

Imagem Não Invasiva Contemporânea na Síndrome Coronariana Crônica: O que a Ressonância Magnética Cardiovascular de Estresse Tem a Oferecer

Contemporary Non-Invasive Imaging in Chronic Coronary Syndrome: What Stress Cardiovascular Magnetic Resonance has to Offer

Isabella Leo,^{1,2} Laura Torres Araujo,¹ Chiara Bucciarelli-Ducci^{1,3}

Royal Brompton and Harefield Hospitals, Guys' and St Thomas' NHS Trust,¹ Londres – Reino Unido

Department of Medical and Surgical Sciences, Magna Graecia University,² Catanzaro – Itália

School of Biomedical Engineering and Imaging Sciences, Faculty of Life Sciences and Medicine, King's College University,³ Londres – Reino Unido

A imagem cardíaca não invasiva possui um papel diagnóstico e prognóstico estabelecido em pacientes com doença cardíaca isquêmica suspeita ou conhecida, e a tecnologia de imagem evoluiu tem evoluído significativamente ao longo dos anos. A ressonância magnética cardiovascular (RMC) surgiu como uma modalidade robusta de imagem diagnóstica e prognóstica e atualmente representa uma alternativa válida a outras técnicas existentes e bem validadas, mas também surgiu como uma possível estratégia de primeira linha.

As principais diretrizes de prática clínica têm cada vez mais incorporado a RMC de estresse como um teste clínico indicado para pacientes com dor torácica. A RMC de estresse recebeu recomendação de classe I pela primeira vez nas diretrizes da Sociedade Europeia de Cardiologia (ESC) de 2014 para revascularização, seguidas pelas diretrizes da ESC de 2017 no diagnóstico e tratamento do infarto do miocárdio com elevação do segmento ST, que tem recomendado a RMC como um teste alternativo para a função ventricular esquerda quando a ecocardiografia é subótima, mas também para a avaliação da viabilidade miocárdica e isquemia.¹ As diretrizes da American Heart Association (AHA)/American College of Cardiology (ACC) recentemente publicadas em 2021 também indicam a RMC de estresse com recomendação de classe I para pacientes com dor torácica aguda e crônica e risco intermediário de doença arterial coronariana (DAC) (Tabela 1).²

Embora a RMC seja o teste padrão-ouro para o cálculo dos volumes ventriculares esquerdo e direito, ela é única em comparação com outras modalidades de imagem devido à sua capacidade de caracterizar o tecido miocárdico de

forma não invasiva. Usando sequências ponderadas em T2, a RMC pode visualizar edema miocárdico, enquanto o uso de sequências ponderadas em T1 com agentes de contraste à base de gadolínio permitem delinear a presença e a extensão de cicatriz ou fibrose miocárdica, determinando assim a viabilidade miocárdica. Finalmente, sua alta resolução espacial em perfusão de estresse (~ 2 mm, em comparação com ~ 10 mm de tomografia computadorizada por emissão de fóton único [SPECT] e ~ 4 mm de tomografia por emissão de pósitrons), fornece alta precisão diagnóstica para a detecção de isquemia miocárdica (defeitos de perfusão induzíveis).

Um protocolo multiparamétrico de RMC que inclui edema, viabilidade e isquemia do miocárdio visa identificar a causa da dor torácica tanto no quadro agudo quanto no crônico. Cenários clínicos incluem identificar o território isquêmico, se houver, em pacientes com DAC conhecida ou suspeita, identificar o vaso culpado (território edematoso) em pacientes com síndrome coronariana aguda e doença de múltiplos vasos com lesão culpada incerta e avaliar a extensão da viabilidade e hibernação miocárdica para orientar a revascularização. No quadro agudo, a presença de edema pode orientar o manejo clínico como a identificação de infarto recente e antigo ou determinar o diagnóstico diferencial em pacientes com suspeita de infarto do miocárdio com artérias coronárias não obstrutivas (MINOCA, sigla em inglês), seja miocardite aguda, cardiomiopatia de takotsubo ou infarto do miocárdio pequeno. Todos esses diferenciais podem ser alcançados com base nos diferentes padrões de edema e fibrose miocárdica que diferem em cada condição.

Por fim, as sequências iniciais abrangendo todo o mediastino e a porção superior do abdome são úteis na detecção de algumas das causas extracardíacas mais comuns de dor torácica atípica, como derrame pleural e hérnia de hiato.

