

## Editorial

Secuencias de resonancia magnética cardiaca en T<sub>2</sub> para delimitar el miocardio isquémico en riesgo: ¿realidad o ficción?T<sub>2</sub>-weighted Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging to Delineate Ischemic Myocardium at Risk: Fact or Fiction?

Thomas Stiermaier, Holger Thiele e Ingo Eitel\*

University Heart Center of Lübeck, Medical Clinic II, Department of Cardiology, Angiology, Intensive Care Medicine, Lübeck, Germany and German Center for Cardiovascular Research (DZHK), partner site Hamburg/Kiel/Lübeck, Lübeck, Alemania

Historia del artículo:

On-line el 21 de febrero de 2017

«La ficción es la mentira a través de la cual contamos la verdad»  
Albert Camus

Uno de los principios fundamentales que subyacen a la revascularización urgente del vaso coronario culpable en los pacientes con infarto agudo de miocardio (IAM) es el rescate del miocardio isquémico pero todavía viable y, por lo tanto, la reducción del tamaño final del infarto y la mejora de la supervivencia<sup>1</sup>. La resonancia magnética cardiovascular (RMC) permite cuantificar el miocardio salvado al comparar el edema en las secuencias con ponderación T<sub>2</sub> (miocardio en riesgo [MER]) con el miocardio infartado en las imágenes con ponderación T<sub>1</sub> y contraste tardío de gadolinio<sup>2</sup>. En consecuencia, los parámetros de RMC de la lesión miocárdica se utilizan ampliamente como medida de la eficacia de la reperfusión y como marcadores pronósticos tras el IAM, ya sea en la práctica clínica habitual o como objetivo de valoración indirecto en ensayos clínicos<sup>3,4</sup>. Sin embargo, la delimitación exacta del MER es crucial para poder estimar correctamente el miocardio salvado. Entre los expertos en RMC hay un intenso debate respecto a si las regiones con una intensidad de señal T<sub>2</sub> elevada en las imágenes de RMC se corresponden con el MER real o no<sup>5,6</sup>. Algunos autores ponen en duda la validación histopatológica de las imágenes de edema en T<sub>2</sub> para la evaluación del MER<sup>7</sup>, mientras que otros critican la escasa solidez diagnóstica a las secuencias de recuperación de inversión de tau corta (STIR) con ponderación T<sub>2</sub> estándares<sup>8</sup>. Recientemente, otros autores han descrito un patrón del edema miocárdico a lo largo del tiempo en modelos animales, con importantes consecuencias para la elección del momento óptimo para realizar la evaluación del MER con la RMC después de una reperfusión satisfactoria<sup>9,10</sup>.

En el artículo publicado en REVISTA ESPAÑOLA DE CARDIOLOGÍA, Fernández-Friera et al.<sup>11</sup> presentan nueva evidencia respecto a la

exactitud de las imágenes de STIR con ponderación T<sub>2</sub> para la cuantificación del MER según el territorio del IAM. Los autores utilizaron un modelo experimental con una oclusión con balón durante 40 min en las arterias coronarias descendente anterior izquierda y circunfleja izquierda, en 4 cerdos cada una de las arterias coronarias, y aplicaron 3 métodos diferentes de evaluación del MER: a) RMC de perfusión durante la inyección intracoronaria selectiva de gadolinio en la zona de la oclusión coronaria posterior, antes de la inducción del infarto; b) RMC de STIR con ponderación en T<sub>2</sub>, de sangre negra, 7 días después de la oclusión/reperfusión, y c) tinción con azul de Evans con estudio diagnóstico histopatológico *post mórtem*. Los resultados pusieron de manifiesto una buena concordancia entre las imágenes de RMC de perfusión y la histopatología. Además, las secuencias de STIR con ponderación en T<sub>2</sub> mostraron una intensa correlación tanto con las imágenes de RMC de perfusión como con la histopatología en los territorios de la arteria coronaria descendente anterior izquierda y la arteria coronaria derecha. Sin embargo, la correlación fue mala en el territorio de la arteria circunfleja izquierda.

Las limitaciones del estudio se deben al tamaño muestral más bien bajo (n = 12) y a la falta de datos respecto al tamaño final del infarto. Esto último es necesario para descartar un infarto transmural de todo el MER y para rechazar de manera definitiva la hipótesis de que la hiperintensidad en T<sub>2</sub> refleja un miocardio infartado<sup>7</sup>. Sin embargo, el infarto transmural parece improbable, ya que la oclusión con el balón se mantuvo durante tan solo 40 min.

Debe felicitar a los autores por su trabajo, que resalta 2 aspectos principales de este importante campo de investigación: la RMC de perfusión con inyección intracoronaria de gadolinio permite una evaluación exacta *in vivo* del MER en los estudios experimentales, y lo que es más importante, las imágenes de STIR con ponderación en T<sub>2</sub> delimitan de manera fiable el MER en el IAM de cara anterior o inferior. Estos resultados respaldan el concepto de determinar el MER mediante RMC identificando la región de edema y son coherentes con lo observado en estudios experimentales previos<sup>12</sup>. Sin embargo, será preciso analizar con mayor detalle los resultados negativos en el territorio de la arteria circunfleja izquierda, ya que esta técnica teóricamente debería ser aplicable a todos los territorios coronarios. El tamaño muestral

## VÉASE CONTENIDO RELACIONADO:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.recesp.2016.07.005>. Rev Esp Cardiol. 2017;70:323-330.

\* Autor para correspondencia: University Heart Center of Lübeck, Medical Clinic II, Department of Cardiology, Angiology, Intensive Care Medicine, University Hospital Schleswig-Holstein, Ratzeburger Allee 160, 23538 Lübeck, Alemania.

Correo electrónico: [ingo.eitel@uksh.de](mailto:ingo.eitel@uksh.de) (I. Eitel).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.recesp.2016.09.054>

0300-8932/© 2016 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

pequeño, de solo 4 cerdos en los que se aplicó la oclusión de la circunfleja izquierda, y las limitaciones inherentes al estudio podrían haber contribuido a obtener estos resultados. Otra explicación podría ser la pérdida de señal debida al movimiento cardíaco, que es un inconveniente conocido de las imágenes de RMC con ponderación en  $T_2$  y es especialmente apreciable en las paredes inferior y lateral<sup>13,14</sup>. En consonancia con ello, el cambio más pronunciado de la intensidad de señal entre el miocardio edematoso y el remoto en el estudio de Fernández-Friera et al.<sup>11</sup> fue el del territorio de la arteria descendente anterior izquierda, y fue significativamente inferior en los animales en los que se ocluyó la arteria coronaria derecha y, sobre todo, la arteria coronaria circunfleja izquierda.

Las limitaciones de la técnica de STIR se han comentado repetidas veces y algunos autores cuestionan incluso la fiabilidad de las imágenes de edema en la RMC. Los valores bajos de la relación señal-ruido y las diferencias pequeñas de las relaciones de contraste-ruido entre el miocardio dañado y el remoto pueden impedir la adquisición de imágenes de alta calidad en algunos individuos<sup>12</sup>. También hay factores relacionados con el paciente, como las taquiarritmias o la incapacidad de aguantar prolongadamente la respiración, que repercuten en la calidad de las imágenes. Además, la interpretación de las imágenes puede verse dificultada por una supresión insuficiente de la señal de la sangre que cause un reborde brillante en el límite endocárdico («artefacto de flujo lento»), así como por una falta de parámetros de secuencia y valores umbral estandarizados para el tejido normal en comparación con el anormal. Un grosor suficiente del corte (al menos 8–10 mm) y los avances técnicos (p. ej., corrección de la intensidad de la espiral de superficie o uso de espirales corporales) ayudan a superar algunos de estos inconvenientes de las imágenes de STIR con ponderación en  $T_2$ <sup>13</sup>. Sin embargo, se está intentando aplicar otras secuencias alternativas más robustas para la visualización del edema en la RMC. Las imágenes de precesión libres de la fase de equilibrio estable y con contraste parecen alcanzar una calidad diagnóstica superior a la de las secuencias en  $T_2$ <sup>8</sup>. Además, los mapas en  $T_1$  y  $T_2$  parecen técnicas muy prometedoras para detectar directamente el edema del miocardio sin necesidad de utilizar regiones de interés de referencia<sup>15,16</sup>.

La evaluación del edema miocárdico a lo largo del tiempo después de un IAM podría constituir otro factor determinante de la validez de la cuantificación del MER mediante la RMC. Contrariamente a la presunción de que la reacción edematosa se mantiene estable de varios días a semanas, estudios experimentales recientemente publicados indican un patrón bimodal, con oleadas de edema tempranas y tardías<sup>9,10</sup>. Estos datos plantean dudas acerca del momento óptimo para obtener imágenes de identificación del edema y cuestionan los resultados de los estudios clínicos previos, en los que se asumió la existencia de una reacción estable y se determinó el MER en momentos diversos tras el IAM. Sin embargo, los datos sobre humanos actualmente disponibles no respaldan una evolución dinámica de la extensión del edema miocárdico durante la primera semana tras el IAM<sup>8,17,18</sup>. Es importante señalar que al parecer la duración de la reacción edematosa tras el IAM varía en diferentes especies de mamíferos, incluido el ser humano<sup>13</sup>. Además, los modelos experimentales en animales no tienen en cuenta el flujo sanguíneo residual mínimo, la evolución cambiante, la circulación colateral o el preconditionamiento isquémico, todos ellos factores importantes en el IAM humano. Así pues, la validación de los datos experimentales en los estudios realizados en humanos es crucial.

En resumen, el estudio de Fernández-Friera et al. subraya la determinación precisa del MER con las imágenes de STIR con ponderación en  $T_2$  para el IAM de cara anterior e inferior y respalda en gran parte el atractivo concepto de la visualización del edema en la RMC para delimitar el MER. La futura investigación deberá tener como objetivo elaborar modelos explicativos y soluciones para la mala correlación observada en el territorio de la circunfleja izquierda y deberá validar los datos experimentales recientemente obtenidos respecto al edema del miocardio tras el IAM en los estudios realizados en humanos. Las nuevas secuencias de RMC aportan un enfoque prometedor para la mejora de la visualización del edema y deberán aplicarse en la práctica clínica y en la investigación para permitir una caracterización detallada de la lesión miocárdica reversible e irreversible tras la reperfusión.

## CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Stone GW, Selker HP, Thiele H, et al. Relationship between infarct size and outcomes following primary PCI: Patient-level analysis from 10 randomized trials. *J Am Coll Cardiol*. 2016;67:1674–1683.
2. Valbuena-López S, Hinojar R, Puntmann VO. Cardiovascular magnetic resonance in cardiology practice: A concise guide to image acquisition and clinical interpretation. *Rev Esp Cardiol*. 2016;69:202–210.
3. Eitel I, de Waha S, Wöhrle J, et al. Comprehensive prognosis assessment by CMR imaging after ST-segment elevation myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*. 2014;64:1217–1226.
4. Eitel I, Desch S, Fuernau G, et al. Prognostic significance and determinants of myocardial salvage assessed by cardiovascular magnetic resonance in acute reperfused myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55:2470–2479.
5. Friedrich MG, Kim HW, Kim RJ.  $T_2$ -weighted imaging to assess post-infarct myocardium at risk. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2011;4:1014–1021.
6. Wince WB, Kim RJ. Molecular imaging:  $T_2$ -weighted CMR of the area at risk—a risky business? *Nat Rev Cardiol*. 2010;7:547–549.
7. Kim HW, Van Assche L, Jennings RB, et al. Relationship of  $T_2$ -weighted MRI myocardial hyperintensity and the ischemic area-at-risk. *Circ Res*. 2015;117:254–265.
8. Nordlund D, Klug G, Heiberg E, et al. Multi-vendor, multicentre comparison of contrast-enhanced SSFP and  $T_2$ -STIR CMR for determining myocardium at risk in ST-elevation myocardial infarction. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2016;17:744–753.
9. Fernández-Jiménez R, Sánchez-González J, Agüero J, et al. Myocardial edema after ischemia/reperfusion is not stable and follows a bimodal pattern: Imaging and histological tissue characterization. *J Am Coll Cardiol*. 2015;65:315–323.
10. Fernández-Jiménez R, García-Prieto J, Sánchez-González J, et al. Pathophysiology underlying the bimodal edema phenomenon after myocardial ischemia/reperfusion. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66:816–828.
11. Fernández-Friera L, García-Ruiz JM, García-Álvarez A, et al. Accuracy of area at risk quantification by cardiac magnetic resonance according to the myocardial infarction territory. *Rev Esp Cardiol*. 2017;70:323–330.
12. Aletras AH, Tilak GS, Natanzon A, et al. Retrospective determination of the area at risk for reperfused acute myocardial infarction with  $T_2$ -weighted cardiac magnetic resonance imaging: Histopathological and displacement encoding with stimulated echoes (DENSE) functional validations. *Circulation*. 2006;113:1865–1870.
13. Eitel I, Friedrich MG.  $T_2$ -weighted cardiovascular magnetic resonance in acute cardiac disease. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2011;13:13.
14. Giri S, Chung YC, Merchant A, et al.  $T_2$  quantification for improved detection of myocardial edema. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2009;11:56.
15. Ferreira VM, Piechnik SK, Dall'Armellina E, et al. Non-contrast  $T_1$ -mapping detects acute myocardial edema with high diagnostic accuracy: A comparison to  $T_2$ -weighted cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2012;14:42.
16. Verhaert D, Thavendiranathan P, Giri S, et al. Direct  $T_2$  quantification of myocardial edema in acute ischemic injury. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2011;4:269–278.
17. Dall'Armellina E, Karia N, Lindsay AC, et al. Dynamic changes of edema and late gadolinium enhancement after acute myocardial infarction and their relationship to functional recovery and salvage index. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2011;4:228–236.
18. Berry C, Kellman P, Mancini C, et al. Magnetic resonance imaging delineates the ischemic area at risk and myocardial salvage in patients with acute myocardial infarction. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2010;3:527–535.