

Ressonância Magnética nas cardiopatias congênitas

Magnetic Resonance imaging in congenital heart disease

RENATA JUNQUEIRA MOLL BERNARDES

Instituto Nacional de Cardiologia de Laranjeiras - MS RJ
Hospital Copa D'Or - RJ

RESUMO

A ressonância magnética é um método diagnóstico não invasivo de grande utilidade em várias especialidades médicas. Ao ser utilizado como método complementar ao exame ecocardiográfico Doppler em suas limitações ao estudo do arco aórtico, anatomia pulmonar e coronária, progressivamente ocupa lugar de destaque no estudo de pacientes com enfermidades congênitas.

PALAVRAS-CHAVE

Ressonância magnética
Anomalias vasculares
Anomalias do arco aórtico

SUMMARY

Magnetic Resonance is a non invasive method of diagnosis of great use in various medical areas. Used as a complimentary technique in Doppler echocardiography and its limitations in the study of the

aortic arch, pulmonary and coronary anatomy, magnetic resonance is progressively occupying an important role in the study of patients with congenital problems.

KEY-WORDS

Magnetic Resonance Imaging
Vascular Ring Anomalies
Anomalities of the aortic arch

INTRODUÇÃO

A utilização de técnicas de ressonância magnética (RM) na avaliação clínica do sistema cardiovascular é um método bastante promissor na avaliação da anatomia, função, metabolismo e composição tecidual (1). A RM cardiovascular teve um desenvolvimento mais lento devido aos artefatos causados pela mobilidade das estruturas cardiovasculares. Métodos para reduzir estes artefatos estão se tornando mais

sofisticados, permitindo estudos progressivamente melhores. A RM permite a obtenção de imagens em múltiplos planos e estas podem ser reconstruídas tridimensionalmente, o que facilita a compreensão principalmente de cardiopatias congênitas com estruturas anômalas, formas bizarras, heterotaxia e outras (1,2). As vantagens da RM são ainda maiores nas crianças mais velhas, adolescentes, adultos e nos pacientes operados com tecido fibroso cicatricial na região esternal, nos quais a janela ecocardiográfica muitas vezes é ruim, dificultando a obtenção de imagens adequadas.

PRINCÍPIOS FÍSICOS E TÉCNICAS

A obtenção de imagens por RM baseia-se em submeter a área de estudo a um campo magnético de altíssima intensidade, de tal modo que os prótons que a compõem ganhem um alinhamento preferencial na direção deste campo. Em seguida, são emitidas ondas de radiofrequência (RF) numa frequência tal que só é “sentida” por determinados prótons. Estes por sua vez são excitados (acumulam energia) e, em seguida, devolvem essa energia ao meio ambiente sob forma de ondas de RF, que são captadas por sensores especiais (bobinas).

Há vários métodos de se obter imagens por RM, cada um com vantagens e desvantagens inerentes à sua concepção; estes diversos métodos são denominados seqüências de pulso. Algumas das seqüências de pulso usadas na avaliação cardiovascular são:

Spin-eco: Tem como vantagens uma relação sinal/ruído elevada, permitindo imagens de boa resolução espacial. No entanto, os tempos de aquisição são longos, da ordem de vários minutos.

RARE (Rapid Acquisition with Relaxation Enhancement): Uma técnica mais rápida que a *spin-eco*, com os mesmos princípios de contraste, permite obter imagens de alta resolução espacial e boa relação sinal/ruído em intervalos de tempo bem menores. É a técnica mais usada para obtenção de informações anatômicas, em geral nas seqüências chamadas “black-blood” (na qual o sangue não produz sinal e, portanto, não gera artefatos).

Gradiente-eco: Pela sua estrutura, esta seqüência de pulso é mais rápida do que as *spin-eco* ou *RARE*. Graças a esta rapidez, é possível obter imagens dinâmicas (modo-cine), para análise, por exemplo, de contratilidade. É a técnica *gradiente-eco*, também, a base dos estudos angiográficos por RM, com técnicas “bright-blood” do tipo TOF (time-of-flight) ou contraste de fase, ou com injeção venosa de gadolínio. O contraste de fase é também usado para quantificação de fluxo, como, por exemplo, na avaliação de shunts (Qp/Qs).

