácico agudo, diagnosticado de infarto agudo de miocardio en el servicio de urgencias. Fue revascularizado percutáneamente. Se realizó una resonancia magnética cardiaca (RM) para valorar la extensión del infarto y establecer la causa del dolor torácico y de la disnea referidos por el paciente durante la noche anterior. La RM (A) pone de manifiesto un tromboembolismo pulmonar agudo en la arteria pulmonar izquierda (flecha), no sospechado clínicamente. El hallazgo se confirmó mediante TC (B) (flecha).

defectos de perfusión dependientes del territorio vascular afectado. Esta técnica concuerda bien con la tomografía computarizada por emisión de fotón único (técnica ampliamente empleada en este contexto clínico) para detectar defectos de perfusión lobares, segmentarios y subsegmentarios²⁹.

Síndrome aórtico agudo

Las enfermedades que se agrupan bajo la denominación de síndrome aórtico agudo son la disección aórtica, el hematoma intramural y la úlcera penetrante. La disección de aorta es la causa más frecuente de enfermedad aórtica

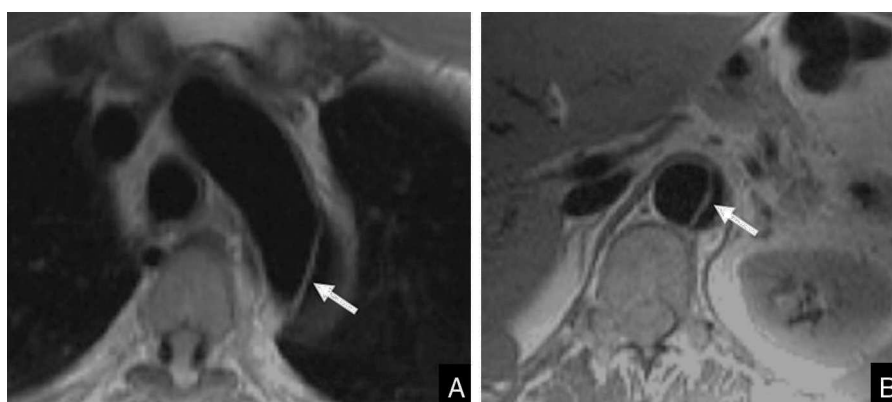


Figura 9 Varón de 64 años hipertenso, con antecedente de alergia al contraste yodado, fue ingresado en urgencias por dolor centrotorácico. Se realizó una resonancia magnética cardiaca para descartar un síndrome aórtico agudo. Imágenes axiales anatómicas con secuencia HASTE (*Half Fourier Acquisition Single Shot Turbo Spin Echo*) muestran una disección aórtica aguda que se extiende desde el cayado aórtico (flecha en A) hasta la aorta abdominal (flecha en B). Nótese el desplazamiento de la íntima (flecha).

aguda y se da hasta en un 75% de los pacientes con DTA de causa aórtica³⁰.

Dado que el pronóstico de estos pacientes depende de la rapidez del diagnóstico e instauración del tratamiento, habitualmente la RM no se utiliza en los servicios de urgencias. Generalmente esta técnica queda relegada a pacientes con sospecha clínica alta en los que el resto de las pruebas resultan no concluyentes, o para seguir a pacientes tratados conservadoramente.

Aunque los protocolos varían entre los distintos centros, los estudios de aorta deben incluir secuencias anatómicas (fig. 9) y secuencias de angio-RM 3D que permitan posprocesar las imágenes en el plano deseado. Como alternativa en pacientes poco colaboradores o en los que no se pueda administrar contraste intravenoso se pueden emplear secuencias SSFP-3D.

Conclusión

La RM es una técnica no invasiva que puede ser de gran utilidad clínica para diagnosticar las enfermedades que cursan con DTA. Para obtener el máximo rendimiento de la prueba es importante seleccionar adecuadamente a los pacientes que pueden beneficiarse de esta exploración, conocer los protocolos de adquisición e interpretarla adecuadamente. El radiólogo debe estar familiarizado con los hallazgos de RM característicos de las causas cardíacas y no cardíacas más comunes de DTA descritas en este trabajo.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Autorías