O protocolo de perfusão da RMC de estresse é simples, com algumas semelhanças com o protocolo SPECT. O estressor usado é principalmente um vasodilatador, seja adenosina a uma taxa de infusão de 140 mcg/kg/min por 2 a 4 minutos (titulado para 210 mg/kg/min para maximizar a resposta) ou regadenoson com uma injeção única de 0,4 mg.³ Na vasodilatação máxima, o agente de contraste é injetado e as imagens de perfusão de primeira passagem são adquiridas (normalmente 3 imagens de eixo curto: base, meio, apical), que são posteriormente repetidas em repouso

Palavras-chave

Imagem Cardiovascular; Ressonância Magnética Cardiovascular; Imagem de Estresse; Síndrome Coronariana Crônica

Correspondência: Chiara Bucciarelli-Ducci •

Royal Brompton and Harefield Hospitals, Guys' and St Thomas' NHS Foundation Trust

Email: c.bucciarelli-ducci@rbht.nhs.uk

Artigo recebido em 2/1/2023; revisado em 6/1/2023; aceito em 9/1/2023.

Editor responsável pela revisão: Daniela do Carmo Rassi Frota

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20230004>

Tabela 1 – Papel da ressonância magnética cardíaca de acordo com as diretrizes atuais europeias e estadunidenses

	Cenários clínicos	Período de garantia	Marcadores de alto risco	Benefícios adicionais
Diretrizes da ESC	Doença cardíaca isquêmica crônica, incluindo: pacientes com exame ecocardiográfico inconclusivo. Em adultos assintomáticos de alto risco. Comprovar isquemia miocárdica antes da revascularização.	1 ano	2 ou mais de 16 segmentos com defeitos de perfusão de estresse ou ≥ 3 segmentos disfuncionais induzidos por dobutamina.	Útil para estabelecer outras etiologias (miocardite etc.)
Diretrizes de dor torácica da ACC-AHA	Dor torácica aguda e crônica: Pacientes de risco intermediário com dor torácica aguda e sem DAC conhecida que são elegíveis para testes cardíacos. Cicatriz suspeita. Suspeita de MVD. Dor torácica aguda mais risco intermediário com DAC conhecida. Pacientes com exame ecocardiográfico inconclusivo (2a). Crônica: Em pacientes de risco intermediário a alto com dor torácica estável e sem DAC conhecida, é eficaz para o diagnóstico de isquemia miocárdica e para estimar o risco de eventos cardíacos adversos graves (1b). Pacientes com DAC obstrutiva que apresentam dor torácica estável apesar do tratamento médico ideal (1b). Pacientes com DAC extensa não obstrutiva conhecida com sintomas de dor torácica estáveis (2a). Pacientes com dor torácica estável persistente e DAC não obstrutiva, com adição de medição da MBFR (2a).	1 ano		Útil para estabelecer outras etiologias (miocardite etc.) Maior precisão diagnóstica para RMC em comparação com outros métodos não invasivos. A RMC seguida de ACI seletiva apresentou custos projetados reduzidos em $\square$ 25% quando comparada com o encaminhamento direto para ACI.

ACI: angiografia coronária invasiva; AHA/ACC: American Heart Association/American College of Cardiology; DAC: doença arterial coronariana; ESC: Sociedade Europeia de Cardiologia; MBFR: reserva de fluxo sanguíneo miocárdico; RMC: ressonância magnética cardíaca; MVD: disfunção microvascular.

para comparação. As contraindicações são limitadas e incluem bloqueio atrioventricular de segundo grau avançado, pressão arterial sistólica < 90 mmHg ou $> 220/120$ mmHg, bradicardia sinusal grave (< 40 bpm), broncoespasmo ativo ou hipersensibilidade conhecida. A dobutamina é utilizada em casos selecionados, como pacientes com asma grave ou aqueles com anomalias coronarianas e pontes miocárdicas, seguindo um protocolo semelhante ao ecocardiográfico com doses incrementais até, no máximo, $40 \mu\text{g/kg/min}$. O defeito de perfusão miocárdica induzível, substituto da isquemia miocárdica induzível, pode ser avaliado qualitativamente (de forma visual) como áreas hipointensas “mais escuras” (hipoperfusão) (Figura 1). Uma avaliação semiquantitativa

pode complementar a avaliação visual. Desenvolvimentos técnicos recentes incluem um método de correção de movimento respiratório com mapeamento de perfusão em linha automatizada que fornece uma avaliação quantitativa do fluxo sanguíneo miocárdico (MBF, sigla em inglês) e da reserva de perfusão miocárdica (MPR, sigla em inglês) em nível segmentar ou global. Este novo método foi validado contra a angiografia invasiva e demonstrou excelente desempenho diagnóstico e reprodutibilidade.⁴

