



# Ressonância Magnética vs Cintilografia com Pirofosfato Marcado com Tecnécio-99m para a Detecção de Necrose Miocárdica Perioperatória

*Magnetic Resonance vs Technetium-99m Pyrophosphate Scintigraphy in the Detection of Perioperative Myocardial Necrosis*

Guilherme Urpia Monte, Luciano Ferreira Drager, Fábio Solano de Freitas Souza, Luiz Francisco Rodrigues de Ávila, José Rodrigues Parga Filho, Luiz Antônio Machado César, Marisa Izaki, José Cláudio Meneghetti, Carlos Eduardo Rochitte, Roberto Kalil Filho

Instituto do Coração (InCor) – Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP - Brasil

## Resumo

**Fundamento:** O infarto do miocárdio perioperatório (IMPO) é uma complicação da cirurgia de revascularização miocárdica (CRM) com potencial impacto prognóstico. A cintilografia miocárdica (CM) com pirofosfato marcado com tecnécio-99m é utilizada no diagnóstico de IMPO, mas demonstra limitada sensibilidade para lesões subendocárdicas. A ressonância magnética cardiovascular (RMC), por sua vez, detém alta acurácia para a detecção de necrose miocárdica.

**Objetivo:** Comparar a RMC e a CM para a detecção de IMPO após CRM.

**Métodos:** Foram estudados 24 pacientes portadores de doença arterial coronária crônica, com a técnica de realce tardio pela RMC e com a CM, antes e depois da CRM, analisando-se o surgimento de áreas de necrose miocárdica perioperatória (IMPO). Mensuraram-se também marcadores bioquímicos de lesão miocárdica (CKMB e troponina I), antes e depois da cirurgia.

**Resultados:** Dezenove pacientes completaram o estudo. Desses, 6 (32%) apresentaram IMPO à RMC, e 4 (21%) à CM ( $p = NS$ ). Dos 323 segmentos do ventrículo esquerdo avaliados, 17 (5,3%) exibiram necrose perioperatória à RMC, e 7 (2,2%) à CM ( $p = 0,013$ ). Observou-se moderada concordância entre os métodos ( $kappa = 0,46$ ), havendo divergência, quanto ao diagnóstico de IMPO, em 4 (21%) casos, a maioria com pequenas áreas de necrose perioperatória à RMC, não visualizadas à CM. Em todos os casos com IMPO à RMC, houve elevação significativa de CKMB e troponina I.

**Conclusão:** Houve moderada concordância diagnóstica entre os métodos para a detecção de IMPO, mas a RMC permitiu a visualização de pequenas áreas de necrose miocárdica perioperatória, não identificadas pela CM e associadas à elevação de marcadores bioquímicos de lesão miocárdica. (Arq Bras Cardiol 2008;91(2):126-131)

**Palavras-chave:** Estudo comparativo, imagem por ressonância magnética, miocárdio/cintilografia, pirofosfato de Tecnécio Tc 99 m, infarto do miocárdio/cirurgia, revascularização miocárdica.

## Summary

**Background:** Perioperative myocardial infarction (POMI) is a complication of coronary artery bypass grafting (CABG) with a potential prognostic impact. Technetium-99m pyrophosphate myocardial scintigraphy (MS) is used in the diagnosis of POMI; however it shows a limited sensitivity for subendocardial lesions. Cardiovascular magnetic resonance imaging (CMRI), in turn, has a high accuracy in the detection of myocardial necrosis.

**Objective:** To compare CMRI and MS for the detection of POMI after CABG.

**Methods:** A total of 24 patients with chronic coronary artery disease were studied using the delayed contrast enhanced CMRI and MS before and after CABG by analyzing the development of areas of perioperative myocardial necrosis (POMI). Biochemical markers of myocardial injury (CKMB and troponin I) were also determined before and after surgery.

**Results:** Nineteen patients completed the study. Of these, 6 (32%) presented POMI on CMRI and 4 (21%) on MS ( $p = NS$ ). Of the 323 left ventricular segments assessed, 17 (5.3%) showed perioperative necrosis on CMRI and 7 (2.2%) on MS ( $p = 0.013$ ). Moderate agreement was observed between the methods ( $kappa = 0.46$ ). There was disagreement regarding the diagnosis of POMI in 4 (21%) cases, most of them with small areas of perioperative necrosis on CMRI which were not visualized on MS. In all cases with POMI on CMRI, significant CKMB and troponin I elevations were observed.

