

# RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NA AVALIAÇÃO DAS ARTÉRIAS CORONÁRIAS, PERSPECTIVAS E ESTADO DA ARTE: ANGIOGRAFIA CORONÁRIA E AVALIAÇÃO DA PAREDE ARTERIAL POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

JOSÉ RODRIGUES PARGA FILHO, CESAR AUGUSTO MASTROFRANCISCO CATTANI

Instituto do Coração (InCor) — HC-FMUSP  
Beneficência Portuguesa — São Paulo

Endereço para correspondência: Av. Dr. Enéas Carvalho de Aguiar, 44 —  
CEP 05403-000 — São Paulo — SP

A doença arterial coronária é a principal causa de morte nos países ocidentais. Apesar das conhecidas limitações e de novos conceitos funcionais, a cineangiocoronariografia contrastada é ainda o método padrão-ouro na avaliação da árvore coronária. Estudos de angiografia coronária por ressonância magnética tiveram e ainda têm de contornar problemas técnicos de aquisição e pós-processamento das imagens para aumentar sua confiabilidade diagnóstica.

As primeiras tentativas apresentaram resultados limitados; entretanto, a introdução de técnicas com seqüências rápidas em apnéia (primeira geração), do “navegador” (segunda geração) e de abordagens mais recentes (espiral, “dark blood” e antenas paralelas) contribuiu para ampliar a acurácia diagnóstica. Finalmente, a utilização de agente paramagnético (gadolínio) como contraste permitiu melhorar a qualidade das imagens.

Suas principais aplicações clínicas são: avaliações de anomalias congênitas, enxertos, e detecção de obstruções nos segmentos proximal e médio das coronárias.

Estudos da literatura relataram variados graus de sensibilidade e especificidade na avaliação das artérias coronárias. O luminograma, principal forma de quantificação da lesão coronária na atualidade, pode não ser fidedigno na avaliação da gravidade da doença aterosclerótica. Recentemente, a análise da parede arterial por ressonância magnética mostrou diferenças significativas entre artérias de indivíduos normais e pacientes com aterosclerose coronária, ampliando o espectro de informações sobre a doença. Em conclusão, a evolução da ressonância magnética tem permitido, de forma não-invasiva, resultados cada vez mais animadores na avaliação da árvore e da parede coronária, com grande impacto na detecção precoce, evolutiva, bem como no acompanhamento terapêutico da doença arterial coronária.

**Palavras-chave:** ressonância magnética, doença coronária, angiografia coronária, aterosclerose.

(Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo 2002;1:87-95)

RSCESP (72594)-1194

---

## INTRODUÇÃO

A doença arterial coronária permanece como a principal causa de morte nos países ociden-

tais, apesar dos recursos despendidos em tratamento e campanhas de prevenção. Dados estatísticos desses países, incluindo o Brasil, são contundentes por seus números alarmantes<sup>(1,2)</sup>.

O surgimento de novos conceitos essencialmente funcionais, em especial a participação endotelial na regulação do tônus (reserva coronária), a atividade antitrombogênica, o crescimento vascular e os processos inflamatórios/infecciosos, entre outros<sup>(3,4)</sup>, ampliaram nosso conhecimento sobre a doença aterosclerótica coronária. Até hoje, a avaliação da anatomia e do grau de aterosclerose coronária baseia-se na cineangiogramia contrastada, considerada método padrão-ouro.

A principal desvantagem da cineangiogramia é sua invasividade, o que torna sua indicação precisa, tanto no diagnóstico inicial como na realização de estudos seriados.

Estudos de angiografia coronária por ressonância magnética tiveram e ainda têm de contornar problemas técnicos de aquisição decorrentes de artefatos da movimentação cardíaca e respiratória, acoplamento das imagens ao eletrocardiograma e de melhor pós-processamento das imagens.

A perspectiva de obter a avaliação da árvore coronária de forma não-invasiva tem sido objeto de pesquisa de vários métodos diagnósticos<sup>(5-7)</sup>. O impacto da angioplastia na sobrevivência dos pacientes com lesões coronárias torna a busca de um método que possa avaliar de forma não-invasiva e com fidedignidade as artérias coronárias de extrema importância. A visualização direta dos terços proximal e médio para definir a presença e/ou a ausência de lesões significativas já seria um considerável avanço. Entretanto, o sucesso desses métodos ainda é parcial, e nenhum deles pode ser considerado substituto da cineangiogramia contrastada.

