

## AVALIAÇÃO PRÉ E PÓS-OPERATÓRIA DA TETRALOGIA DE FALLOT POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA\*

Renata Junqueira Moll Bernardes<sup>1</sup>, Edson Marchiori<sup>2</sup>, Paulo Manuel de Barros Bernardes<sup>3</sup>, Maria Beatriz Albano Monzo Gonzaga<sup>4</sup>, Luiz Carlos Simões<sup>5</sup>

**Resumo** A proposta deste trabalho foi estudar, prospectivamente, por ressonância magnética (RM), pacientes com diagnóstico de tetralogia de Fallot e avaliar a validade da RM como exame pré e pós-operatório nesses pacientes. Foram estudados, através de seqüências spin-eco e angiografia por RM (angio-RM) com utilização de gadolínio, 20 pacientes com idades entre 1 e 29 anos. Onze pacientes apresentavam a forma clássica da tetralogia de Fallot e nove, a forma extrema (tetralogia de Fallot com atresia pulmonar). O estudo permitiu a avaliação adequada da aorta, possibilitando a análise quanto à presença ou não de dilatação e quanto à posição do arco aórtico em todos os casos. Houve também uma excelente visualização das artérias pulmonares principal, direita e esquerda, possibilitando a avaliação qualitativa quanto à presença de dilatação, hipoplasia, estenose, ou quanto à ausência do vaso. Os resultados obtidos indicam que a RM, incluindo técnicas de angio-RM com meio de contraste, é um método de grande utilidade no estudo pré e pós-operatório de pacientes com tetralogia de Fallot, porque permite a obtenção de informações anatômicas importantes e complementares à ecocardiografia, podendo ser considerada uma alternativa ao cateterismo cardíaco, principalmente na avaliação da anatomia vascular pulmonar.

*Unitermos:* Tetralogia de Fallot – diagnóstico; Imagem por ressonância magnética; Cardiopatias congênitas; Lactente; Pré-escolar; Criança; Adolescente.

**Abstract** *Magnetic resonance imaging pre- and postoperative evaluation of tetralogy of Fallot.*

The purpose of this study was to assess the usefulness of magnetic resonance imaging (MRI) in the pre- and postoperative evaluation of patients with tetralogy of Fallot. Twenty patients aged 1 to 29 years were prospectively evaluated with black-blood and contrast-enhanced angiographic techniques, 11 with the classic form of tetralogy of Fallot and 9 with tetralogy of Fallot and pulmonary atresia. MRI studies provided adequate visualization of the aorta that was classified as dilated or not dilated, and definition of its position in all cases. The use of contrast-enhanced MR angiographic techniques provided excellent imaging of the main right and left pulmonary arteries. The results suggest that MRI, including contrast-enhanced angiography techniques, is a useful tool in the evaluation of patients with tetralogy of Fallot before and after cardiac surgery since it provides important anatomical information that is not always obtained with echocardiography. MRI can be considered an alternative to cardiac catheterization, particularly in the evaluation of the pulmonary vascular anatomy.

*Key words:* Tetralogy of Fallot – diagnosis; Magnetic resonance imaging; Congenital heart diseases; Infants; Children; Adolescents.

### INTRODUÇÃO

A tetralogia de Fallot (TF) ocorre em aproximadamente 3 a 5 por 10.000 nativi-

vos. Representa cerca de 7% dos defeitos cardíacos congênitos<sup>(1)</sup>. Em alguns estudos ela é considerada a forma mais frequente de cardiopatia congênita cianótica<sup>(2)</sup>.

O aspecto anatômico mais característico dessa entidade é o desvio ântero-cefálico do septo infundibular, levando a estenose subpulmonar, cavalgamento da aorta sobre o septo interventricular e comunicação interventricular. As três últimas características anatômicas, associadas à hipertrofia secundária do ventrículo direito, compõem a tetralogia descrita por Fallot, em 1888<sup>(1,2)</sup>.

A apresentação clínica é bastante variável e depende, basicamente, do grau de obstrução ao trato de saída do ventrículo

direito. Os pacientes com obstrução acentuada, ou atresia pulmonar (AP), podem se apresentar com cianose intensa no período neonatal, com circulação pulmonar ducto-dependente. No extremo oposto estão os pacientes com estenose leve e bom fluxo sanguíneo pulmonar, que podem ser assintomáticos e apresentar apenas sopro cardíaco<sup>(1,2)</sup>.

O diagnóstico da TF é realizado, na maioria dos casos, com dados clínicos e confirmação ecocardiográfica. A ecocardiografia com Doppler oferece informações anatômicas e hemodinâmicas que permitem o diagnóstico e acompanhamento destes pacientes<sup>(2)</sup>. No entanto, o cateterismo cardíaco e a angiocardiografia ainda são

\* Trabalho realizado no Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCCF) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), no Hospital Copa D'Or e no Instituto Nacional de Cardiologia (INC), Rio de Janeiro, RJ.

1. Cardiopediatra do Serviço de Cardiologia da Criança e do Adolescente do INC.

2. Professor Titular de Radiologia da Universidade Federal Fluminense (UFF), Coordenador Adjunto do Curso de Pós-Graduação em Radiologia da UFRJ.