Existe uma riqueza de literatura com ensaios clínicos randomizados que sustentam o uso clínico da RMC em pacientes com doença cardíaca isquêmica e a sua inclusão em todas as principais diretrizes de prática clínica.

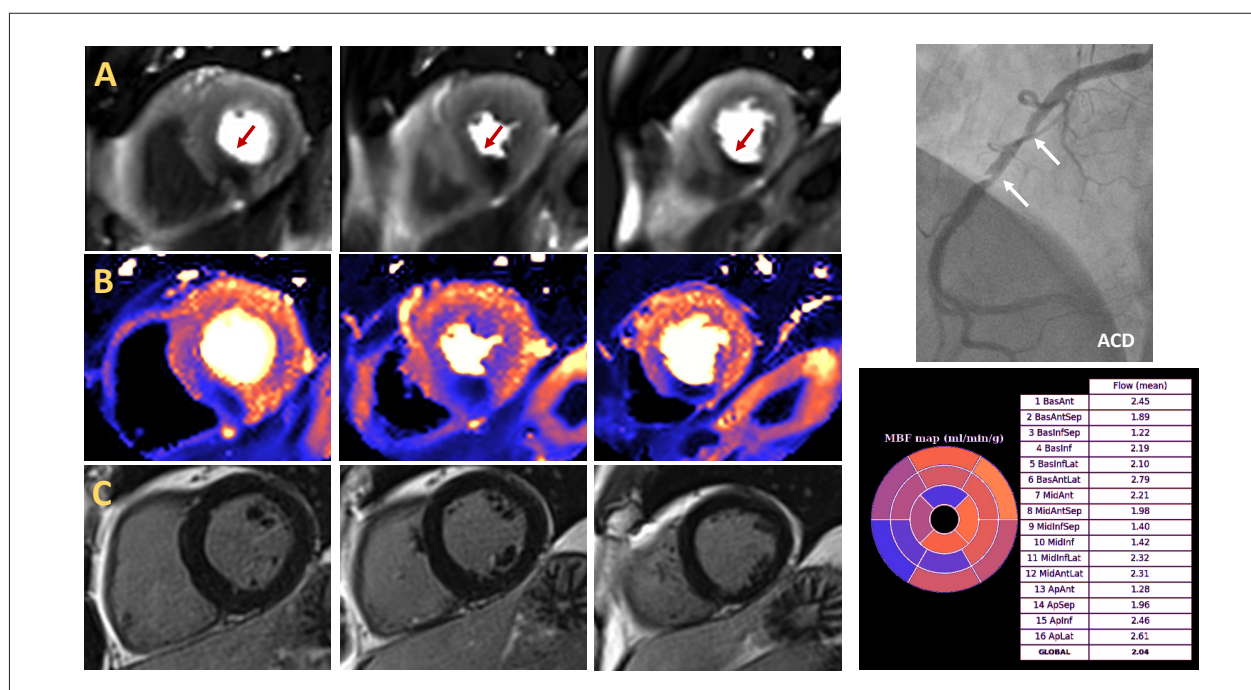


Figura 1 – Ressonância magnética cardíaca em um paciente com angina. As imagens de perfusão de primeira passagem de estresse mostraram defeito de perfusão miocárdica induzível significativo durante a infusão de adenosina no território da ACD (painel A, setas vermelhas). O defeito de perfusão foi confirmado por mapeamento de perfusão em linha automatizado (painel B, áreas azuis) e quantificado como MBF de estresse segmentar (mapa MBF; canto inferior direito). As imagens de realce tardio com gadolínio não mostraram infarto do miocárdio ou cicatriz, com todos os segmentos totalmente viáveis (painel C). O paciente foi, portanto, encaminhado para angiografia coronária que demonstrou estenose significativa na ACD. ACD: artéria coronária direita.