**Conclusion:** Moderate diagnostic agreement was observed between the methods for the detection of POMI, but CMRI enabled visualization of small areas of perioperative myocardial necrosis which were not identified on MS and were associated with elevation of biochemical markers of myocardial injury. (Arq Bras Cardiol 2008;91(2):113-118)

**Key words:** Comparative studies; magnetic resonance imaging; myocardial/radionuclide imaging; technetium Tc99m pyrophosphate; myocardial infarction/surgery; myocardial revascularization.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: Guilherme Urpia Monte •

SQSW 306, bloco D, ap. 404 - Setor Sudoeste - 70673-434 - Cruzeiro - DF, Brasil

E-mail: [gumonte@cardiol.br](mailto:gumonte@cardiol.br)

Artigo enviado em 12/01/07; revisado recebido em 18/02/08; aceito em 25/02/08.

### Introdução

Apesar dos avanços nas técnicas cirúrgicas e nos cuidados intensivos, o infarto do miocárdio perioperatório (IMPO) ainda é uma complicação da cirurgia de revascularização miocárdica (CRM), com potencial impacto prognóstico<sup>1-5</sup>. Entre os exames empregados para o seu diagnóstico, a cintilografia miocárdica com pirofosfato marcado com tecnécio-99m (CM) destaca-se como um método não-invasivo, capaz de visualizar áreas de necrose miocárdica<sup>6</sup>. Embora tenha boa sensibilidade para a detecção de infarto transmural, a cintilografia planar exibe baixa sensibilidade para a detecção de infarto subendocárdico, o mais comum após CRM<sup>7</sup>. A técnica de tomografia por emissão de fóton único, mais conhecida como SPECT (do inglês *single photon emission computed tomography*), detém maior sensibilidade para a detecção de infarto subendocárdico, mas sua especificidade também é limitada<sup>6</sup>. Além disso, seu período relativamente curto de positividade, em torno de sete dias<sup>7-9</sup>, baseado na ligação entre o radiofármaco e o cálcio mitocondrial dos miócitos acometidos pelo infarto, pode limitar a sua utilização nos pacientes clinicamente instáveis, nos primeiros dias pós-operatórios, que não possam ser transportados para o setor de medicina nuclear.

A ressonância magnética cardiovascular (RMC), por sua vez, vem se firmando como um exame de excelência para a visualização de áreas de infarto, com a técnica de realce tardio miocárdico. Esse método utiliza uma seqüência específica, realizada 10 a 20 minutos após a administração intravenosa de contraste à base de gadolínio – metal paramagnético, capaz de aumentar a intensidade de sinal das estruturas, nas imagens de ressonância<sup>10</sup>. Com esse recurso, tem sido possível a determinação precisa de áreas de infarto recentes ou antigas, em animais e humanos, com ou sem onda Q ao ECG<sup>11</sup> e até mesmo microinfartos, sem alteração eletrocardiográfica ou de contração e com mínima elevação de enzimas cardíacas<sup>12</sup>. Essa técnica detém alta resolução espacial, superior à da cintilografia, e excelente correlação com a anatomia patológica, em estudos experimentais com animais<sup>13,14</sup>.

Com base no exposto e diante da ausência, até o momento, de estudos comparativos entre esses métodos, idealizou-se este trabalho, cujo objetivo foi avaliar a concordância diagnóstica entre a RMC e a CM para a detecção de áreas de IMPO em pacientes submetidos à CRM.

### Métodos

Entre agosto de 2003 e março de 2006, foram estudados 24 pacientes adultos, portadores de doença arterial coronária crônica, acompanhados na nossa instituição e com indicação de cirurgia de revascularização miocárdica. Todos os casos foram submetidos à cineangiogramia convencional, tendo-se observado estenose crítica de, pelo menos, uma artéria coronária ( $\geq 50\%$  para o tronco da coronária esquerda e  $\geq 70\%$  para qualquer outra artéria). Adotaram-se os seguintes critérios de exclusão: planejamento de outro tratamento cirúrgico cardíaco, além da revascularização miocárdica (troca valvar, por exemplo); arritmias cardíacas crônicas, capazes de prejudicar a aquisição das imagens de RMC (fibrilação atrial, por exemplo); e contra-indicações ao

exame de ressonância magnética (marca-passo/cardioversor-desfibrilador implantável, próteses ou implantes metálicos incompatíveis com o exame, alergia ao gadolínio e claustrofobia conhecida). O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética da instituição e cada paciente assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Os pacientes foram submetidos aos exames de RMC e CM, antes e depois da cirurgia, para avaliar o surgimento de áreas de necrose miocárdica perioperatória. Mensuraram-se também marcadores bioquímicos de lesão miocárdica (CKMB e troponina I), antes e, de forma seriada, depois da cirurgia.