3. Radiologista da Rede Labs/D'Or.

4. Anestesiologista da Rede Labs/D'Or.

5. Chefe do Serviço de Cardiologia da Criança e do Adolescente do INC.

Endereço para correspondência: Prof. Dr. Edson Marchiori. Rua Thomaz Cameron, 438, Valparaíso. Petrópolis, RJ, 25685-120. E-mail: edmarchiori@bol.com.br

Recebido para publicação em 18/7/2003. Aceito, após revisão, em 3/9/2003.

realizados rotineiramente na avaliação pré-operatória, em muitos centros de cardiologia pediátrica, devido a algumas limitações da ecocardiografia, como a impossibilidade de visualização adequada da árvore arterial pulmonar, do trajeto das coronárias e de colaterais sistêmico-pulmonares<sup>(3-6)</sup>. Estas informações são de importância fundamental no pré-operatório da TF, já que:

a) As anormalidades das artérias pulmonares são frequentes nesta doença e são consideradas fator de risco cirúrgico importante. A anatomia arterial pulmonar é fator decisivo na escolha do tipo de tratamento cirúrgico mais adequado<sup>(3,5,7,8)</sup>.

b) Variações na anatomia das artérias coronárias não são incomuns na TF. A identificação de artérias coronárias anômalas, cruzando o trato de saída do ventrículo direito, é importante para evitar lesões coronarianas durante a correção cirúrgica<sup>(4,6)</sup>.

c) Colaterais sistêmico-pulmonares podem estar presentes, geralmente se originando na aorta descendente, e devem ser identificadas para que possa ser planejada a correção cirúrgica mais adequada<sup>(1)</sup>.

d) Anormalidades nas artérias pulmonares também são comuns após as cirurgias paliativas<sup>(8)</sup> ou corretivas da TF e são, geralmente, estudadas através do cateterismo cardíaco<sup>(3)</sup>.

A ressonância magnética (RM) tem sido amplamente investigada como método de avaliação das cardiopatias congênitas, por combinar a capacidade de avaliação funcional com avaliação anatômica de modo não invasivo<sup>(9)</sup>. Estudos comparativos<sup>(10)</sup> demonstraram que a RM é bastante útil, principalmente na avaliação de estruturas extracardíacas. Diversos autores<sup>(3,8,11)</sup> relataram a superioridade da RM em relação à ecocardiografia na avaliação das artérias pulmonares. Observou-se também boa correlação entre as medidas das artérias pulmonares por RM e angiografia<sup>(7,8,11,12)</sup>. Por meio de técnicas convencionais de RM (spin-eco, cine gradiente-eco), foi possível detectar um número variável de colaterais sistêmico-pulmonares e de derivações cirúrgicas<sup>(7,9,11,12)</sup>.

Greenberg *et al.*<sup>(3)</sup> consideraram a RM superior à ecocardiografia na avaliação das artérias pulmonares, em pacientes com TF submetidos a cirurgias paliativas e/ou corretivas. Holmqvist *et al.*<sup>(5)</sup> e Beekman *et*

*al.*<sup>(7)</sup> sugerem que a RM seja indicada como uma alternativa ao cateterismo no estudo pré-operatório das artérias pulmonares dos pacientes com TF.

Recentemente, técnicas de angiografia por RM (angio-RM) com gadolínio têm mostrado excelentes resultados na avaliação de estruturas vasculares, como a aorta e as artérias pulmonares<sup>(13-15)</sup>. Geva *et al.*<sup>(16)</sup> relataram alta sensibilidade e especificidade deste método na detecção de estenose e hipoplasia das artérias pulmonares, e na identificação de colaterais aorto-pulmonares, em pacientes com AP ou estenose pulmonar complexa.

Neste trabalho foram estudados, por meio de seqüências spin-eco e angio-RM com utilização de gadolínio, 20 pacientes com idades entre 1 e 29 anos. Onze pacientes apresentavam a forma clássica da TF e nove apresentavam a forma extrema (TF com AP). Os principais pontos de avaliação foram a análise da aorta, das artérias coronárias, das artérias pulmonares principal, direita e esquerda, e a identificação de vasos colaterais sistêmico-pulmonares, do canal arterial e de derivações entre as circulações sistêmica e pulmonar.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado estudo prospectivo, entre janeiro e novembro de 2002, no qual 20 pacientes, sendo dez do sexo feminino (50%) e dez do sexo masculino (50%), com diagnóstico de TF, com ou sem AP, foram avaliados por RM. Dezenove pacientes eram provenientes do Instituto Nacional de Cardiologia e um paciente foi encaminhado do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho. Os exames foram realizados no Hospital Copa D'Or.

Onze pacientes (55%) apresentavam a forma clássica da TF (com estenose pulmonar) e nove (45%) apresentavam a forma extrema da TF (AP com comunicação interventricular).

A idade em que foi realizado o estudo por RM variou de 1 a 29 anos (média de 6,8 anos) e o peso dos pacientes variou entre 8,6 e 71 kg (média de 22 kg).

O quadro clínico era, na maioria das vezes, de cansaço aos esforços (15 pacientes), cianose em graus variáveis (12 pacientes) e policitemia (cinco pacientes).

Três pacientes haviam sido submetidos à cirurgia, anteriormente ao estudo. Oito pacientes foram submetidos apenas à cirurgia de Blalock-Taussig (BT). Um paciente foi submetido à cirurgia de BT e, posteriormente, à cirurgia de unifocalização, por apresentar desconexão do ramo esquerdo da artéria pulmonar. Quatro pacientes foram submetidos à cirurgia corretiva, sendo que um deles tinha uma anastomose de BT previamente, que foi ligada durante a cirurgia corretiva.

Os exames foram realizados em uma unidade de 1,5 T (Signa, Horizon – General Electric Medical Systems, Milwaukee, WI).

Os pacientes com idades inferiores a dez anos foram submetidos a anestesia inalatória com sevoflurano, com a finalidade de garantir a imobilidade durante o exame. Foi utilizado atracúrio na dose de 0,2 a 0,3 mg/kg, para induzir o relaxamento muscular e permitir o estudo em apnéia, minimizando os artefatos decorrentes dos movimentos respiratórios. A ventilação foi mantida por máscara laríngea e oxigênio. A monitoração foi feita utilizando-se monitor cardíaco, saturímetro, capnógrafo e monitor de pressão não invasivo. Nos pacientes com idades superiores a dez anos, o estudo foi realizado sem sedação e com apnéia voluntária.