Os métodos que apresentam melhores resultados na atualidade são a tomografia computadorizada<sup>(7)</sup> e a ressonância magnética<sup>(8)</sup>. A tomografia computadorizada tem demonstrado excelentes resultados, porém a exposição à radiação e a necessidade de grande volume de contraste iodado são limitações importantes do método<sup>(7)</sup>.

#### **DIFICULDADES TÉCNICAS DA ANGIOGRAFIA CORONÁRIA POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA**

A angiografia por ressonância magnética firmou-se ao longo dos últimos anos como a técnica de escolha na avaliação da aorta, seus ramos e vasos periféricos de maior calibre. A ob-

tenção de angiogramas das artérias coronárias, entretanto, ainda é tarefa desafiadora, por uma série de dificuldades, como pequeno calibre, trajetos tortuosos e sua movimentação durante os ciclos cardíaco e respiratório.

A movimentação cardíaca, de magnitude maior que as dimensões da coronária, produz borramento dos contornos da artéria durante a formação da imagem, comprometendo o diagnóstico. Para compensar esses artefatos de movimentação, introduziu-se o acoplamento eletrocardiográfico. Estudos demonstraram um padrão trifásico das coronárias durante o ciclo cardíaco com variação mais acentuada na coronária direita. A aquisição das imagens com maior rapidez e durante uma janela em que se verifica a menor movimentação da coronária durante o ciclo cardíaco permite a melhor definição do vaso<sup>(9-11)</sup>. Outro grande obstáculo à aquisição das imagens é a movimentação respiratória, cuja variação pode chegar a 30 mm<sup>(12)</sup>. Essa movimentação causa acentuada degradação das imagens, quando adquiridas durante um ciclo respiratório inteiro. Tanto a utilização de múltiplas apnéias (entre 15 e 25 segundos) para indivíduos cooperativos como de técnicas conhecidas como "navegador", para indivíduos que não conseguem manter apnéia, consolidaram-se como as principais soluções para compensar a movimentação respiratória. O crescente desenvolvimento dessas técnicas de aquisição permitiu o aumento da qualidade das imagens das artérias coronárias.

#### **ABORDAGENS TÉCNICAS DA ANGIOGRAFIA CORONÁRIA POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA**

As primeiras tentativas de obter imagens das coronárias com a técnica de spin-eco convencional apresentaram resultados limitados. Ocasionalmente detectavam-se os óstios coronários, porém sem confiabilidade diagnóstica. Lieberman e colaboradores<sup>(13)</sup> demonstraram porções proximais em apenas 30% das coronárias de 23 indivíduos, e Paulin e colaboradores<sup>(14)</sup> demonstraram o tronco de coronária esquerda e a origem da coronária direita em 100% e 67% dos 6 indivíduos estudados, porém sem detecção de obstruções.

Desde os primeiros relatos em 1993<sup>(15,16)</sup> até os dias atuais, a evolução de "hardware" e das técnicas de aquisição de imagem aponta gran-

des perspectivas para a ressonância magnética.

A introdução de seqüências de aquisição de múltiplas fases do ciclo cardíaco em um período curto de apnéia, em 1991, permitiu o desenvolvimento da chamada primeira geração de técnicas de angiografia coronária por ressonância magnética<sup>(17)</sup>.

Essa primeira geração consistia de imagens

bidimensionais, conhecidas como 2D-angiografia coronária por ressonância magnética, atualmente disponível na maioria dos equipamentos comercialmente oferecidos no mercado. Habitualmente é realizada uma série de 10 a 15 "fatias" sobrepostas, adquiridas cada uma em apnéia. Geralmente a origem das coronárias direita e esquerda é visibilizada, porém a alteração da posição do diafragma em cada apnéia produz variações em cada bloco de aquisição das imagens (Figs. 1 e 2). Além disso, frequentemente não se obtém todo o trajeto, senão múltiplos segmentos da coronária. A variabilidade da posição do diafragma, associada à tortuosidade coronária, obrigam o planejamento de múltiplos blocos (30 a 50 períodos de apnéia) para definir os vários segmentos da artéria.