1. Responsable de la integridad del estudio: AFP, AGL, PMA, GB
2. Concepción del estudio: AFP, AGL, PMA, GB
3. Diseño del estudio: AFP, AGL, ISY, PMA, GB
4. Obtención de los datos: AFP, PMA, GB
5. Análisis e interpretación de los datos: AFP, AGL, ISY, GB
6. Tratamiento estadístico: n/a.
7. Búsqueda bibliográfica: AFP, AGL, ISY, PMA, GB
8. Redacción del trabajo: AFP, GB
9. Revisión crítica del manuscrito con aportaciones intelectualmente relevantes: AGL, ISY, PMA
10. Aprobación de la versión final: AFP, AGL, ISY, PMA, GB

Conflicto de intereses

El Dr. Bastarrika ha recibido honorarios por conferencias en Siemens, Bayer, Medrad. El resto de los autores manifiesta no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Bayón Fernández J, Alegría Ezquerro E, Bosch Genover X, Cabadés O'Callaghan A, Iglesias Gárriz I, Jiménez Nacher JJ, et al. Unidades de dolor torácico. Organización y protocolo para el diagnóstico de los síndromes coronarios agudos. *Rev Esp Cardiol.* 2002;55:143–54.
2. Stillman AE, Oudkerk M, Ackerman M, Becker CR, Buszman PE, de Feyter PJ, et al. Use of multidetector computed tomography for the assessment of acute chest pain: A consensus statement of the North American Society of Cardiac Imaging and the European Society of Cardiac Radiology. *Eur Radiol.* 2007;17:2196–207.
3. Bastarrika G, Schoepf UJ. El radiólogo de urgencias ante el dolor torácico agudo: ¿cómo y para qué debo utilizar los equipos TC multicorte. *Radiología.* 2011;53:30–42.
4. Hoffmann U, Truong QA, Schoenfeld DA, Chou ET, Woodard PK, Nagurny JT, et al. Coronary CT angiography versus standard evaluation in acute chest pain. *N Engl J Med.* 2012;367:299–308.
5. Hunold P, Bischoff P, Barkhausen J, Vogt FM. Acute chest pain: The role of MR imaging and MR angiography. *Eur J Radiol.* 2012;81:3680–90.
6. Hundley WG, Bluemke DA, Finn JP, Flamm SD, Fogel MA, Friedrich MG, et al. ACCF/ACR/AHA/NASCI/SCMR 2010 expert consensus document on cardiovascular magnetic resonance: A report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents. *J Am Coll Cardiol.* 2010;55:2614–62.
7. Schwitzer J, Wacker CM, Wilke N, Al-Saadi N, Sauer E, Huettler K, et al. Superior diagnostic performance of perfusion-cardiovascular magnetic resonance versus SPECT to detect coronary artery disease: The secondary endpoints of the multicenter multivendor MR-IMPACT II (Magnetic Resonance Imaging for Myocardial Perfusion Assessment in Coronary Artery Disease Trial). *J Cardiovasc Magn Reson.* 2012;14:61.
8. Abdel-Aty H, Cocker M, Meek C, Tyberg JV, Friedrich MG. Edema as a very early marker for acute myocardial ischemia: A cardiovascular magnetic resonance study. *J Am Coll Cardiol.* 2009;53:1194–201.
9. Nijveldt R, Beek AM, Hirsch A, Stoel MG, Hofman MB, Umans VA, et al. Functional recovery after acute myocardial infarction: Comparison between angiography, electrocardiography, and cardiovascular magnetic resonance measures of microvascular injury. *J Am Coll Cardiol.* 2008;52:181–9.
10. Nandalur KR, Dwamena BA, Choudhri AF, Nandalur MR, Carlos RC. Diagnostic performance of stress cardiac magnetic resonance imaging in the detection of coronary artery disease: A meta-analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2007;50:1343–53.
11. Hamon M, Fau G, Nee G, Ehtisham J, Morello R. Meta-analysis of the diagnostic performance of stress perfusion cardiovascular magnetic resonance for detection of coronary artery disease. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2010;12:29.
12. Jahnke C, Nagel E, Gebker R, Kokocinski T, Kelle S, Manka R, et al. Prognostic value of cardiac magnetic resonance stress tests: Adenosine stress perfusion and dobutamine stress wall motion imaging. *Circulation.* 2007;115:1769–76.
13. Bruder O, Schneider S, Nothnagel D, Dill T, Hombach V, Schulz-Menger J, et al. EuroCMR (European Cardiovascular Magnetic Resonance) registry: Results of the German pilot phase. *J Am Coll Cardiol.* 2009;54:1457–66.