Os pacientes foram colocados numa bobina tipo "phased-array" (Nvarray – GE). Após a aquisição de imagens localizadoras com a técnica HASTE (FOV = 36, 12 cortes de 8 mm, plano coronal), era prescrita uma seqüência spin-eco "black-blood" (FOV = 26, espessura de corte de 3 mm sem intervalo entre os cortes, matriz de 256 × 160) no plano transversal, na altura dos seios coronarianos, para visualização da origem e trajeto inicial das coronárias. Em seguida, era calculado o tempo de trânsito de um pequeno volume (0,5 a 1,0 ml) de gadolínio entre o acesso venoso e a circulação pulmonar. Esse tempo era, então, usado no cálculo do retardo entre a injeção e a aquisição da seqüência angiográfica (turbo FFE 3D, TR e TE mínimos, "flip angle" = 30°, FOV = 24–26 cm, espessura de corte de 2,6 mm, matriz de 320–256 × 128), que era realizada após injeção venosa de 0,2 mmol/kg de gadolínio. As imagens foram analisadas numa estação

de trabalho ligada ao equipamento de ressonância, com capacidade de processamento por reformatações multiplanares, projeção de intensidade máxima e transformação volumétrica.

Os exames de RM foram realizados e interpretados por um radiologista e foram revistos por um cardiologista pediátrico.

Os valores de referência utilizados foram baseados no trabalho de Snider *et al.*<sup>(17)</sup>. Foram consideradas dilatadas as estruturas que apresentavam diâmetros acima do valor esperado (intervalo de tolerância incluindo 80% da população, com limite de confiança de 50%). Estruturas com diâmetros inferiores aos valores considerados normais, mas superiores a 50% do valor médio esperado, foram consideradas estreitas (hipoplasia leve). Estruturas com calibres inferiores a 50% do valor esperado foram consideradas hipoplásicas (hipoplasia importante). A presença de estenose localizada em um vaso foi definida quando havia redução do diâmetro superior a 40%.

## RESULTADOS

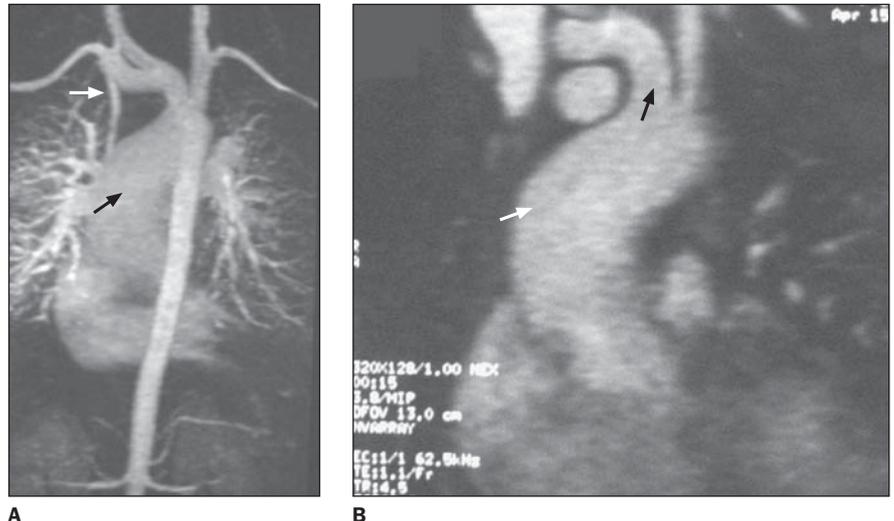
A análise dos resultados incluiu a avaliação da aorta, da origem e trajeto inicial das coronárias, das artérias pulmonares principal, direita e esquerda, além da presença de canal arterial pérvio, colaterais sistêmico-pulmonares e derivações sistêmico-pulmonares.

### a) Aorta

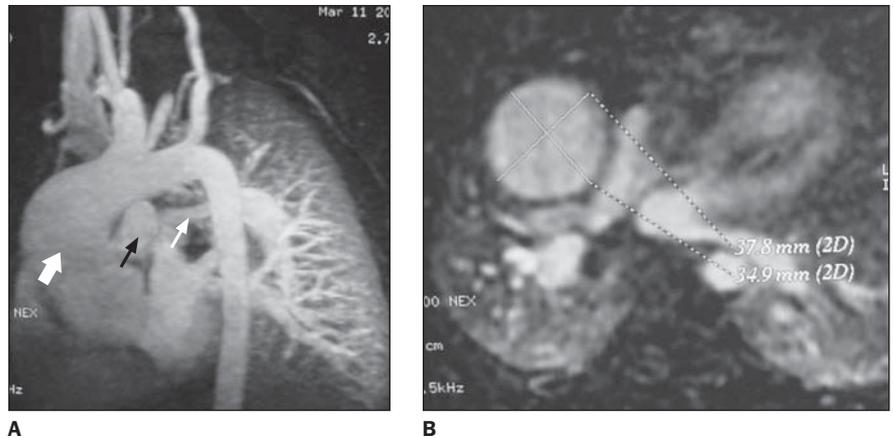
A aorta foi muito bem visualizada, em todos os casos, através do estudo contrastado (Figuras 1 e 2). Mostrou-se dilatada em 15 pacientes (75%) e normal nos outros cinco (25%). O arco aórtico estava situado à direita em seis pacientes (30%) e à esquerda nos outros 14 (70%).

### b) Origem e trajeto inicial das artérias coronárias

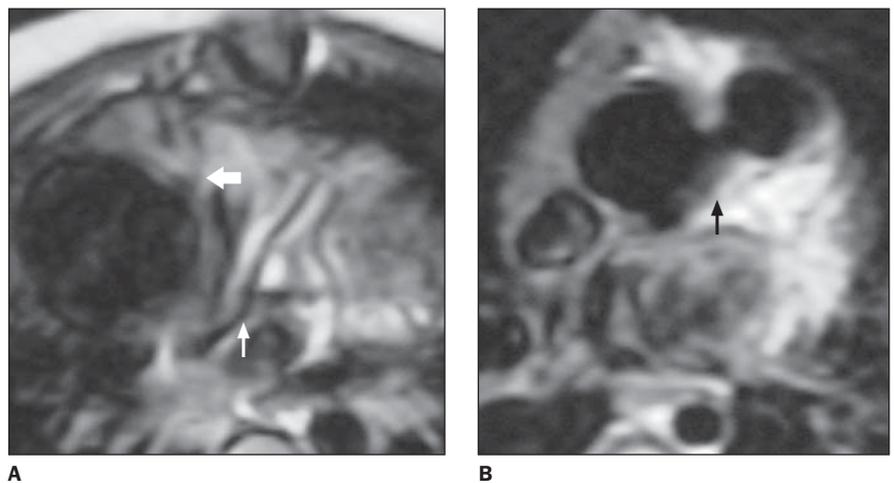
**Artéria coronária esquerda** – A origem e o trajeto inicial da artéria coronária esquerda foram identificados pela RM, embora com certa dificuldade, em 15 pacientes (75%) (Figuras 3 e 4). Em um caso (5%) observamos a origem separada das artérias descendente anterior e circunflexa. Nos outros 14 casos (70%) a coronária esquerda foi considerada normal.



**Figura 1.** Angio-RM da aorta. **A:** Aorta ascendente dilatada (seta preta), arco aórtico à esquerda e derivação de BT à direita (seta branca). **B:** Aorta ascendente dilatada (seta branca) e dilatação do tronco braquiocéfálico (seta preta).



**Figura 2.** Angio-RM. **A:** Aorta ascendente dilatada (seta branca larga) e arco aórtico à esquerda. Observa-se artéria pulmonar direita dilatada (seta preta) e artéria pulmonar esquerda hipoplásica (seta branca fina). **B:** Medidas da aorta ascendente.



**Figura 3.** RM com a técnica spin-eco "black-blood" no plano transversal. **A:** A origem e a bifurcação da artéria coronária esquerda (seta fina) e a origem e o trajeto inicial da artéria coronária direita (seta grossa) são normais. **B:** A origem e o trajeto inicial da artéria coronária esquerda (seta) são normais.

**Artéria coronária direita** – A identificação da origem e de um pequeno trajeto da artéria coronária direita foi possível em 11 casos (55%), todos considerados normais (Figuras 3 e 4). Em nove casos (45%) a visualização da artéria coronária direita não foi possível.

**c) Artérias pulmonares**

As artérias pulmonares foram avaliadas quanto à presença de estenose, hipoplasia ou dilatação. O estudo angiográfico por RM permitiu excelente visualização das artérias pulmonares principal, direita e esquerda.

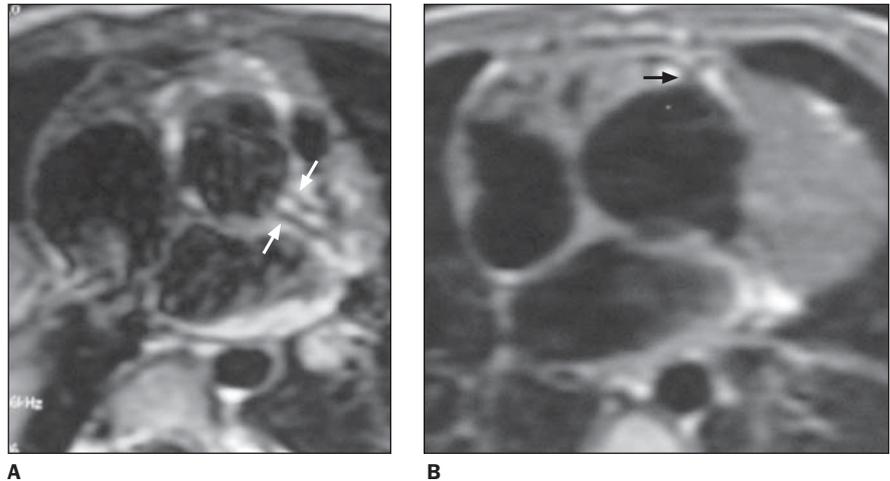
**Artéria pulmonar principal** – A artéria pulmonar principal se apresentou normal em sete pacientes (35%), dilatada em quatro (20%), estreita em três (15%), hipoplásica em cinco (25%) e ausente em um paciente (5%) (Figuras 5 e 6).

**Artéria pulmonar direita** – A artéria pulmonar direita foi considerada normal à RM em sete casos (35%). Observamos estenose na origem da artéria pulmonar direita em dois casos (10%), além de um paciente que apresentava estenose seguida de dilatação (5%). Em dois casos a artéria pulmonar direita foi considerada estreita (10%), em quatro, dilatada (20%), e hipoplásica em outros quatro (20%) (Figura 7).

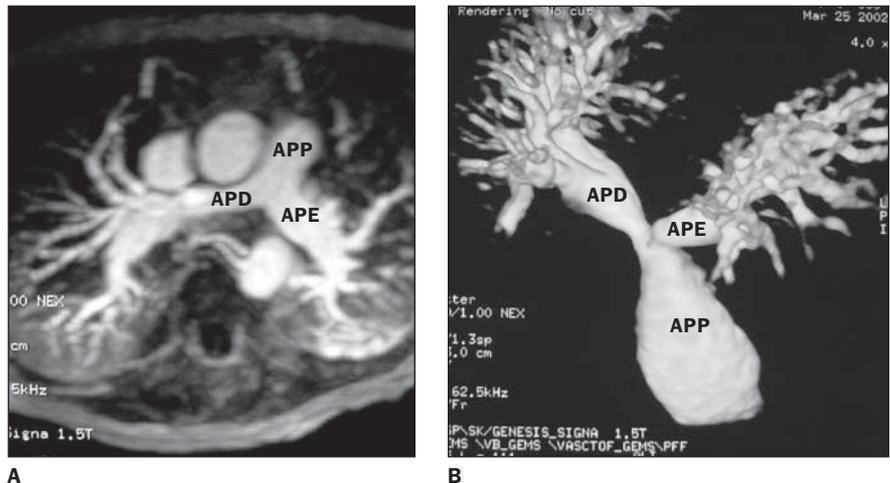
**Artéria pulmonar esquerda** – A artéria pulmonar esquerda foi considerada normal à RM em oito casos (40%). Observamos estenose na origem do ramo esquerdo em três casos (15%), e dois pacientes com estenose na origem seguida de dilatação (10%). Uma artéria foi considerada estreita (5%); foram detectadas hipoplasia em quatro casos (20%) e dilatação em dois casos (10%) (Figura 8).

**d) Colaterais sistêmico-pulmonares**

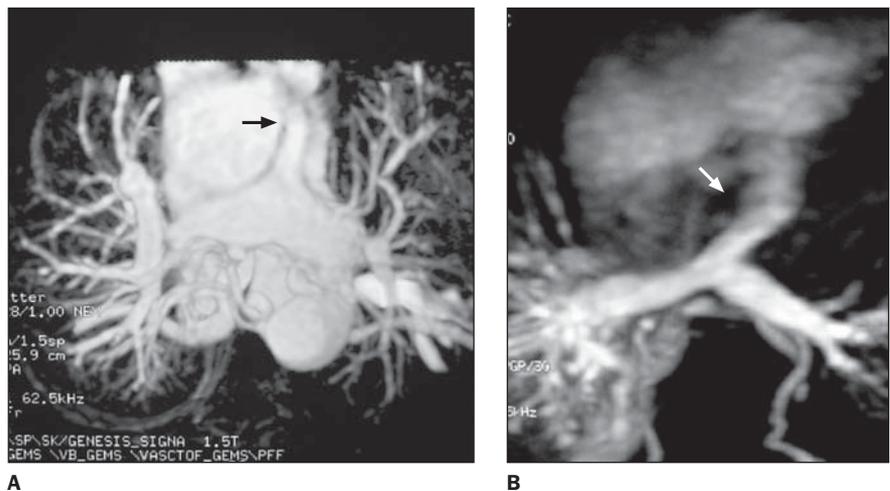
Em dez pacientes (50%) foram identificadas colaterais sistêmico-pulmonares se originando na aorta e seus ramos. O número de colaterais variou de um a três por paciente. No total foram identificadas 15 colaterais, 14 com origem na aorta descendente torácica (Figuras 9, 10A e 11) e uma, no tronco braquiocéfálico (Figura 10B). Os nove pacientes com diagnóstico de TF com AP (100%) apresentaram colaterais aorto-pulmonares, além de um paciente com TF e estenose pulmonar (9,1%).



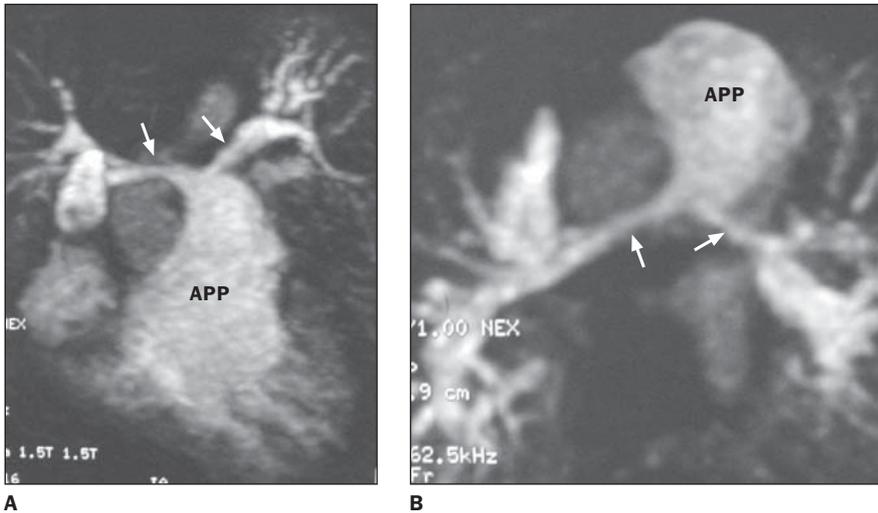
**Figura 4.** RM com a técnica spin-eco tipo “black-blood” no plano transversal. **A:** Origens separadas das artérias coronárias descendente anterior e circunflexa (setas). **B:** Origem e trajeto inicial da artéria coronária direita (seta).



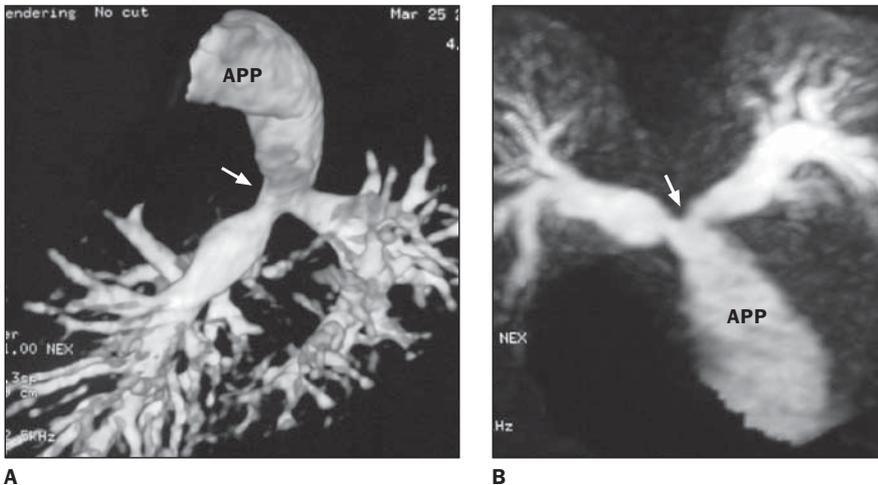
**Figura 5.** Angio-RM do tórax. **A:** Artéria pulmonar principal (APP) estreita e artérias pulmonares direita (APD) e esquerda (APE) normais. **B:** Artéria pulmonar principal dilatada e estenose na origem das artérias pulmonares direita e esquerda.