Eco-planar: São as seqüências de pulso mais rápidas dentre as comercialmente disponíveis, mas, para um bom desempenho, necessitam de máquinas potentes. Uma desvantagem é a grande susceptibilidade a artefatos por inhomogeneidade do campo magnético. Convém lembrar alguns princípios comuns a todas as seqüências. A maior parte delas depende fundamentalmente da presença de um ritmo cardíaco regular e de um complexo QRS bem marcado (com exceção da angiografia com gadolínio e de algumas seqüências eco-planares) para a obtenção de imagens de boa qualidade, já que a sincronização com o ritmo cardíaco é o único modo de evitar artefatos pelos movimentos do coração. Além disso, como em qualquer exame por RM, existem contra-indicações absolutas (clips de aneurismas ferromagnéticos, marcapassos, certas próteses valvares mecânicas cardíacas) e a necessidade de cooperação por parte do paciente que, nos casos pediátricos, em geral implica em sedação. Instabilidade cardiorrespiratória com dependência de drogas administradas por bombas infusoras ou de ventilação mecânica constitui contra-indicação relativa, já que, além de serem poucas as instituições em nosso meio que dispõem de equipamentos de suporte compatíveis com RM, o paciente no interior da máquina de RM torna-se momentaneamente inacessível à manipulação e a intervenções terapêuticas.

AValiação ANATômICA

A anatomia cardiovascular nas cardiopatias congênitas deve ser abordada, da mesma forma que na ecocardiografia, de maneira sistemática, através da análise segmentar e seqüencial. É importante sempre confirmar os achados em dois planos ortogonais. Identificam-se todos os segmentos cardíacos e conexões intersegmentares. Cada cavidade é reconhecida através de sua morfologia e não por sua posição espacial. Determinam-se então as conexões venosas sistêmicas e pulmonares e o situs cardíaco. A determinação do situs é uma grande vantagem da RM, pois ela avalia não apenas a posição do coração e dos grandes vasos, como também mostra a segmentação brônquica e a posição dos órgãos abdominais (1,2,3,4,5). A RM tem se mostrado de extrema utilidade na avaliação de anomalias extracardíacas (6).

INDICAÇÕES

As principais indicações da RM na avaliação morfológica das cardiopatias congênitas são (1,2,7):

I ANATOMIA DAS GRANDES ARTÉRIAS

a) Aorta

As anomalias aórticas mais freqüentemente avaliadas por RM são tipo anel vascular, coarctação da aorta, interrupção do arco aórtico, dilatação da aorta (S. Marfan), necrose cística da chamada média, ectasia anular e estenose supravalvar (ex: S. Williams) (figuras 1 a 4).



Figura 1

Corte sagital oblíquo, demonstrando aorta ascendente e descendente no mesmo plano. Observa-se coarctação da aorta logo após a emergência da artéria subclávia.



Figura 2

Corte sagital oblíquo, evidenciando estenose supra-aórtica tubular em paciente portador da síndrome de Williams. Nota-se dilatação da raiz da aorta proximal à estenose habitualmente observada nesta entidade.

Geralmente o estudo é iniciado com cortes axiais que podem permitir o diagnóstico ou direcionar o estudo. No caso do anel vascular, geralmente cortes coronais possibilitam comparar o tamanho das estruturas e orientar a conduta cirúrgica. Nas outras patologias, podemos usar cortes sagitais oblíquos, paralelos ao fluxo sanguíneo, permitindo a visualização de todo o arco aórtico em um único corte.

A coarctação da aorta pode ser avaliada com a utilização de técnicas de *spin-eco* e o gradiente de

pressão pode ser calculado através da medida de velocidade máxima pela área de estenose, utilizando cine-RM com codificação de velocidade. O gradiente pode ser subestimado na presença de fluxo colateral proeminente. A RM é também de grande valor no acompanhamento após a correção para avaliar possível recorrência ou formação de aneurisma.



Figura 3

Interrupção do arco aórtico com dilatação aneurismática da aorta ascendente e colaterais, nutrindo a região pós-coarctação.