O estudo Magnetic Resonance Imaging for Myocardial Perfusion Assessment in Coronary artery disease-2 (MR-IMPACT-2) demonstrou maior sensibilidade da RMC de estresse em comparação com SPECT na detecção de DAC.⁵ O ensaio Clinical Evaluation of Magnetic Resonance Imaging in Coronary Heart Disease (CE-MARC) foi uma comparação direta de RMC de estresse e SPECT em pacientes com DAC conhecida ou suspeita, usando angiografia invasiva como padrão-ouro. Nele, foi demonstrado que a RMC de estresse aumentou a precisão diagnóstica em comparação com a SPECT, tanto na doença de um vaso quanto na doença de múltiplos vasos, tanto em homens quanto em mulheres.⁶ Além disso, o ensaio CE-MARC 2 demonstrou que o uso de um teste funcional (SPECT ou RMC) reduziu significativamente a probabilidade de angiografia coronária desnecessária em pacientes com DAC conhecida ou suspeita (28% versus 7,5% e 7,1% ao usar RMC de estresse ou SPECT, respectivamente como gatekeeper para angiografia invasiva).⁷ Mais recentemente, o ensaio MR Perfusion Imaging to Guide Management of Patients With Stable Coronary Artery Disease (MR-INFORM) randomizou 918 pacientes com DAC conhecida ou suspeita para avaliação por RMC de estresse ou reserva de fluxo fracionado invasivo, obtendo resultados clínicos semelhantes nos dois grupos, porém com taxa de revascularização coronariana reduzida associado ao uso da RMC.⁸ Em termos de prognóstico, os dados provenientes do estudo Stress CMR Perfusion Imaging in the United States (SPINS) também

comprovaram que pacientes com RMC de estresse negativa ou realce tardio com gadolínio negativo apresentaram taxas anuais muito baixas de morte cardiovascular ou infarto do miocárdio não fatal (< 1 %) e revascularização coronária (1% a 3%) durante o seguimento de 5 anos.⁹ A abordagem não invasiva baseada em RMC também provou ter bom custo-benefício para os sistemas de saúde, conforme demonstrado por economia consistente.¹⁰

É importante ressaltar que aproximadamente metade dos pacientes com angina não apresenta evidência de DAC obstrutiva e, se a imagem for adequada, há demonstração de disfunção microvascular (MVD, sigla em inglês).¹¹ Isso é mais prevalente em mulheres do que em homens e em pacientes com hipertensão e diabetes. A RMC de estresse quantitativo é cada vez mais utilizada em pacientes com isquemia com artérias coronárias não obstrutivas (INOCA, sigla em inglês), com excelente acurácia diagnóstica. Dados recentes publicados por Kotecha e colegas confirmaram a utilidade de MBF e MPR enquanto parâmetros não invasivos de RMC, com um papel potencial adicional na discriminação entre doença de três vasos e MVD, duas condições muitas vezes difíceis de distinguir sem um teste anatômico.⁴ Uma avaliação global de estresse com MBF < 1,82 ml/g/min foi de fato proposta como um ponto de corte para discriminar entre doença obstrutiva de três vasos e MVD (área sob a curva: 0,94; p < 0,001).⁴

As limitações da RMC incluem a disponibilidade relativamente limitada (embora todo scanner de ressonância

magnética tenha um pacote cardíaco, muitas vezes não utilizado), alto custo, acesso limitado aos serviços de ressonância magnética existentes e falta de especialistas treinados em RMC. Além disso, existem algumas restrições ao realizar RMC em pacientes com dispositivos não condicionais, e a qualidade geral das imagens adquiridas pode ser severa e imprevisivelmente reduzida na presença de implantes metálicos. Agentes de contraste à base de gadolínio são relativamente seguros. Apesar disso, deve-se ter cautela na presença de insuficiência renal grave devido ao risco potencial de fibrose sistêmica nefrogênica e durante a gravidez, quando uma avaliação cuidadosa do risco-benefício é obrigatória. No entanto, o papel da RMC evoluiu de uma ferramenta principalmente de pesquisa para uma ferramenta clínica multifuncional com vantagens inquestionáveis em comparação com outras modalidades. Esse papel reconhecido da RMC nas diretrizes de dor torácica da ESC e da AHA/ACC publicadas recentemente é uma prova de que essa técnica faz parte da cardiologia moderna e veio para ficar.