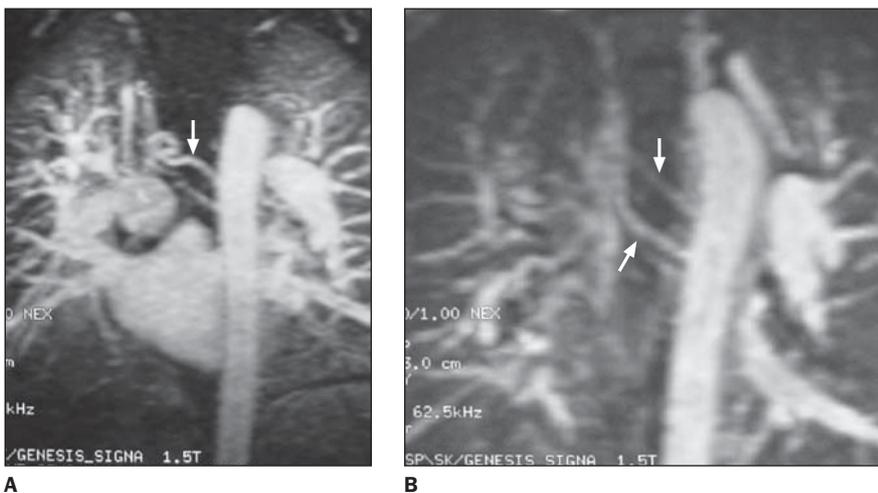
**Figura 6.** Angio-RM do tórax. **A:** Artéria pulmonar principal hipoplásica (seta). **B:** Artéria pulmonar principal estreita (seta).



**Figura 7.** Angio-RM demonstrando importante dilatação da artéria pulmonar principal (APP). Observa-se também hipoplasia das artérias pulmonares direita e esquerda (setas).



**Figura 8.** Angiografia por RM dos vasos pulmonares após a injeção venosa de gadolínio mostrando estenose na origem das artérias pulmonares direita e esquerda (setas) e dilatação da artéria pulmonar principal (APP).



**Figura 9.** Dois pacientes diferentes. Angio-RM com gadolínio evidenciando colaterais (setas) que se originam no terço superior da aorta descendente torácica e se dirigem para o pulmão direito.

### e) Canal arterial

Em seis pacientes (30%) foi identificado canal arterial pérvio (Figuras 12 e 13).

### f) Derivações sistêmico-pulmonares

Foram identificadas oito derivações sistêmico-pulmonares do tipo BT pérvias (Figuras 14 e 15), duas à esquerda e seis à direita. Considerando-se que dez pacientes haviam sido submetidos à cirurgia de BT, e que um deles foi submetido também à correção, que envolve ligadura do BT, a derivação só não foi detectada em um dos casos. No entanto, este paciente foi submetido, posteriormente, à correção cirúrgica, e a derivação não estava pérvia. Portanto, todas as derivações pérvias (100%) foram detectadas à RM.

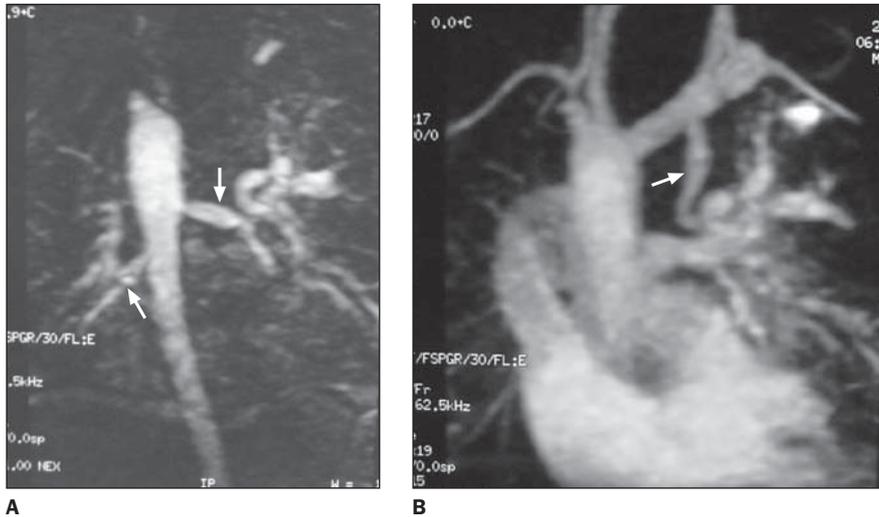
## DISCUSSÃO

### a) Aorta

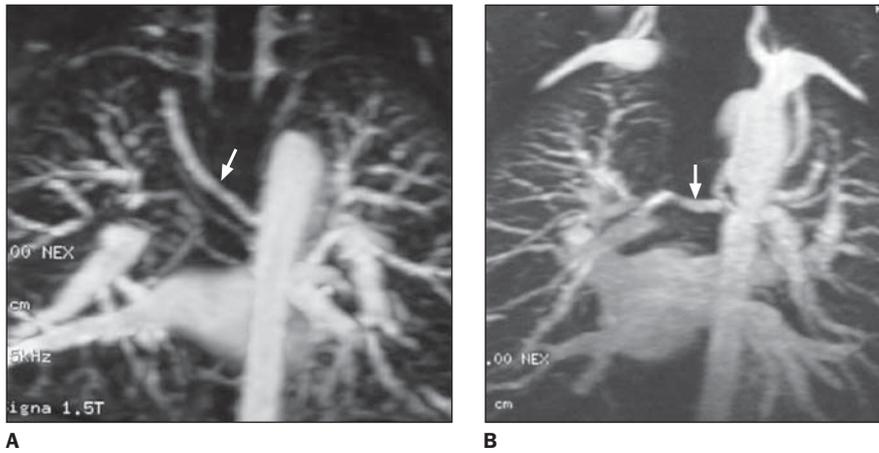
A visualização adequada da aorta por meio da angio-RM, nos 20 casos estudados, está de acordo com diversos estudos que demonstram excelentes resultados com a utilização de técnicas de angio-RM com gadolínio, no estudo da aorta e seus ramos<sup>(13,15,18)</sup>. A obtenção de imagens em período de apnéia permitiu importante minimização dos artefatos respiratórios, concordando com o que foi observado no trabalho de Arpasi *et al.*<sup>(13)</sup>.

Observamos dilatação aórtica em 15 casos (75%). A dilatação aórtica é frequentemente encontrada na TF e acredita-se que seja decorrente do fluxo sanguíneo aumentado, devido ao desvio de sangue da direita para a esquerda através da comunicação interventricular, sendo mais acentuada nos pacientes com TF e AP, antes da correção cirúrgica<sup>(19)</sup>. Todos os pacientes com TF e AP neste estudo apresentaram dilatação aórtica.

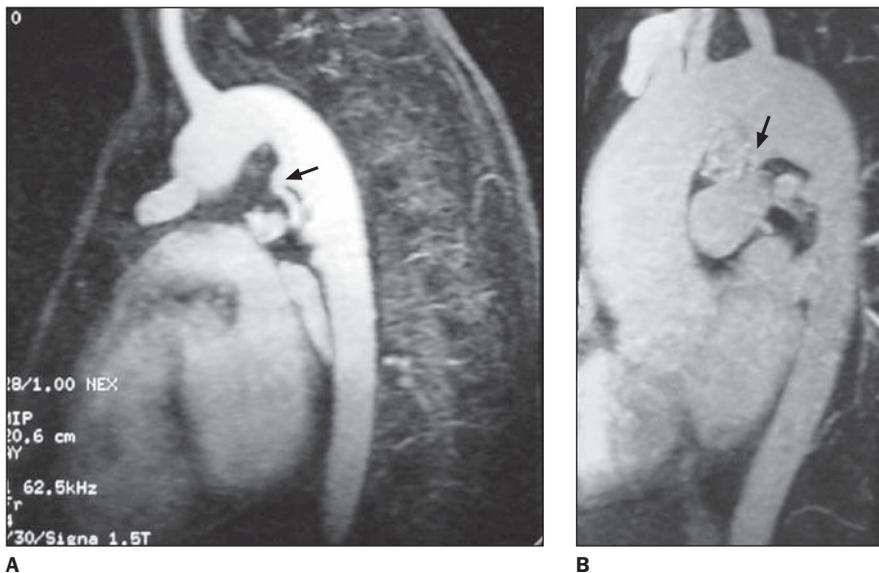
O arco aórtico estava situado à direita da coluna vertebral em 30% dos casos, estando de acordo com os 25% encontrados na maioria dos estudos de TF<sup>(1,2)</sup>. Nos pacientes com TF e AP, o arco aórtico pode estar à direita em 26% a 50% dos casos<sup>(2)</sup>. Beekman *et al.*<sup>(7)</sup> relataram concordância entre a RM e a angiografia na definição da posição do arco aórtico, sendo que três pacientes, entre os 18 estudados, tinham o arco aórtico à direita. Holmqvist *et al.*<sup>(5)</sup>



**Figura 10.** A angio-RM permitiu a identificação de três colaterais aorto-pulmonares. **A:** Duas colaterais (setas) se originam na aorta descendente torácica. **B:** A terceira (seta) se origina no tronco braquiocéfálico.



**Figura 11.** **A:** A angio-RM permitiu a identificação de uma collateral aorto-pulmonar (seta). **B:** Identificação de grande collateral aorto-pulmonar (seta).



**Figura 12.** Angio-RM evidenciando a aorta e o canal arterial pérvio (setas).

encontraram dois arcos aórticos à direita em 14 casos de TF estudados por RM.

**b) Artérias coronárias**

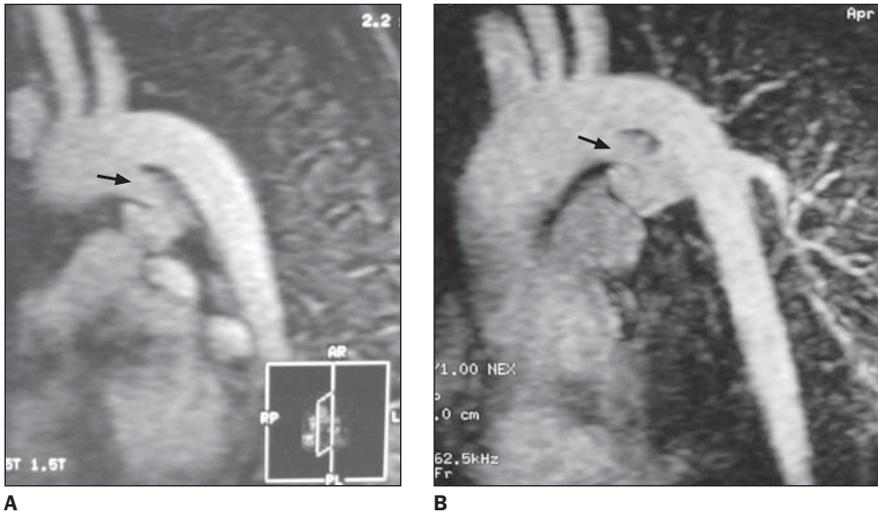
A avaliação da origem e do trajeto inicial da artéria coronária esquerda foi considerada insatisfatória. Foi possível avaliar a origem e um pequeno trajeto dos vasos em 75% dos casos, porém com certo grau de dificuldade. Além disso, houve impossibilidade de avaliação da artéria coronária esquerda em 25% dos casos.