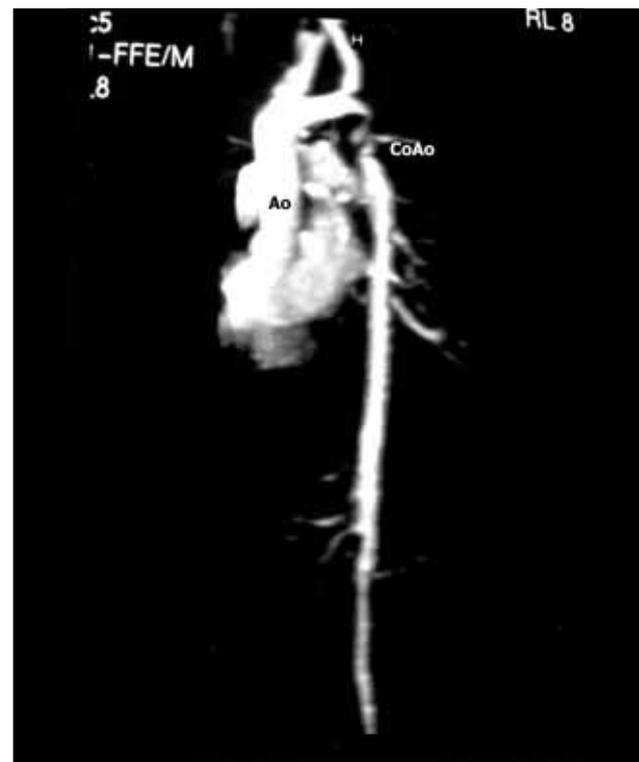


Figura 4

Imagem de angiorressonância magnética com gadolínio obtida a partir de reconstrução tridimensional, demonstrando coarctação da aorta segmentar após a emergência dos vasos da base, em que se observam algumas colaterais. A angiografia por ressonância com gadolínio permite a obtenção de estudos de alta resolução espacial para análise destes tipos de lesões.

b) Artérias Pulmonares

É importante determinar o tamanho das artérias pulmonares, a presença de estenose ou hipoplasia, a continuidade entre a artéria pulmonar e seus ramos, bem como a presença de colaterais aórticas (figuras 5 e 6). Na atresia pulmonar, deve-se determinar a distância entre a base do coração e a artéria pulmonar. A RM permite uma boa visualização das porções distais das artérias pulmonares, mesmo na presença de atresia ou estenose pulmonar importante ou na obstrução de shunts sistêmico-pulmonares.

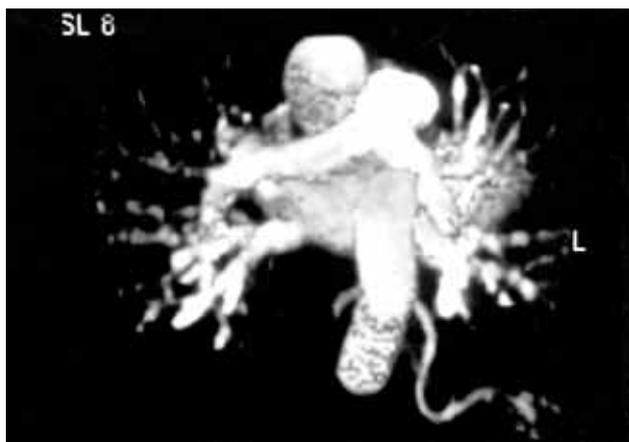


Figura 5

Imagem de angiorresonância com gadolínio obtida a partir de reconstrução tridimensional observada em direção céfalo-caudal em que, através de recursos digitais, retirou-se a parte superior do arco aórtico, permitindo visibilizar tronco e ramos da artéria pulmonar.



Figura 6

Imagem axial em T1. Observa-se agenesia do ramo direito da artéria pulmonar e pobreza vascular no pulmão direito.

Todas estas variáveis são importantes na conduta cirúrgica e no prognóstico. Estas anomalias são freqüentes nas patologias como a tetralogia de Fallot, atresia tricúspide ou outras lesões com hipoplasia de cavidades direitas.

Na tetralogia de Fallot com agenesia de válvula pulmonar, podemos encontrar dilatação aneurismática das artérias pulmonares, podendo resultar em compressão brônquica.