A segunda geração consiste de técnicas de obtenção de imagens tridimensionais, com o posicionamento de um bloco grande sobre a região de cada coronária a ser estudada. No início, essa abordagem requeria um tem-



**Figura 1.** Terços proximal e médio da coronária direita (técnica de aquisição 2D).



**Figura 2.** Tronco de coronária esquerda, bifurcação e artéria descendente anterior (técnica de aquisição 2D).

po considerável, impossibilitando a correção dos artefatos respiratórios com apenas um período de apnéia. A alternativa de monitorar a movimentação respiratória e de obter dados somente durante determinado posicionamento do diafragma gerou as seqüências conhecidas como "navegador". Essa forma de aquisição atualmente está sendo aperfeiçoada em alguns centros de desenvolvimento tecnológico, e em breve deverá estar disponível em equipamentos comerciais. Inicialmente descrita por Ehman e Felmler<sup>(18)</sup>, várias modificações da técnica de na-

vegador foram apresentadas<sup>(19-24)</sup>. O fundamento principal de todas essas variações técnicas está no posicionamento do bloco de aquisição da coronária a ser estudada e a aquisição de múltiplas frações que compõem cada imagem durante um ponto determinado da excursão diafragmática. A flutuação normal do diafragma durante a respiração é monitorada continuamente por meio de uma faixa posicionada na cúpula diafragmática direita, determinando a posição e um intervalo de aceitação (2 mm a 5 mm) dessa posição para coleta dos dados. Essa abordagem ainda se encontra em desenvolvimento e as vantagens de sua utilização são: 1) permitir a aquisição das imagens durante a respiração normal, sem necessidade da cooperação do paciente para realizar apnéia; 2) tempo de aquisição prolongado, que permite alta resolução espacial e temporal; e 3) possível evolução da técnica para análise de fluxo<sup>(25)</sup>.

Gerações mais recentes de técnicas (terceira geração) de angiografia coronária por ressonância magnética vêm utilizando seqüências mais rápidas e diferentes abordagens. Wielopolski e colaboradores<sup>(26)</sup> relataram uma alternativa para pacientes com respiração irregular ou quando o navegador não fosse satisfatório. Essa abordagem técnica tridimensional é obtida durante uma apnéia prolongada (20 a 30 segundos) sem ou com o uso de contraste. Meyer e colaboradores<sup>(27)</sup> foram os primeiros a relatar o uso da técnica de aquisição espiral (Figs. 3 e 4). Modificações da técnica espiral permitem hoje abordagens 2D com apnéia e 3D com navegador<sup>(28, 29)</sup>. Todas as técnicas anteriores utilizam o sinal do influxo do sangue na coronária, sendo também conhecidas como "bright blood". Como essa técnica não permite determinação da direção do fluxo do sangue, algumas situações clínicas dificultam a diferenciação diagnóstica entre suboclusão e oclusão proximal com presença de reperfusão retrógrada por colaterais. Imagens anatômicas de excepcional qualidade são obtidas com a técnica de anulação do sinal do sangue ("dark blood"). Rapidamente adaptada para a angiografia coronária por ressonância magnética<sup>(30)</sup>, essa técnica elimina os artefatos de fluxo, definindo somente a luz do vaso com alta resolução espacial<sup>(31)</sup>. Outro desenvolvimento de "hardware" permitiu a aquisição de imagens paralelas por meio de múltiplas antenas, e a fusão de toda a informação em uma única imagem. A vantagem dessa técnica está na acen-

tuada aceleração da aquisição, permitindo alta resolução espacial ou temporal das imagens<sup>(32)</sup>.

Finalmente, a utilização do quelato de gadolínio como agente de contraste, já consolidado para a angiografia periférica, produziu incremento da qualidade desses estudos. O quelato de gadolínio tem a propriedade de se difundir para o espaço extravascular, limitando a aquisição das imagens a um curto período de tempo. Estudos experimentais vêm utilizando outros tipos de agentes paramagnéticos, com moléculas maiores (contraste intravascular), cuja permanência prolongada no compartimento vascular permitiria aumento da intensidade de sinal e da qualidade das imagens<sup>(33)</sup>. A maioria desses estudos descreveu resolução espacial em torno de 1,2 mm x 1,2 mm x 2 mm e resolução temporal em torno de 126 ms, o que permite ótima qualidade de imagem e boa confiabilidade diagnóstica.