### Ressonância magnética cardiovascular

Os exames foram realizados em aparelho com campo magnético principal de 1,5 T (Signa CV/i, General Electric Medical Systems, Waukesha, MN, EUA), sendo utilizada bobina de superfície, composta de quatro elementos, para exames cardíacos, comercialmente disponível. Para a monitorização e sincronização eletrocardiográficas, acoplaram-se quatro eletrodos na parede anterior do hemitórax esquerdo do paciente. Todos os exames foram obtidos com pausa expiratória, a fim de minimizar os artefatos decorrentes dos movimentos respiratórios. Inicialmente, foram feitas aquisições nos três planos ortogonais (transversal, sagital e coronal) para localização do coração. A partir dessas imagens preliminares, planejou-se a prescrição da seqüência de realce tardio miocárdico. Geraram-se planos de corte de eixo curto e eixo longo do ventrículo esquerdo (VE). Os cortes de eixo curto foram adquiridos com 8 mm de espessura e 2 mm de espaçamento, em número suficiente (de 8 a 12) para a cobertura de toda a extensão do VE. Os cortes de eixo longo foram planejados a partir das imagens de eixo curto, com 8 mm de espessura e a intervalos radiais de 45°, sendo em número de quatro, no total. Com o intuito de garantir sua comparabilidade, as imagens foram adquiridas nos mesmos planos de corte, antes e depois da cirurgia. Para a avaliação das áreas de necrose e fibrose miocárdicas, empregou-se seqüência específica de gradiente-eco rápido, com pulso preparatório de inversão-recuperação. As imagens foram adquiridas cerca de 10 a 20 minutos após a administração intravenosa de 0,2 mmol/kg de contraste à base de gadolínio (ácido gadotérico, Dotarem®, Guerbet, Aulnay Sous Bois, França), através de acesso venoso periférico, a cada dois batimentos cardíacos (intervalos RR), e o tempo de inversão foi meticulosamente ajustado, com o objetivo de anular o sinal do miocárdio normal. Os principais parâmetros dessa seqüência foram: TR = 7,2 ms, TE = 3,2 ms, matriz = 256 x 192 pixels, ângulo de inclinação = 20°, largura de banda = 31,2 kHz, TI = 150-250 ms, campo de visão = 34-38 cm.

As imagens foram analisadas com o auxílio do programa CineTool, versão 3.4 (General Electric Medical Systems), por um observador (G.U.M.) sem o conhecimento das características clínicas dos pacientes, assim como dos achados dos demais métodos diagnósticos. Delimitaram-se, apenas, as áreas de realce tardio miocárdico (necrose/fibrose), com intensidade de sinal maior do que dois desvios padrão acima da média do valor de intensidade de sinal do miocárdio em uma área remota considerada normal, de acordo com metodologia já descrita<sup>15</sup>. O valor de 1,05 g/cm<sup>3</sup> de densidade miocárdica foi

utilizado para o cálculo da massa infartada. Definiu-se como IMPO o achado de nova área de realce tardio miocárdico, no exame pós-operatório, ausente no exame anterior à cirurgia. A análise segmentar seguiu o padrão de segmentação miocárdica recomendado pela American Heart Association, que define a divisão do VE em 17 segmentos: seis basais, seis mediais, quatro apicais e o ápex<sup>16</sup>.

### Cintilografia miocárdica

Os exames foram adquiridos em modo tomográfico (SPECT), em equipamento de dois detectores, modelo Forte (ADAC Philips Medical Systems, Milpitas, CA, EUA), cerca de 3 horas após a administração intravenosa de 740 MBq (20 mCi) do radiofármaco (pirofosfato-<sup>99m</sup>Tc, fornecido pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Ipen, São Paulo, Brasil). Durante o exame, os pacientes foram mantidos em decúbito dorsal horizontal. Empregou-se colimador de alta resolução, órbita de 360°, com 96 projeções e 30 segundos por projeção, matriz de 64 x 64 pixels, com aquisição de contagens na energia de 140 keV do tecnécio-99m e janela de voltagem de 15%. As imagens foram reconstruídas nos planos ortogonais (axial, coronal e sagital), usando reconstrução iterativa com cinco iterações. Considerando o período de positividade de captação do pirofosfato, o exame pós-operatório foi realizado até o sétimo dia após a cirurgia. Naqueles casos em que houve descompensação clínica, impedindo o transporte para o setor de medicina nuclear, nesse intervalo de tempo, o exame pós-operatório não foi realizado. A decisão quanto à possibilidade do transporte ficou a critério dos médicos responsáveis pelos cuidados pós-operatórios dos pacientes.

A interpretação das imagens foi feita por consenso de dois observadores (M.I., J.C.M.), sem o conhecimento das características clínicas dos pacientes, assim como dos achados dos demais métodos diagnósticos. Compararam-se os exames pré e pós-operatórios, registrando-se o aparecimento de áreas focais de concentração anômala do radiofármaco, depois da cirurgia, seguindo o mesmo modelo de 17 segmentos utilizado para a análise das imagens de RMC.

### Marcadores bioquímicos de lesão miocárdica

As dosagens de CKMB e troponina I foram determinadas com a utilização de kits específicos em sistema analítico Immulite® 1000 (Diagnostic Products Corporation, Los Angeles, CA, EUA). Os valores de referência desses testes são de até 4,0 ng/ml para CKMB e até 1,0 µg/L para troponina I. As amostras sanguíneas, para dosagem de CKMB, foram colhidas: antes da cirurgia; a cada 6 horas depois da cirurgia, até se determinar o pico de elevação; e a cada 24 horas, a partir de então, até a alta da UTI. As amostras para dosagem de troponina I foram colhidas: antes da cirurgia; a cada 8 horas depois da cirurgia, até se determinar o pico de elevação; e a cada 24 horas, a partir de então, até a alta da UTI. Em dois casos, não foi possível a coleta seriada de troponina depois da cirurgia por motivos operacionais. Considerou-se significativa uma elevação de biomarcadores maior do que cinco vezes o limite superior da normalidade<sup>17</sup>, tanto para CKMB como para troponina I.

### Análise estatística

A análise estatística foi elaborada com o auxílio do programa SPSS for Windows, versão 10.0. As variáveis contínuas foram expressas como média ± desvio padrão, e as variáveis categóricas descritas como frequências. Para a comparação da frequência do diagnóstico de IMPO entre a RMC e a CM, empregou-se o teste de McNemar, e a concordância entre os métodos foi verificada com a estatística kappa.

### Resultados

Dezenove pacientes conseguiram completar o estudo. Desses, a maioria (84%) era do sexo masculino. A média de idade foi de 63 ± 10 anos. Em cinco (21%) dos 24 pacientes incluídos, não foi possível a execução da CM pós-operatória nos sete primeiros dias depois da cirurgia (período estimado de captação do pirofosfato): quatro, por complicações clínicas, que impediram o seu deslocamento para o setor de medicina nuclear, e o outro caso, por problemas técnicos.

### Ressonância magnética cardiovascular

O exame pré-operatório foi realizado, em média, 16 ± 15 dias antes da cirurgia, e o pós-operatório, 10 ± 8 dias depois. Dos 19 pacientes, 6 (32%) apresentaram novas áreas de realce tardio miocárdico no VE, no exame pós-operatório, inexistentes anteriormente e compatíveis com lesões perioperatórias. Em sua maioria, essas áreas foram de pequena extensão e de distribuição focal. Apesar disso, em todos os casos com necrose perioperatória à RMC, houve elevação significativa de, pelo menos, dez vezes o limite superior do normal dos marcadores bioquímicos (tab. 1). De acordo com a análise segmentar, em 17 (5,3%) dos 323 segmentos do VE avaliados houve o surgimento de necrose miocárdica perioperatória.

### Cintilografia miocárdica

O exame pré-operatório foi realizado, em média, 18 ± 15 dias antes da cirurgia e o pós-operatório, 5 ± 2 dias depois. Dos 19 pacientes, 4 (21%) apresentaram área de concentração anômala do pirofosfato no VE, no exame pós-operatório, indicando necrose miocárdica perioperatória. Pela análise segmentar, em 7 (2,2%) dos 323 segmentos do VE avaliados houve o surgimento de necrose perioperatória.