A origem anômala das artérias pulmonares pode ocorrer a partir de diversas estruturas vasculares. Quando a artéria pulmonar esquerda se origina da direita e cruza entre a traquéia e o esôfago, a anomalia é conhecida como “sling”.

A avaliação inicial é feita com cortes axiais. A partir destes são realizados outros cortes com o objetivo de visualizar o trato de saída do VD, o anel pulmonar, a artéria pulmonar principal e seus ramos.

II CONEXÕES VENOSAS

a) Veias sistêmicas

podemos encontrar lesões isoladas como a veia cava superior esquerda drenando para o seio coronariano ou interrupção da veia cava inferior com continuação através da veia ázigos para a veia superior. Outras vezes estas anomalias vêm associadas a malformações intracardíacas e o diagnóstico pré-operatório destas lesões torna-se importante, podendo alterar a conduta cirúrgica.

Como a maioria das veias sistêmicas tem orientação súpero-inferior, cortes coronais são obtidos após os axiais (figura 7).



Figura 7

Corte com angulação oblíqua dupla em paciente com ampla comunicação interatrial tipo seio venoso e acavalgamento de veia cava superior e veia pulmonar superior direita sobre o defeito. O átrio direito apresenta-se dilatado em relação ao esquerdo.

b) Veias pulmonares

a drenagem anômala pulmonar total pode ser supra ou infracardíaca, obstrutiva ou não, ou as veias pulmonares podem drenar diretamente para o coração (para o átrio direito ou seio coronário). Na drenagem

anômala parcial, algumas veias pulmonares podem drenar normalmente para o átrio esquerdo e outras drenam anormalmente, como, por exemplo, para a veia cava superior. Pode haver atresia ou estenose de uma ou mais veias. Imagens axiais podem demonstrar a anatomia das veias pulmonares e cortes coronais podem confirmar o diagnóstico (figura 8).

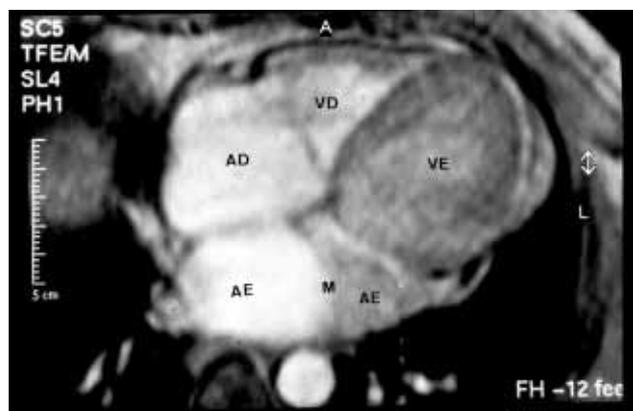


Figura 8

Corte axial com técnica gradiente-eco, demonstrando segmentação do átrio esquerdo em duas câmaras. A câmara em conexão com as veias pulmonares apresenta sinal mais intenso e a distal, conectada ao ventrículo esquerdo, sinal menos intenso semelhante ao do VE. A letra M indica a membrana que separa as duas porções atriais.

III TUBOS EXTRACARDÍACOS E RETALHOS INTRACARDÍACOS.

No estudo pós-operatório destas estruturas é importante avaliar a presença de estenoses ou lesões residuais. A sua visualização através da ecocardiografia pode ser bastante prejudicada pela localização subesternal ou na parte posterior dos átrios, diante da proximidade com os pulmões e na presença de tecido fibroso cicatricial.

Bornemeier e col.(6) compararam o estudo de tubos extracardíacos pelo ecocardiograma, angiografia e RM tridimensional. A RM mostrou ser um excelente método com boa visualização dos enxertos tanto nas suas porções próximas como médias e distais, através de um número ilimitado de ângulos, evitando a sobreposição de estruturas.

Cirurgias de Rastelli, Fontan modificado, correção de interrupção da aorta com interposição de enxerto, a avaliação de shunts-sistêmico-pulmonares do tipo Blalock-Taussig, shunts centrais, anastomose de Glenn são exemplos de situações nas quais a RM pode ser bastante útil no acompanhamento e na avaliação de possíveis complicações (figuras 9 e 10).



Figura 9

Corte sagital em T1 demonstrando tubo não valvado, conectando o ventrículo direito ao tronco da artéria pulmonar.