Contribuição dos Autores

Redação do manuscrito: Leo I, Araújo LT; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Bucciarelli-Ducci C.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este artigo não contém estudos com humanos ou animais realizados por nenhum dos autores.

Referências

1. Ibanez B, James S, Agewall S, Antunes MJ, Bucciarelli-Ducci C, Bueno H, et al. 2017 ESC Guidelines for the Management of Acute Myocardial Infarction in Patients Presenting with ST-Segment Elevation: The Task Force for the Management of Acute Myocardial Infarction in Patients Presenting with ST-Segment Elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2018;39(2):119-77. doi: 10.1093/eurheartj/ehx393.
2. Gulati M, Levy PD, Mukherjee D, Amsterdam E, Bhatt DL, Birtcher KK, et al. 2021 AHA/ACC/ASE/CHEST/SAEM/SCCT/SCMR Guideline for the Evaluation and Diagnosis of Chest Pain: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2021;78(22):e187-e285. doi: 10.1016/j.jacc.2021.07.053.
3. Kramer CM, Barkhausen J, Bucciarelli-Ducci C, Flamm SD, Kim RJ, Nagel E. Standardized Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging (CMR) Protocols: 2020 Update. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2020;22(1):17. doi: 10.1186/s12968-020-00607-1.
4. Kotecha T, Martinez-Naharro A, Boldrini M, Knight D, Hawkins P, Kalra S, et al. Automated Pixel-Wise Quantitative Myocardial Perfusion Mapping by CMR to Detect Obstructive Coronary Artery Disease and Coronary Microvascular Dysfunction: Validation Against Invasive Coronary Physiology. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2019;12(10):1958-69. doi: 10.1016/j.jcmg.2018.12.022.
5. Schwitler J, Wacker CM, Wilke N, Al-Saadi N, Sauer E, Huettler K, et al. MR-IMPACT II: Magnetic Resonance Imaging for Myocardial Perfusion Assessment in Coronary artery disease Trial: perfusion-cardiac magnetic resonance vs. single-photon emission computed tomography for the detection of coronary artery disease: a comparative multicentre, multivendor trial. *Eur Heart J*. 2013;34(10):775-81. doi: 10.1093/eurheartj/ehs022.
6. Greenwood JP, Maredia N, Younger JF, Brown JM, Nixon J, Everett CC. Cardiovascular Magnetic Resonance and Single-Photon Emission Computed Tomography for Diagnosis of Coronary Heart Disease (CE-MARC): A Prospective Trial. *Lancet*. 2012;379(9814):453-60. doi: 10.1016/S0140-6736(11)61335-4.
7. Greenwood JP, Ripley DP, Berry C, McCann GP, Plein S, Bucciarelli-Ducci C, et al. Effect of Care Guided by Cardiovascular Magnetic Resonance, Myocardial Perfusion Scintigraphy, or NICE Guidelines on Subsequent Unnecessary Angiography Rates: The CE-MARC 2 Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2016;316(10):1051-60. doi: 10.1001/jama.2016.12680.
8. Nagel E, Greenwood JP, McCann GP, Bettencourt N, Shah AM, Hussain ST, et al. Magnetic Resonance Perfusion or Fractional Flow Reserve in Coronary Disease. *N Engl J Med*. 2019;380(25):2418-28. doi: 10.1056/NEJMoa1716734.
9. Kwong RY, Ge Y, Steel K, Bingham S, Abdullah S, Fujikura K, et al. Cardiac Magnetic Resonance Stress Perfusion Imaging for Evaluation of Patients With Chest Pain. *J Am Coll Cardiol*. 2019;74(14):1741-55. doi: 10.1016/j.jacc.2019.07.074.
10. Moschetti K, Kwong RY, Petersen SE, Lombardi M, Garot J, Atar D, et al. Cost-Minimization Analysis for Cardiac Revascularization in 12 Health Care Systems Based on the EuroCMR/SPINS Registries. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2022;15(4):607-625. doi: 10.1016/j.jcmg.2021.11.008.
11. Mileva N, Nagumo S, Mizukami T, Sonck J, Berry C, Gallinoro E, et al. Prevalence of Coronary Microvascular Disease and Coronary Vasospasm in Patients With Nonobstructive Coronary Artery Disease: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Heart Assoc*. 2022;11(7):e023207. doi: 10.1161/JAHA.121.023207.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons