

Modalidades, indicaciones y nivel de complejidad de los estudios de resonancia magnética cardíaca: informe especial

Guillem Pons Lladó y Francesc Carreras

Coordinadores del Comité de Expertos del Grupo de Trabajo de Cardio RM y Cardio TC de la Sociedad Española de Cardiología. España.

La cardiorresonancia magnética (CRM) es una técnica diagnóstica de amplio potencial, cuyas indicaciones clínicas se están concretando en documentos de consenso recientes. La disponibilidad de toda una serie de modalidades de la CRM y, particularmente, el diferente grado de complejidad que requieren las exploraciones hacen recomendable una sistematización de estos aspectos que sirva de orientación a cardiólogos y radiólogos que se inician en la técnica. En el presente artículo se refleja la posición sobre estos temas de un panel de expertos del Grupo de Trabajo de Cardio-RM y Cardio-TC de la Sociedad Española de Cardiología.

Palabras clave: Diagnóstico. Imagen. Resonancia magnética.

Modalities of, Clinical Indications for, and Level of Complexity of Cardiac Magnetic Resonance: Position Paper

Cardiovascular magnetic resonance is a diagnostic technique with a wide range of possible applications. Recently, clinical indications for its use have been formalized in a number of consensus documents. The existence of a range of different modalities for using the technique and, in particular, the variable degree of complexity involved in carrying out different types of examination make it essential that clear recommendations are available to help guide cardiologists and radiologists just entering the field. The present article summarizes the views of a panel of experts from the Spanish Society of Cardiology Working Group on Cardiac MRI and Cardiac CT.

Key words: Diagnosis. Nuclear magnetic resonance imaging.

INTRODUCCIÓN

La cardiorresonancia magnética (CRM) es una exploración no invasiva, inocua para el paciente, que aporta información muy diversa y de gran utilidad clínica sobre el corazón y los grandes vasos. Dados sus múltiples recursos, la CRM es una técnica que permite un estudio integral del sistema cardiovascular. En la práctica, no obstante, existen indicaciones concretas para su uso, que son aquellas en que la técnica ha demostrado ventajas sobre otros métodos diagnósticos disponibles.

Para un adecuado conocimiento de la utilidad de la CRM en la práctica clínica es preciso, por tanto, considerar: *a)* las modalidades de que dispone la técnica; *b)* las indicaciones clínicas aceptadas para su práctica, y

c) los recursos que requiere cada una de estas indicaciones para obtener una máxima eficiencia en la aplicación de la técnica.

MODALIDADES DE LA CARDIORRESONANCIA MAGNÉTICA

Comprenden distintas series de secuencias de resonancia magnética optimizadas para aplicaciones cardiovasculares, cada una de ellas con un objetivo diferenciado en cuanto al tipo de información que aporta. Su conocimiento es importante por cuanto permite aplicar la estrategia de estudio apropiada en cada caso, ahorrando tiempo de examen y facilitando la interpretación posterior. Las modalidades disponibles, y que son exigibles, en la práctica para estudios de CRM son las siguientes:

Estudio morfológico y funcional

Técnicas. Secuencias morfológicas (*spin echo*) y funcionales de cine-RM (*gradient echo*).

En el apéndice se relaciona el Comité de Expertos.

Correspondencia: Dr. G. Pons Lladó.
Unidad de Imagen Cardíaca. Servicio de Cardiología.
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau.
Sant Antoni M. Claret, 167. 08025 Barcelona. España.
Correo electrónico: gpons@santpau.es

Información. Dimensiones de cavidades cardiacas, grosor parietal, masa ventricular, volúmenes y función sistólica ventricular, global y segmentaria¹.

Estudios de provocación de isquemia miocárdica

Técnicas. Comprenden 2 modalidades alternativas: a) estudios de función ventricular izquierda de estrés, que consisten en la aplicación de secuencias de cine-RM en cada una de las fases de un proceso de estimulación progresiva de la contractilidad ventricular por medio de un agente farmacológico (dobutamina), analizando la dinámica ventricular global y segmentaria para detectar una eventual disfunción indicativa de isquemia regional², y b) estudios de perfusión miocárdica, que requieren la administración de dosis bajas de un contraste paramagnético (gadolinio) para el estudio de la distribución miocárdica del primer paso de un bolo administrado basalmente, y después de la administración de un vasodilatador coronario (adenosina o dipyridamol), para lo que se utilizan secuencias *gradient echo* modificadas para la detección de cambios de intensidad de la señal miocárdica³.

Información. Demostración de isquemia miocárdica provocable⁴.