### Marcadores bioquímicos de necrose miocárdica

Dos 19 pacientes que completaram o estudo, 11 (58%) apresentaram elevação pós-operatória significativa de CKMB, e 9 (53%) de 17 pacientes tiveram elevação pós-operatória significativa de troponina I (tab. 1). Como já referido anteriormente, todos os casos com necrose perioperatória à RMC apresentaram elevação pós-operatória significativa de, pelo menos, dez vezes o limite superior do nível sérico normal dos marcadores bioquímicos. Em um dos pacientes com captação pós-operatória do radiofármaco à cintilografia, não houve elevação significativa de CKMB, assim como não foi detectado realce tardio miocárdico à RMC. Como pode ser verificado na tabela 1, em 5 (38%) dos 13 pacientes sem áreas de necrose perioperatória à RMC e em 8 (53%) dos 15 pacientes sem captação anômala do radiofármaco, houve

elevação significativa de CKMB depois da cirurgia. De forma semelhante, em 4 (33%) de 12 pacientes com RMC negativa para IAM perioperatório e em 6 (43%) de 14 pacientes com cintilografia negativa para IAM perioperatório, houve elevação pós-operatória significativa de troponina I.

### Comparação entre os métodos

De forma geral, houve moderada concordância diagnóstica entre os métodos – kappa = 0,46 (fig. 1). Quatro (21%) casos divergiram, quanto ao diagnóstico de IMPO, entre a RMC e a CM. Em três deles, observou-se necrose perioperatória à RMC, mas não foi identificada concentração anômala do pirofosfato à CM (fig. 2). Nesses casos, a massa infartada, medida pela RMC, foi pequena (média de 1,8 g). No outro caso, ocorreu captação pós-operatória do radiofármaco, apesar da ausência de nova área de realce tardio miocárdico à RMC. Este paciente não evoluiu com elevação significativa de CKMB depois da cirurgia (tab. 1).

Embora a RMC tenha revelado IMPO em uma proporção maior de pacientes do que a CM, essa diferença não foi estatisticamente significativa ( $p = 0,625$ ). No entanto, considerando a análise segmentar do VE, a RMC detectou necrose miocárdica perioperatória em uma proporção significativamente maior de segmentos do que a CM (17 [5,3%] vs 7 [2,2%];  $p = 0,013$ ). Na maioria das vezes, esses segmentos apresentavam pequenas áreas de realce tardio miocárdico, de distribuição predominantemente focal.

### Discussão

Este é um dos primeiros estudos a utilizar a RMC, com técnica de realce tardio, para a detecção de IMPO e a compará-la com a cintilografia miocárdica para pesquisa de necrose, com pirofosfato marcado com tecnécio-99m. Demonstrou-se uma moderada concordância diagnóstica entre os métodos, mas a RMC permitiu a visualização de áreas de necrose miocárdica perioperatória em maior proporção de pacientes e segmentos do ventrículo esquerdo.

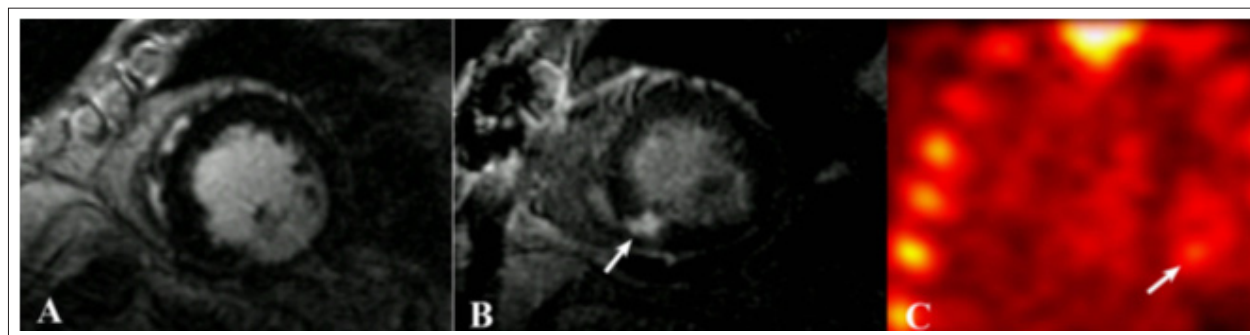
A divergência entre os exames foi observada, principalmente, nos casos com pequenos infartos perioperatórios à RMC, não identificados pela CM. Levando-se em consideração a