14. Dodd JD, Ferencik M, Liberthson RR, Cury RC, Hoffmann U, Brady TJ, et al. Congenital anomalies of coronary artery origin in adults: 64-MDCT appearance. *AJR Am J Roentgenol*. 2007;188:W138–46.
15. Prakken NH, Cramer MJ, Olimulder MA, Agostoni P, Mali WP, Velthuis BK. Screening for proximal coronary artery anomalies with 3-dimensional MR coronary angiography. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2010;26:701–10.
16. Eitel I, von Knobelsdorff-Brenkenhoff F, Bernhardt P, Carbone I, Muellerleile K, Aldrovandi A, et al. Clinical characteristics and cardiovascular magnetic resonance findings in stress (takotsubo) cardiomyopathy. *JAMA*. 2011;306:277–86.
17. Nef HM, Möllmann H, Elsasser A. Tako-tsubo cardiomyopathy (apical ballooning). *Heart*. 2007;93:1309–15.
18. Nakamori S, Matsuoka K, Onishi K, Kurita T, Ichikawa Y, Nakajima H, et al. Prevalence and signal characteristics of late gadolinium enhancement on contrast-enhanced magnetic resonance imaging in patients with takotsubo cardiomyopathy. *Circ J*. 2012;76:914–21.
19. Leurent G, Larralde A, Boulmier D, Fougere C, Langella B, Ollivier R, et al. Cardiac MRI studies of transient left ventricular apical ballooning syndrome (takotsubo cardiomyopathy): A systematic review. *Int J Cardiol*. 2009;135:146–9.
20. Feldman AM, McNamara D. Myocarditis. *N Engl J Med*. 2000;343:1388–98.
21. Mahrholdt H, Goedecke C, Wagner A, Meinhardt G, Athanasiadis A, Vogelsberg H, et al. Cardiovascular magnetic resonance assessment of human myocarditis: A comparison to histology and molecular pathology. *Circulation*. 2004;109:1250–8.
22. Friedrich MG, Sechtem U, Schulz-Menger J, Holmvang G, Alakija P, Cooper LT, et al. Cardiovascular magnetic resonance in myocarditis: A JACC White Paper. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53:1475–87.
23. Abdel-Aty H, Boye P, Zagrosek A, Wassmuth R, Kumar A, Messroghli D, et al. Diagnostic performance of cardiovascular magnetic resonance in patients with suspected acute myocarditis: Comparison of different approaches. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45:1815–22.
24. Bastarrika G, Azcarate P, Arias J, Pueyo J, Castano S, Gavira J. Miocarditis aguda: diagnóstico mediante resonancia magnética cardíaca. *An Sist Sanit Navar*. 2009;32:275–8.
25. Yared K, Baggish AL, Picard MH, Hoffmann U, Hung J. Multimodality imaging of pericardial diseases. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2010;3:650–60.
26. Torbicki A, Perrier A, Konstantinides S, Agnelli G, Galie N, Pruszczyk P, et al. Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism: the Task Force for the Diagnosis and Management of Acute Pulmonary Embolism of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2008;29:2276–315.
27. Righini M, le Gal G, Aujesky D, Roy PM, Sanchez O, Verschuren F, et al. Diagnosis of pulmonary embolism by multidetector CT alone or combined with venous ultrasonography of the leg: A randomised non-inferiority trial. *Lancet*. 2008;371:1343–52.
28. Kalb B, Sharma P, Tigges S, Ray GL, Kitajima HD, Costello JR, et al. MR imaging of pulmonary embolism: Diagnostic accuracy of contrast-enhanced 3D MR pulmonary angiography, contrast-enhanced low-flip angle 3D GRE, and nonenhanced free-induction FISP sequences. *Radiology*. 2012;263:271–8.
29. Kluge A, Gerriets T, Stolz E, Dill T, Mueller KD, Mueller C, et al. Pulmonary perfusion in acute pulmonary embolism: agreement of MRI and SPECT for lobar, segmental and subsegmental perfusion defects. *Acta Radiol*. 2006;47:933–40.
30. Moore AG, Eagle KA, Bruckman D, Moon BS, Malouf JF, Fattori R, et al. Choice of computed tomography, transesophageal echocardiography, magnetic resonance imaging, and aortography in acute aortic dissection: International Registry of Acute Aortic Dissection (IRAD). *Am J Cardiol*. 2002;89:1235–8.