Estudio de necrosis y viabilidad miocárdica

Técnicas. Adquisición de secuencias preparadas (*inversion recovery*) para obtener el máximo contraste entre áreas de miocardio normal y necrosado mediante la retención de gadolinio que se produce en estas últimas tardíamente (10 min) tras la administración de una dosis convencional del agente de contraste.

Información. Detección y cuantificación de necrosis miocárdica⁵ y, complementariamente, de tejido miocárdico potencialmente viable⁶.

Estudios de caracterización tisular

Técnicas. Comprenden varias modalidades: a) combinación de secuencias *spin echo* T1 o de densidad protónica (DP) con otras de saturación grasa (*fat sat*); b) obtención de secuencias *spin echo* T1 antes y precozmente tras la administración de gadolinio; c) estudios con secuencias de *inversion recovery* tardías tras la administración de gadolinio; d) combinación de secuencias *spin echo* T1, T2 y de DP de alta resolución. No se incluyen todavía en este apartado los estudios de espectroscopia, ya que no se considera que estén disponibles, en el momento actual, para su aplicación clínica.

Información. Cada una de las técnicas descritas en el párrafo previo tiene las siguientes aplicaciones: a) detección de tejido adiposo o infiltración de grasa⁷; b) estudio de vascularización de masas cardiacas y paracardiacas⁸; c) detección de fibrosis focal miocárdica⁹; d) examen de la pared arterial de grandes arterias (aorta)¹⁰ o de aquellas

de mediano calibre (carótidas)¹¹ para el estudio de las placas ateroscleróticas.

Estudio de flujos

Técnicas. Se utilizan secuencias especiales, denominadas de *phase-contrast*, con las que es posible determinar con exactitud la velocidad y el flujo de la sangre en cualquier localización del sistema cardiovascular¹².

Información. Determinación del gasto cardiaco, relación de flujos pulmonar/sistémico (índice Qp/Qs) y cuantificación de regurgitaciones valvulares.

Angiorresonancia magnética

Técnicas. Aplica secuencias específicas para la obtención de un volumen tridimensional de los grandes vasos sincronizadas con la administración de un agente de contraste (gadolinio). No se incluye todavía en este apartado la angiografía coronaria por CRM ya que no se considera disponible, en el momento actual, para su aplicación clínica.

Información. Estudio anatómico de la aorta o de la arteria pulmonar, así como de las venas pulmonares o sistémicas, y tras intervenciones con interposición de conductos, en cardiopatías congénitas¹³.

INDICACIONES CLÍNICAS DE LA CARDIORRESONANCIA MAGNÉTICA

Introducida en la práctica clínica, en nuestro país, hace una década¹⁴, la CRM se puede considerar hoy día como un instrumento diagnóstico contrastado para su aplicación en pacientes con cardiopatía; en casos determinados es la técnica de elección¹⁵. Las indicaciones clínicas han sido recientemente refrendadas por consenso internacional en documentos oficiales emitidos por grupos de expertos¹⁶.

Sobre la base de estos documentos, en la tabla 1 se relacionan las situaciones clínicas en que debe considerarse la indicación de un estudio de CRM. A efectos prácticos, se enumeran en ella tan sólo las denominadas indicaciones de clase I, aquellas en que la CRM proporciona información clínicamente relevante y apropiada, y en las que puede utilizarse como técnica de imagen de primera línea, todo ello apoyado por una extensa evidencia en la literatura médica disponible, y las de clase II, aquellas en que proporciona información clínicamente relevante y frecuentemente útil; si bien otras técnicas pueden también aportar información similar, su evidencia en la literatura médica disponible es relativamente limitada.

RECURSOS REQUERIDOS POR LAS DISTINTAS INDICACIONES DE CARDIORRESONANCIA MAGNÉTICA

Cada uno de los grupos de indicaciones de CRM descritos requiere de la aplicación de una o varias de las modalidades disponibles de la técnica. Ello configura

TABLA 1. Indicaciones de estudio de CRM

<i>Cardiopatías congénitas</i>	
Determinación de cortocircuitos (relación Qp/Qs)	I
Estudio de volúmenes y función ventricular derecha	I
Cuantificación de la regurgitación valvular pulmonar	I
Anomalías del retorno venoso sistémico o pulmonar	I
Atresia o estenosis de la arteria pulmonar principal y ramas	I
Aneurisma o coartación aórtica	I
Origen anómalo de las arterias coronarias	I
Cardiopatías congénitas complejas	I
Seguimiento de fistulas o cortocircuitos quirúrgicos	I
<i>Enfermedades adquiridas de los grandes vasos</i>	
Diagnóstico y seguimiento del aneurisma de aorta torácica	I
Diagnóstico y seguimiento de la disección aórtica	I
Diagnóstico y seguimiento de hematoma y úlcera aórticos	I
Estudio de la anatomía y el flujo de la arteria pulmonar	I
Estudio de la anatomía de las venas pulmonares	I
<i>Enfermedad arterial coronaria</i>	
Estudio de volúmenes, masa y función ventricular izquierda	I
Estudio de función global y regional bajo estrés (dobutamina)	II
Estudio de perfusión miocárdica bajo vasodilatación (adenosina/dipiridamol)	II
Detección y cuantificación de infarto de miocardio	I
Detección de viabilidad miocárdica	I
Detección de trombosis intraventricular	II
<i>Enfermedades del pericardio, miocardio, masas y tumores</i>	
Pericarditis constrictiva	II
Estudio de la miocardiopatía hipertrófica apical	I
Estudio de la miocardiopatía hipertrófica no apical	I
Diagnóstico diferencial entre miocardiopatía dilatada/isquémica	II
Miocardio no compactado	II
Miocardiopatía restrictiva	II
Displasia arritmogénica ventricular derecha	I
Detección y caracterización de masas y tumores cardiacos	I
<i>Enfermedades valvulares</i>	
Estudio de volúmenes, masa y función ventricular derecha/izquierda	I
Cuantificación de regurgitaciones valvulares	I

el grado de complejidad de estas indicaciones, lo cual tiene implicaciones en los recursos de que debe disponer el equipo, en el nivel requerido de formación del personal a cargo de la técnica y, en última instancia, en el tiempo que se debe invertir en la realización de la ex-

ploración y en su interpretación posterior¹⁷. El distinto grado de complejidad de las exploraciones condiciona uno de los rasgos distintivos de la CRM con respecto a otras exploraciones de resonancia magnética¹⁸, como es que exige planificar la estrategia de las exploraciones en función de la afección que se estudia, y aun de las características clínicas de cada paciente¹⁹, por lo que su práctica requiere, además del concurso del técnico en radiología, de la presencia y supervisión continuada de un facultativo experimentado en estudios cardiológicos, sea cardiólogo o radiólogo. La tabla 2 detalla el grado de complejidad de los grupos de indicaciones de la CRM.

EPÍLOGO

Los integrantes de este Comité desean hacer patente su convicción de que la CRM es una técnica de utilidad contrastada para el diagnóstico cardiovascular, por lo cual debe integrarse como un recurso regular en las secciones o unidades de imagen cardiaca, formando parte del currículo docente para cardiólogos en formación. Todo ello requiere un adecuado conocimiento de sus características, a lo cual creemos que puede contribuir el presente documento.

APÉNDICE. Comité de expertos

Coordinadores: Guillem Pons Lladó y Francesc Carreras, Unidad de Imagen Cardiaca, Servicio de Cardiología, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Barcelona.

Integrantes: Jesús Jiménez Borreguero, Servicio de Cardiología, Hospital Universitario de la Princesa, Madrid; Miguel Ángel García Fernández, Sección de Cardiología no Invasiva, Laboratorio de Ecocardiografía, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid; Eva Laradogoi-tia, Servicio de Cardiología, Hospital de Galdakao, Vizcaya; María Pilar López Lereu, Unidad de Resonancia Magnética (ERESA), Hospital Clínico Universitario, Valencia; José Luis Moya, Instituto de Enfermedades del Corazón, Hospital Ramón y Cajal, Madrid; Sandra Pujadas, Unidad de Imagen Cardiaca, Servicio de Cardiología, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Barcelona; José Luis Zamorano, Instituto de Cardiología, Hospital Clínico San Carlos, Madrid.

TABLA 2. Grado de complejidad de los estudios de CRM en las diferentes indicaciones clínicas

	Morfología/función	Isquemia/perfusión	Necrosis/viabilidad	Tisular	Flujos	Angio
Cardiopatías congénitas	•				•	•
Afección adquirida de grandes vasos	•					•
Cardiopatía isquémica (estudio función/viabilidad)	•		•			
Cardiopatía isquémica (estudio estrés/perfusión)	•	•	•			
Enfermedades del pericardio	•					
Enfermedades del miocardio	•			•		
Masas y tumores	•			•		
Cardiopatía valvular	•				•	

BIBLIOGRAFÍA

1. 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 Magn Reson.* 1999;1:7-21.
2. Wahl A, Paetsch I, Gollersch A, Roethemeyer S, Foell D, Gebker R, et al. Safety and feasibility of high-dose dobutamine-atropine stress cardiovascular magnetic resonance for diagnosis of myocardial ischaemia: experience in 1000 consecutive cases. *Eur Heart J.* 2004;25:1230-6.
3. Giang TH, Nanz D, Coulden R, Friedrich M, Graves M, Al-Saadi N, et al. Detection of coronary artery disease by magnetic resonance myocardial perfusion imaging with various contrast medium doses: first European multi-centre experience. *Eur Heart J.* 2004;25:1657-65.
4. Paetsch I, Jahnke C, Wahl A, Gebker R, Neuss M, Fleck E, et al. Comparison of dobutamine stress magnetic resonance, adenosine stress magnetic resonance, and adenosine stress magnetic resonance perfusion. *Circulation.* 2004;110:835-42.
5. Fieno DS, Hillenbrand HB, Rehwald WG, Harris KR, Decker RS, Parker MA, et al. Infarct resorption, compensatory hypertrophy, and differing patterns of ventricular remodeling following myocardial infarctions of varying size. *J Am Coll Cardiol.* 2004;43:2124-31.
6. Thomson LE, Kim RJ, Judd RM. Magnetic resonance imaging for the assessment of myocardial viability. *J Magn Reson Imaging.* 2004;19:771-88.
7. Castillo E, Tandri H, Rodriguez ER, Nasir K, Rutberg J, Calkins H, et al. Arrhythmogenic right ventricular dysplasia: ex vivo and in vivo fat detection with black-blood MR imaging. *Radiology.* 2004;232:38-48.
8. Hoffmann U, Globits S, Schima W, Loewe C, Puig S, Oberhuber G, et al. Usefulness of magnetic resonance imaging of cardiac and paracardiac masses. *Am J Cardiol.* 2003;92:890-5.
9. Hunold P, Schlosser T, Vogt FM, Eggebrecht H, Schmermund A, Bruder O, et al. Myocardial late enhancement in contrast-enhanced cardiac MRI: distinction between infarction scar and non-infarction-related disease. *AJR.* 2005;184:1420-6.
10. Mohiaddin RH, Burman ED, Prasad SK, Varghese A, Tan RS, Collins SA, et al. Glagov remodeling of the atherosclerotic aorta demonstrated by cardiovascular magnetic resonance: the CORDA asymptomatic subject plaque assessment research (CASPAR) project. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2004;6:517-25.
11. Cai JM, Hatsukami TS, Ferguson MS, Small R, Polissar NL, Yuan C. Classification of human carotid atherosclerotic lesions with in vivo multicontrast magnetic resonance imaging. *Circulation.* 2002;106:1368-73.
12. Beerbaum P, Korperich H, Gieseke J, Barth P, Peuster M, Meyer H. Blood flow quantification in adults by phase-contrast MRI combined with SENSE—a validation study. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2005;7:361-9.
13. Vogt FM, Goyen M, Debatin JF. MR angiography of the chest. *Radiol Clin North Am.* 2003;41:29-41.
14. Pons Lladó G, Carreras F, Gumá JR, Borrás X, Subirana MT, Llauger J, et al. Aplicaciones de la resonancia magnética en cardiología: experiencia inicial en 100 casos. *Rev Esp Cardiol.* 1994;47 Supl 4:156-65.
15. Pons Lladó G, Carreras Costa F, Castro Beiras A, Ferreirós Domínguez J, Íñiguez Romo A, Jiménez Borreguero LJ, et al. Guías de Práctica Clínica de la Sociedad Española de Cardiología en Resonancia Magnética. *Rev Esp Cardiol.* 2000;53:542-59.
16. Pennell DJ, Sechtem UP, Higgins CB, Manning WJ, Pohost GM, Rademakers FE, et al. Clinical indications for cardiovascular magnetic resonance (CMR): Consensus Panel Report. *Eur Heart J.* 2004;25:1940-65.
17. Weinreb JC, Larson PA, Woodward PK, Stanford W, Rubin GD, Stillman AE, et al. ACR clinical statement on noninvasive cardiac imaging. *J Am Coll Radiol.* 2005;2:471-7.
18. Capelastegui A, Villanúa J. Índice de complejidad en resonancia magnética: estudio basado en una escala de unidades relativas. *Radiología.* 2003;45:167-72.
19. Pons-Lladó G, Carreras F, editors. Atlas of Practical Applications of Cardiovascular Magnetic Resonance. New York: Springer; 2005.