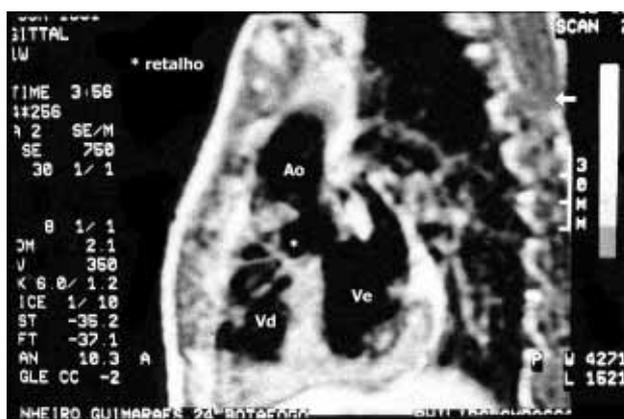


Figura 10

Corte sagital em T1, demonstrando o ventrículo esquerdo conectado a aorta anterior através de uma CIV de mau alinhamento. Presença de um retalho fechando a comunicação VD - aorta.

Os retalhos intracardíacos podem ser atriais (cirurgias de Fontan, Mustard e Senning), ventriculares (cirurgia de Rastelli e na correção da dupla via de saída do VD).

Após a realização de cortes axiais geralmente é necessária a utilização de cortes com angulação oblíqua dupla para melhorar visualização dos tubos e retalhos.

IV MORFOLOGIA GERAL

Os recursos da RM na obtenção de múltiplos planos e a reconstrução tridimensional permitem uma avaliação mais adequada das relações espaciais complexas que podem existir nas cardiopatias congênitas. Inicia-se o estudo com cortes axiais contíguos e, em seguida, podem ser obtidas imagens com angulação oblíqua dupla. As síndromes de heterotaxia nas quais há lateralização anormal ou incompleta das vísceras torácicas e abdominais são bem caracterizadas à RM. A RM pode identificar o situs

visceral, brônquico e atrial (figura 11). É também um bom método para definir relações complexas atrioventriculares e ventriculoarteriais, ventrículos súpero-inferiores e relação AV do tipo “criss-cross” (figuras 12 a 15).

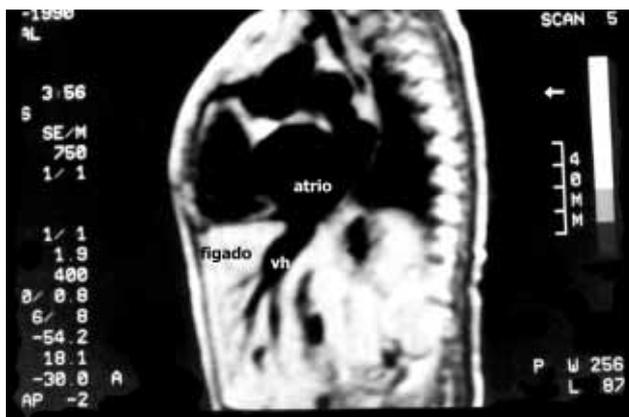


Figura 11
Corte sagital em T1, demonstrando ausência do segmento hepático da veia cava inferior com a conexão direta das veias hepáticas com o átrio.

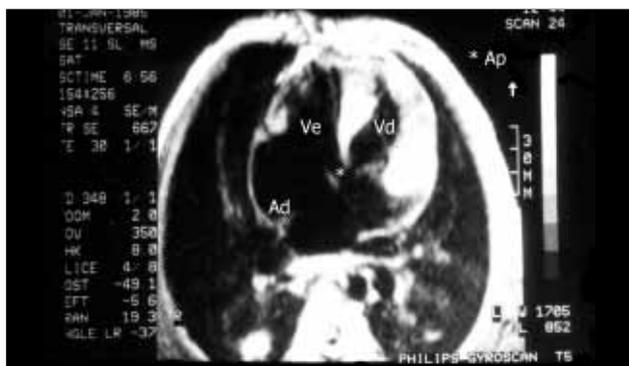


Figura 12
A Corte axial angulado, demonstrando discordância da conexão ventrículo-arterial.
B Conexão átrio-ventricular discordante, o átrio esquerdo conecta-se ao ventrículo direito sistêmico.