maior resolução espacial da RMC, é mais provável tratar-se de falsos-negativos da cintilografia. A grande elevação (pelo menos dez vezes o valor normal) dos biomarcadores séricos, nesses casos, reforça essa hipótese. Em estudo experimental, Wagner e cols.<sup>14</sup> compararam a RMC, com técnica de realce tardio, com a cintilografia (SPECT), com duplo isótopo (tálio-201 e sestamibi-<sup>99m</sup>Tc), para a detecção de infarto do miocárdio em cães, utilizando a anatomia patológica como referência. Os métodos foram equivalentes para a identificação de infartos transmurais, porém a cintilografia foi inferior à RMC para a detecção de lesões subendocárdicas, de menor extensão<sup>14</sup>. Provavelmente, essa constatação também é válida em relação aos resultados do presente estudo. Em um caso, houve captação pós-operatória do pirofosfato, sem o surgimento de nova área de realce tardio miocárdico à RMC. Embora não seja possível descartar resultado falso-negativo desta última, a evolução bioquímica (ausência de elevação significativa de CKMB) novamente sugere falha diagnóstica da cintilografia. A persistência do pirofosfato no pool sanguíneo é uma das possíveis causas de resultados falso-positivos do exame<sup>18</sup>.

Embora a diferença, a favor da RMC, tenha ocorrido por causa de pequenas áreas de IMPO, recentemente foi demonstrado, pelo nosso grupo, que pequenas áreas de necrose miocárdica perioperatória, detectadas pela RMC, têm repercussão sobre a função sistólica do VE, em curto e médio prazos<sup>19</sup>. No entanto, não há evidências, até o momento, de que essas pequenas áreas de IMPO determinem pior evolução clínica. Por outro lado, em todos os casos com lesão perioperatória à RMC, houve grande elevação dos níveis séricos dos marcadores bioquímicos de lesão miocárdica (CKMB e troponina I) de, pelo menos, dez vezes o limite normal. Grandes estudos, recentemente publicados, comprovaram a associação de aumentos significativos de CKMB, depois da cirurgia, com um pior prognóstico em longo prazo, havendo maior incidência de eventos cardiovasculares e menor sobrevida<sup>5,20</sup>.

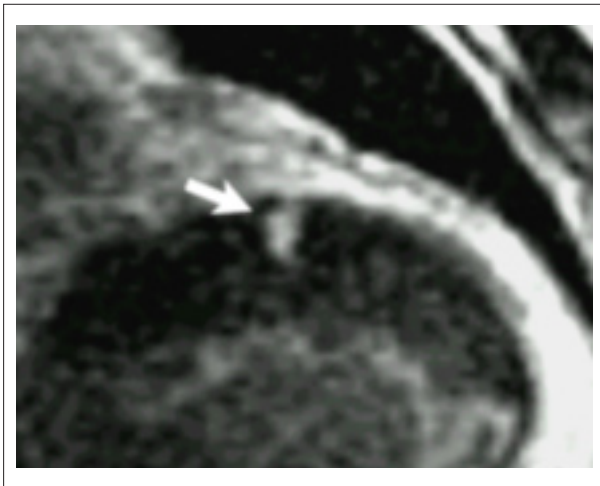
### Limitações

Apesar desses promissores resultados, é importante reconhecer algumas limitações do presente estudo. A primeira, e principal delas, é a pequena casuística, que pode ter



**Fig. 1** - Correspondência entre o achado de necrose miocárdica perioperatória à RMC e à cintilografia miocárdica com pirofosfato marcado com tecnécio-99m, em um dos pacientes estudados; A - imagem pré-operatória de ressonância, em eixo curto, sem áreas de realce tardio miocárdico; B - imagem pós-operatória de ressonância, no mesmo plano, evidenciando lesão focal, em segmento infero-septal medial do ventrículo esquerdo (seta); C - cintilografia pós-operatória demonstrando captação do radiofármaco no mesmo segmento (seta).





**Fig. 2** - Pequena área focal de necrose miocárdica perioperatória (seta), no segmento anterior medial do ventrículo esquerdo, detectada pela RMC e não visualizada à cintilografia miocárdica com pirofosfato marcado com tecnécio-99m, em um dos pacientes estudados.