## RESULTADOS CLÍNICOS DA ANGIOGRAFIA CORONÁRIA POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

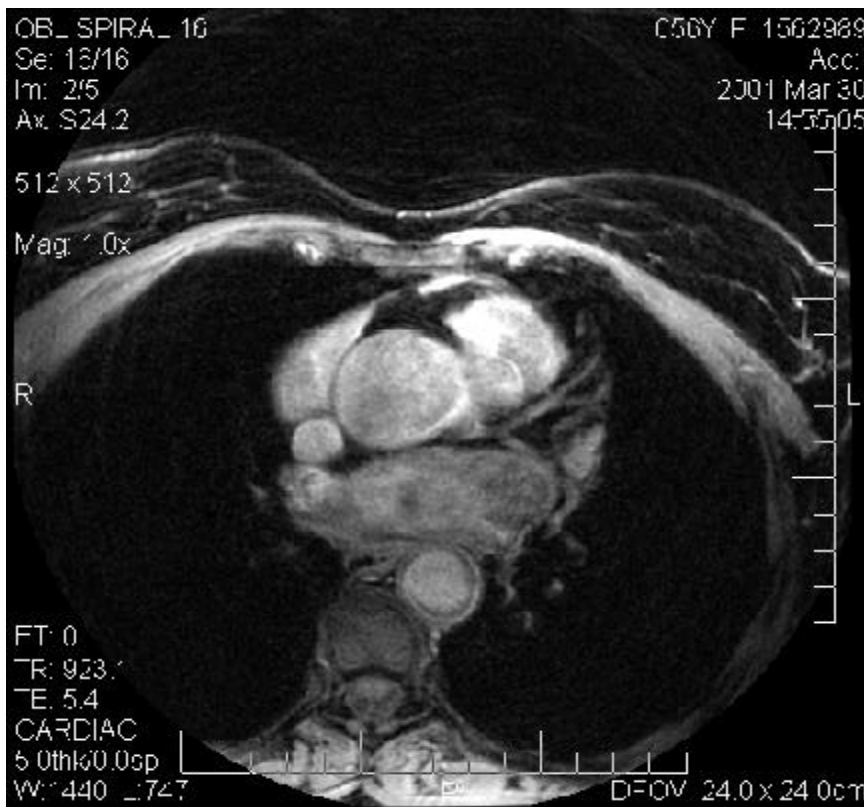
As principais aplicações clínicas da angiografia coronária por ressonância magnética foram a avaliação de anomalias congênitas<sup>(34)</sup> e de enxertos<sup>(35)</sup>, e, ainda em fase de investigação, a detecção de prováveis obstruções coronárias.

A experiência acumulada desde o início da década de 90 e os resultados das diferentes técnicas tem se consolidado. A visibilização de longos segmentos das artérias coronárias já foi relatada, com valores de até 89 mm, 62 mm e 38 mm para as coronárias direita, descendente anterior e circunflexa, incluindo toda a extensão do tronco da coronária esquerda<sup>(11, 36)</sup>. A técnica 3D mostrou-se ainda mais robusta, permitindo a visibilização de maior extensão da artéria, tanto em indivíduos normais como em pacientes, além de comparação favorável de dimensões com a angiografia contrastada convencional<sup>(11)</sup>.

Não se têm, ainda, informações conclusivas de grandes estudos multicêntricos do real valor da angiografia coronária por ressonância magnética na avaliação de obstruções coronárias. Importantes centros de pesquisa, porém, têm relatado resultados animadores, apesar de ainda manterem a investigação de forma experimental. Variados graus de sensibilidade (63% a 100%) e especificidade (89% a 100%) foram descritos para a técnica 2D. Post e colaboradores<sup>(37)</sup> investigaram 140 artérias coronárias com