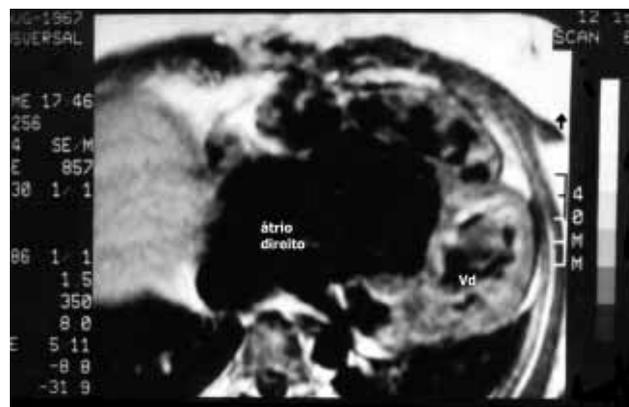


Figura 13
Corte axial demonstrando implantação baixa e anormal da válvula tricúspide com grande átrio direito e ampla porção atrializada do VD.

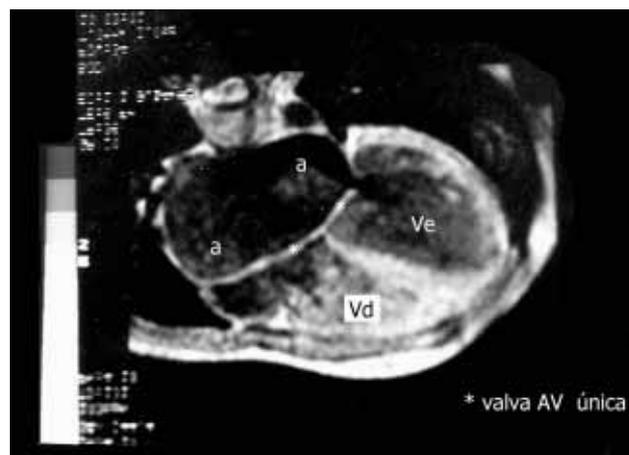


Figura 14
Defeito septal AV tipo A de Rastelli. Observa-se átrio único e válvula AV esquerda regurgitante e imagem correspondendo a um jato dirigido para a parede posterior do átrio a partir da válvula AV.

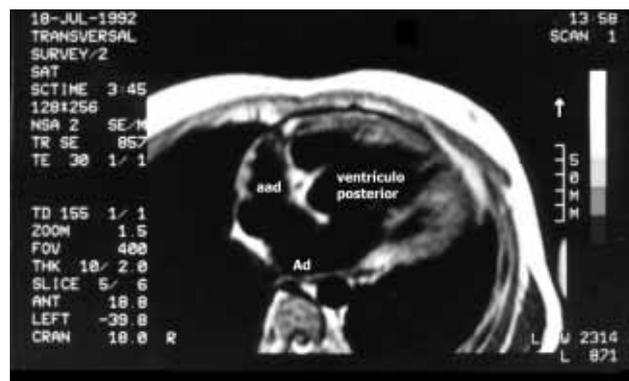


Figura 15
Relação AV do tipo “criss-cross”.
A Corte axial demonstrando átrio direito anterior, caracterizado pelo seu amplo apêndice conectado ao ventrículo posterior.



B Átrio esquerdo posterior conectado predominantemente ao ventrículo anterior.

V OUTRAS INDICAÇÕES

Tumores cardíacos: muitos casos de tumores de mediastino intra e extracardíacos identificados por RM foram relatados. A RM oferece uma maior resolução na delimitação destas lesões do que o ecocardiograma e pode permitir a avaliação do seu conteúdo de água. O uso de gadolínio e de técnicas de cine-RM multifásicas pode contribuir com a avaliação destas massas.

Miocardopatias (1,2)

a excelente definição das paredes cardíacas pela RM permite uma avaliação bastante precisa da hipertrofia ventricular nos pacientes com miocardiopatia hipertrófica. Vários padrões de hipertrofia foram definidos por RM: hipertrofia septal assimétrica difusa, hipertrofia septal-basal, hipertrofia septal-basal, hipertrofia apical. Nos casos de miocardiopatia restritiva, a RM é importante na demonstração de ausência de espessamento pericárdico anormal, na presença de sinais indiretos de comprometimento do enchimento ventricular. A amiloidose cardíaca é uma causa clássica de fisiologia restritiva. Na miocardiopatia dilatada, observam-se à RM cavidades bastante dilatadas com função globalmente diminuída.