encoberto diferenças entre os métodos e limitado a magnitude das divergências observadas. Esse é o caso da diferença quanto à frequência de detecção de IMPO por paciente, uma vez que o poder do estudo não foi suficiente para alcançar significância estatística. Em segundo lugar, em alguns casos, a cintilografia só foi realizada no sétimo dia pós-operatório, em função de restrições clínicas dos pacientes, o que pode ter reduzido a sensibilidade do exame. O período, relativamente curto, de positividade da captação do pirofosfato, depois da ocorrência de necrose miocárdica, pode restringir sua utilização para o diagnóstico de IMPO, uma vez que não são incomuns instabilidades clínicas nos primeiros dias após a cirurgia, impossibilitando sua realização. De fato, neste estudo, quatro pacientes não puderam ser transportados para a execução do exame, no prazo determinado de sete dias, e, portanto, não realizaram a cintilografia pós-operatória. Uma opção seria o uso da cintilografia planar, que pode ser realizada à beira do leito. Contudo, sua sensibilidade é reconhecidamente inferior à da aquisição tomográfica (SPECT) para a detecção de infartos não-transmurais<sup>7</sup>, os mais comuns na situação perioperatória.

**Tabela 1** - Achados de ressonância magnética, cintilografia miocárdica e marcadores bioquímicos de lesão miocárdica, nos pacientes estudados

Caso	Ressonância magnética			Cintilografia miocárdica		Elevação significativa* de marcadores bioquímicos (pico)	
	IMPO	N segmentos acometidos	Massa IMPO (g)	IMPO	N segmentos acometidos	CKMB	Troponina I
1	S	1	2,1	S	1	S**	S**
2	N	0	0	N	0	N	N
3	S	2	3,6	S	1	S**	S**
4	N	0	0	N	0	N	N
5	S	8	30,7	S	4	S**	S**
6	N	0	0	N	0	S	S**
7	S	1	1,1	N	0	S**	S**
8	N	0	0	N	0	N	N
9	N	0	0	N	0	S	N
10	N	0	0	N	0	N	N
11	N	0	0	N	0	S**	S**
12	S	1	0,7	N	0	S**	S**
13	N	0	0	N	0	S**	S**
14	N	0	0	N	0	N	N
15	N	0	0	N	0	N	S
16	N	0	0	N	0	N	N
17	N	0	0	S	1	N	...
18	N	0	0	N	0	S	N
19	S	4	3,6	N	0	S**	...

\*>5x o limite superior do normal; \*\*≥10x o limite superior do normal; S - sim; N - não.

Além disso, a prolongada persistência do pirofosfato no pool sanguíneo, verificada em alguns casos, pode ter influenciado a acurácia dos exames, limitando, parcialmente, a qualidade diagnóstica das imagens.

Finalmente, é necessário salientar algumas limitações atuais do exame de RMC, que podem restringir a sua aplicabilidade clínica na situação perioperatória: tempo prolongado para aquisição das imagens, alto custo, baixa disponibilidade, além das contra-indicações à sua realização, relacionadas nos critérios de exclusão do estudo. Nessas condições, a cintilografia miocárdica para pesquisa de necrose, em conjunto com os demais parâmetros clínicos, continua sendo uma opção para o diagnóstico de IMPO.

### Conclusão

Observou-se moderada concordância diagnóstica entre a RMC e a CM para a detecção de necrose miocárdica perioperatória. Houve maior divergência nos pacientes com pequenas áreas de IMPO à RMC, não identificadas pela cintilografia e associadas à elevação de marcadores bioquímicos de lesão miocárdica, sugerindo tratar-se,

portanto, de resultados falso-negativos da CM. A RMC ainda apresenta limitações para o uso rotineiro na situação perioperatória, mas o aprimoramento da técnica de realce tardio miocárdico, especialmente com as seqüências tridimensionais de aquisição rápida<sup>21</sup>, poderá ampliar o potencial de aplicação desse método na avaliação de pacientes submetidos à cirurgia cardíaca.

### Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

### Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

### Vinculação Acadêmica

Este artigo é parte de tese de Doutorado de Guilherme Urpia Monte pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

### Referências

1. Namay DL, Hammermeister KE, Zia MS, DeRouen TA, Dodge HT, Namay K. Effect of perioperative myocardial infarction on late survival in patients undergoing coronary artery bypass surgery. *Circulation*. 1982; 65: 1066-71.
2. Schaff HV, Gersh BJ, Fisher LD, Frye RL, Mock MB, Ryan TJ, et al. Detrimental effect of perioperative myocardial infarction on late survival after coronary artery bypass. Report from the Coronary Artery Surgery Study--CASS. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1984; 88: 972-81.
3. McGregor CG, Muir AL, Smith AF, Miller HC, Hannan WJ, Cameron EW, et al. Myocardial infarction related to coronary artery bypass graft surgery. *Br Heart J*. 1984; 51: 399-406.
4. Guiteras VP, Pelletier LC, Hernandez MG, Jais JM, Chaitman BR, Dupras G, et al. Diagnostic criteria and prognosis of perioperative myocardial infarction following coronary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1983; 86: 878-86.
5. Costa MA, Carere RG, Lichtenstein SV, Foley DP, de Valk V, Lindenboom W, et al. Incidence, predictors, and significance of abnormal cardiac enzyme rise in patients treated with bypass surgery in the arterial revascularization therapies study (ARTS). *Circulation*. 2001; 104: 2689-93.
6. Burns RJ, Gladstone PJ, Tremblay PC, Feindel CM, Salter DR, Lipton IH, et al. Myocardial infarction determined by technetium-99m pyrophosphate single-photon tomography complicating elective coronary artery bypass grafting for angina pectoris. *Am J Cardiol*. 1989; 63: 1429-34.
7. Jain U. Myocardial infarction during coronary artery bypass surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 1992; 6: 612-23.
8. Platt MR, Mills LJ, Parkey RW, Willerson JT, Bonte FJ, Shapiro W, et al. Perioperative myocardial infarction diagnosed by technetium 99m stannous pyrophosphate myocardial scintigrams. *Circulation*. 1976; 54: III24-III27.
9. Codini MA, Turner DA, Battle WE, Hassan P, Ali A, Messer JV. Value and limitations of technetium-99m stannous pyrophosphate in the detection of acute myocardial infarction. *Am Heart J*. 1979; 98: 752-62.
10. Simonetti OP, Kim RJ, Fieno DS, Hillenbrand HB, Wu E, Bundy JM, et al. An improved MR imaging technique for the visualization of myocardial infarction. *Radiology*. 2001; 218: 215-23.
11. Wu E, Judd RM, Vargas JD, Klocke FJ, Bonow RO, Kim RJ. Visualization of presence, location, and transmural extent of healed Q-wave and non-Q-wave myocardial infarction. *Lancet*. 2001; 357: 21-8.
12. Ricciardi MJ, Wu E, Davidson CJ, Choi KM, Klocke FJ, Bonow RO, et al. Visualization of discrete microinfarction after percutaneous coronary intervention associated with mild creatine kinase-MB elevation. *Circulation*. 2001; 103: 2780-3.
13. Kim RJ, Fieno DS, Parrish TB, Harris K, Chen EL, Simonetti O, et al. Relationship of MRI delayed contrast enhancement to irreversible injury, infarct age, and contractile function. *Circulation*. 1999; 100: 1992-2002.
14. Wagner A, Mahrholdt H, Holly TA, Elliott MD, Regenfus M, Parker M, et al. Contrast-enhanced MRI and routine single photon emission computed tomography (SPECT) perfusion imaging for detection of subendocardial myocardial infarcts: an imaging study. *Lancet*. 2003; 361: 374-9.
15. Mahrholdt H, Wagner A, Holly TA, Elliott MD, Bonow RO, Kim RJ, et al. Reproducibility of chronic infarct size measurement by contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Circulation*. 2002; 106: 2322-7.
16. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, Jacobs AK, Kaul S, Laskey WK, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart: a statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation*. 2002; 105: 539-42.
17. Califf RM, Abdelmeguid AE, Kuntz RE, Popma JJ, Davidson CJ, Cohen EA, et al. Myonecrosis after revascularization procedures. *J Am Coll Cardiol*. 1998; 31: 241-51.
18. Sato H, Murakami Y, Shimada T, Ochiai K, Kitamura J, Sano K, et al. Detection of right ventricular infarction by gadolinium DTPA-enhanced magnetic resonance imaging. *Eur Heart J*. 1995; 16: 1195-9.
19. Monte GU. Detecção de infarto do miocárdio perioperatório pela ressonância magnética em pacientes submetidos a cirurgia de revascularização miocárdica [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2007.
20. Gavard JA, Chaitman BR, Sakai S, Stocke K, Danchin N, Erhardt L, et al. Prognostic significance of elevated creatine kinase MB after coronary bypass surgery and after an acute coronary syndrome: results from the GUARDIAN trial. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2003; 126: 807-13.
21. Foo TK, Stanley DW, Castillo E, Rochitte CE, Wang Y, Lima JA, et al. Myocardial viability: breath-hold 3D MR imaging of delayed hyperenhancement with variable sampling in time. *Radiology*. 2004; 230: 845-51.