**Figura 3.** Terços proximal e médio da coronária direita (técnica de aquisição espiral 2D).



**Figura 4.** Tronco de coronária esquerda, bifurcação e artéria descendente anterior (técnica de aquisição espiral 2D).

o objetivo de detectar obstruções maiores que 50%. A sensibilidade média foi de 63%, com resultados de 100%, 53%, 71% e 73% para tronco de coronária esquerda e artérias descendente anterior e coronária direita, respectivamente. A especificidade média foi de 89%, com resultados de 73% e 96% para artérias descendente anterior e circunflexa, respectivamente. A disponibilidade da técnica 3D permitiu sensibilidade e especificidade até 90% de lesões proximais. Van Geuns e colaboradores<sup>(38)</sup> relataram acurácia diagnóstica global de 92%, com sensibilidade de 68% (50% a 77%) e especificidade de 97% (94% a 100%). Sardinelli e colaboradores<sup>(8)</sup> também relataram sensibilidade de 82% (57% a 100%) e especificidade de 89% (72% a 100%). A técnica 3D foi também utilizada para avaliar o resultado pós-operatório de técnicas minimamente invasivas por Boehm e colaboradores<sup>(39)</sup>. A sensibilidade obtida na avaliação de enxertos arteriais e venosos foi de 92% e de 100%, respectivamente. Também utilizando técnica 3D, Molinari e colaboradores<sup>(40)</sup> encontraram dados semelhantes na avaliação de enxertos arteriais e venosos, com sensibilidade de 100% e 92%, respectivamente.

Em editorial, Polak<sup>(41)</sup> descreve o provável futuro da angiografia coronária por ressonância magnética com a evolução do método. Também afirma que, como "screening", a atual acurácia diagnóstica da angiografia coronária por ressonância magnética já é comparável ou superior aos resultados obtidos por métodos convencionais, como o teste de esforço com tálho, SPECT ou ecocardiografia de estresse.

### **AVALIAÇÃO DA PLACA ATEROSCLERÓTICA POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA**

Os métodos correntes de avaliação da gravidade da doença aterosclerótica, como a cineangiogramia e a própria angiografia coronária por ressonância magnética, baseiam-se no número de lesões e no grau de redução luminal de determinada obstrução. Esse luminograma, porém, pode não ser fidedigno do grau real da lesão aterosclerótica. Recentemente, a avaliação da parede arterial por meio da ressonância magnética foi relatada. O estudo das artérias carótidas<sup>(42)</sup> demonstrou boa acurácia para definir "in vivo" a área da placa. Na aorta abdominal<sup>(43)</sup>, a comparação com o ecocardiograma

transesofágico apresentou excelente correlação quanto a localização, extensão e espessura da placa. Comparando achados de ressonância magnética e ultra-som intravascular, Manninen e colaboradores<sup>(44)</sup> encontraram boa correlação entre os métodos, para quantificação de espessura da placa e área de estenose e correlação semelhante de ambos os métodos quando comparados aos achados histopatológicos. McConnell e colaboradores<sup>(45)</sup> evidenciaram variações das dimensões da placa de ateroma e da porcentagem de estenose arterial na aorta abdominal, quando da mudança da taxa de colesterol na dieta de coelhos por meio das imagens de ressonância magnética. Fayad e colaboradores<sup>(46)</sup> foram os primeiros a relatar o potencial da ressonância magnética na avaliação da parede arterial das coronárias. A ressonância magnética, com alta resolução espacial, tem o potencial de estudar não-invasivamente a parede coronária e definir o grau da doença aterosclerótica. A espessura média encontrada para a parede de indivíduos normais foi de 0,75 mm  $\pm$  0,17 mm (0,55 mm a 1,00 mm). Os valores encontrados em pacientes coronariopatas foram significativamente diferentes, com média de 4,38 mm  $\pm$  0,71 mm (3,30 mm a 5,73 mm). Esses dados levaram os autores a concluir que essa abordagem pode demonstrar a morfologia da parede coronária e oferecer uma avaliação não-invasiva e precoce da doença aterosclerótica, com especial importância em pacientes assintomáticos<sup>(46)</sup>.

### **CONCLUSÕES**

A doença aterosclerótica é um processo evolutivo, com grandes implicações clínicas, cujo principal método diagnóstico é a cineangiogramia. A evolução da ressonância magnética tem permitido, de forma não-invasiva, resultados cada vez mais animadores na adequada avaliação da árvore arterial coronária, com potencial para definir anomalias, enxertos e obstruções coronárias. Além disso, a avaliação da parede coronária e da placa de ateroma por ressonância magnética pode vir a ser de fundamental importância na detecção precoce, evolutiva, bem como no acompanhamento terapêutico da aterosclerose.

A definição das porções proximais e médias das coronárias já é um avanço diagnóstico imenso, apesar de os estudos e resultados preliminares ainda serem considerados sob a ótica de investigação.