Doenças do pericárdio (1,2): o pericárdio é uma estrutura membranosa fina que aparece na técnica de *spin-eco* como uma linha com baixa intensidade de sinal, separando o miocárdio da gordura epicárdica e pericárdica. O espessamento do pericárdio na pericardite constrictiva crônica é facilmente visualizado. Derrames pericárdicos também são claramente demonstrados. Estudos clínicos e experimentais sugerem a possibilidade de obter informações quanto ao conteúdo do derrame pericárdico (transudato, exsudato, quiloso ou hemorrágico) através do uso de seqüências de pulso apropriadas. É possível também a demonstração da

agenesia do pericárdio (figuras 16 e 17).

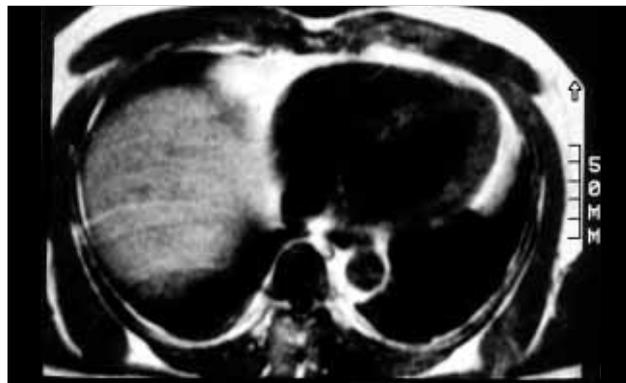


Figura 16

- A Corte axial em T1 com sinal hiperintenso no espaço pericárdico pela presença de líquido e desaparecimento da imagem normal dos folhetos pericárdicos.
- B Agenesia pericárdica em corte axial em T1 com projeção da imagem cardíaca para a esquerda, deslocamento posterior da ponta do VE. Associa-se ao desaparecimento do folheto pericárdico normal e acúmulo desorganizado da gordura pericárdica.

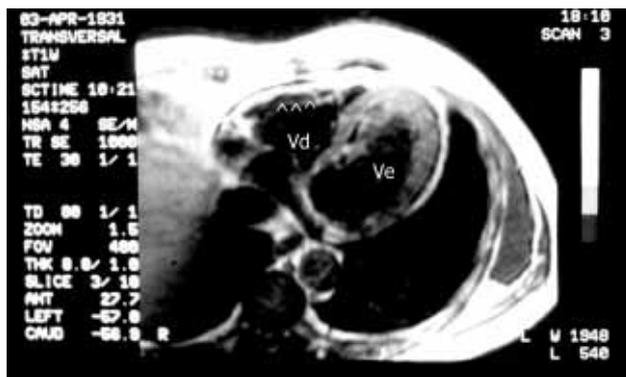


Figura 17

Corte axial em T1 demonstra a substituição do pericárdio direito por gordura e presença de saculações na parede anterior do VD, em caso de displasia arritmogênica do VD.

Transplante cardíaco: estudos iniciais por RM em

animais e pacientes submetidos a transplante cardíaco têm mostrado que este método pode ser útil na detecção precoce de rejeição do enxerto. A espectroscopia também poderá se mostrar útil nestes casos.

AVALIAÇÃO FUNCIONAL

A RM também tem tido avanços importantes na avaliação cardíaca funcional (1,2,7). A avaliação funcional requer uma excelente resolução temporal. Novas técnicas permitem a obtenção de imagens com boa qualidade em apenas 40ms. Outra técnica utilizada é a obtenção de imagens em múltiplas fases do ciclo cardíaco. Posteriormente estas imagens são apresentadas em seqüência temporal, permitindo a avaliação morfológica dinâmica e da contratilidade segmentar.

Medidas de massa e volumes ventriculares e de fração de ejeção podem ser calculadas através da fórmula de Simpson modificada e por outros métodos (8,9,10), já sendo por muitos considerada o padrão-ouro. Diversos trabalhos vêm mostrando as vantagens da utilização da RM na avaliação da função do VD, principalmente nas cardiopatias congênitas, em que o VD pode apresentar formas bizarras, tornando inadequado o uso de formas geométricas pré-determinadas (9,10).

É possível medir a velocidade de jatos pós-estenóticos de diversas lesões e calcular o gradiente de pressão. Este recurso é de maior utilidade na avaliação de estenoses em locais de difícil avaliação pelo Doppler, como estenoses em tubos extracardíacos, conexões veno-arteriais ou veno-atriais, coarctação da aorta e outros.

Hundley e col. (11) avaliaram pacientes com shunts intracardíacos usando cine-RM com codificação de velocidade e encontraram uma boa correlação entre as estimativas da relação entre os fluxos sistêmico e pulmonar, comparados aos cálculos feitos por oximetria e por curvas de diluição de contraste.

ESPECTROSCOPIA

Estudos experimentais do miocárdio humano vêm sendo desenvolvidos e já mostram potenciais aplicações do método na avaliação de cardiopatias congênitas e adquiridas na população pediátrica (1,2). O estudo do metabolismo energético e da composição tecidual poderá auxiliar no diagnóstico etiológico de algumas doenças ou orientar o tratamento. A aplicação rotineira destas técnicas dependerá do desenvolvimento das técnicas e dos resultados de investigações clínicas futuras.

CONCLUSÕES

A RM cardiovascular pode ser considerada um método

diagnóstico não invasivo de grande utilidade, podendo ser utilizado como método complementar ao exame ecocardiográfico, principalmente nas cardiopatias congênitas complexas, sendo considerado superior à ecocardiografia na avaliação de estruturas vasculares, anomalias do arco aórtico e tubos extra-cardíacos (6,12).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - Vick GW, Geva T, Rokey R. Nuclear magnetic resonance and positron emission tomography: clinical aspects. In: Garson A, et al. *The Science and Practice of Pediatric Cardiology* 2nd ed. Baltimore. Williams and Wilkins, 1998; 907-960.
- 2 Higgins CB, Ingwall JS, Pohost GM. *Current and Future Applications of Magnetic Resonance in Cardiovascular Disease*. Armonk, NY. Futura Publishing Company, Inc., 1998.
- 3 Choe YH et al. MR. Imaging in the morphologic diagnosis of congenital heart disease. *Radiographics* 1997; 17:403-422.
- 4 Wimpffheimer O, Boxt L. MR imaging of adult patients with congenital heart disease. *Radiol Clin North Am* 1999; 37(2): 421-438.
- 5 Boxt L. MR imaging of congenital heart disease. *Magn Reson Imaging Clin North Am* 1996; 4(2): 327-359.
- 6 Bornemeier RA, Weinberg PM, Fogel MA. Angiographic, Echocardiographic, and Three-Dimensional Magnetic Resonance Imaging of Extracardiac Conduits in Congenital Heart Disease. *Am J Cardiol* 1996; 78:713-717.
- 7 Weinberg PM, Fogel MA. Cardiac MR Imaging in Congenital Heart Disease. *Cardiol Clin* 1998; 16 (2).
- 8 Niwa K et al. Measurement of ventricular volumes by cine magnetic resonance imaging in complex congenital heart disease with morphologically abnormal ventricles. *Am Heart J* 1996; 131(3): 567-575.
- 9 Helbing WA et al. Comparison of Echocardiographic Methods With Magnetic Resonance Imaging for Assessment of Right Ventricular Function in Children. *Am J Cardiol* 1995; 76:589-594.
- 10 Helbing WA et al. Quantification of right ventricular function with magnetic resonance imaging in children with normal hearts and with congenital heart disease. *Am Heart J* 1995; 130 (4): 828-837.
- 11 Hundley WG et al. Assessment of left-to-right intracardiac shunting by velocity-encoded, phase-difference magnetic resonance imaging. A comparison with oximetric and indicator dilution techniques. *Circulation* 1995; 91:2955-2960.
- 12 Hoppe UC et al. Congenital heart disease in adults and adolescents: comparative value of transthoracic and transesophageal echocardiography and MR imaging. *Radiology* 1996; 199(3); 669-677.