A identificação da origem e do trajeto inicial da artéria coronária direita não foi possível em um número elevado de pacientes (45%). A avaliação permitiu a visualização, embora com certa dificuldade, da origem e de um pequeno trajeto da artéria coronária direita em 55% dos casos.

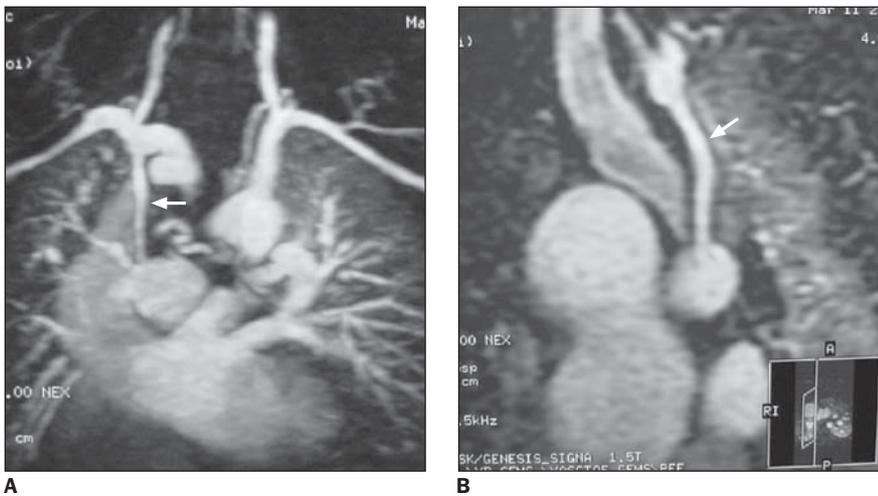
Alguns estudos consideram adequada a avaliação pré-operatória das artérias coronárias por meio da ecocardiografia. Need *et al.*<sup>(6)</sup> referem que a indicação de cateterismo cardíaco pré-operatório unicamente para a avaliação das artérias coronárias é desnecessária, embora reconheçam outras indicações para o cateterismo pré-operatório na TF, como a avaliação das artérias pulmonares distais e de colaterais aorto-pulmonares. A abordagem sugerida por esses autores é que seja realizada a avaliação das artérias coronárias pela ecocardiografia e, caso haja alguma dúvida, o cirurgião seja alertado para examinar cuidadosamente as artérias coronárias durante a cirurgia.

Por outro lado, alguns autores, como Gupta *et al.*<sup>(4)</sup>, continuam realizando cateterismo cardíaco de rotina no pré-operatório da TF e sugerem a utilização de protocolos específicos para a melhor definição das coronárias, como a angiografia coronariana seletiva, nos casos em que a aortografia não for adequada. Se, por um lado, este tipo de abordagem garante uma melhor definição da anatomia coronariana previamente à cirurgia, por outro lado, os pacientes são expostos a doses não desprezíveis de radiação ionizante, meio de contraste iodado e possíveis complicações.

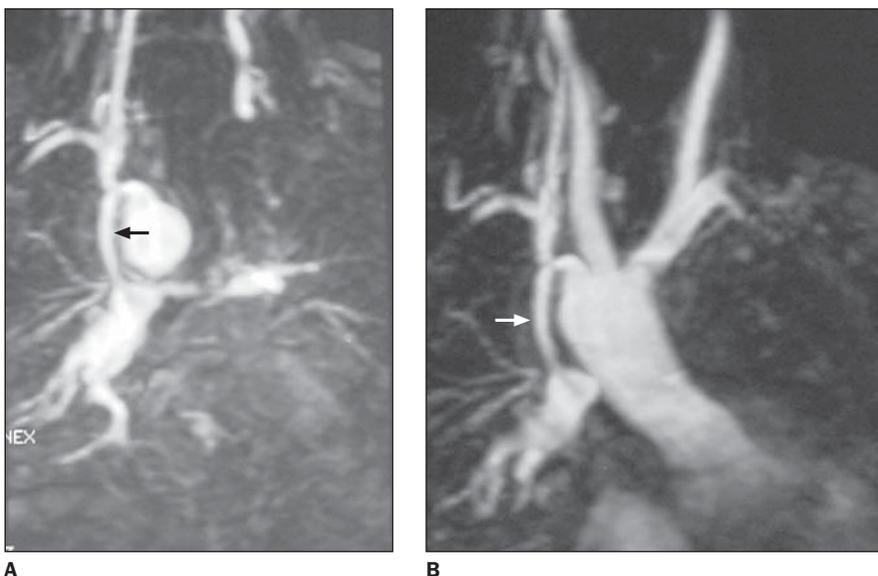
A melhor definição da anatomia coronariana através de um exame não-invasivo seria muito desejável. Nos estudos por RM, realizados em crianças com TF e outras formas de obstrução do trato de saída do



**Figura 13.** Angio-RM demonstrando canal arterial pérvio (setas).



**Figura 14.** Angio-RM demonstrando derivação de BT "modificada" à direita (setas).



**Figura 15.** Angio-RM demonstrando derivação de BT "modificada" à direita (setas).

ventrículo direito, não foi possível o estudo das artérias coronárias<sup>(5,7)</sup>. O presente estudo mostra que, embora os resultados tenham sido considerados insatisfatórios, é possível, em alguns casos, identificar a origem e o trajeto inicial das artérias coronárias. Atualmente, existem programas específicos para o estudo das coronárias por RM em adultos que, provavelmente, poderão ser aplicados em pacientes pediátricos, com resultados promissores<sup>(7)</sup>.

### c) Artérias pulmonares

O estudo por angio-RM permitiu excelente visualização das artérias pulmonares principal, direita e esquerda, possibilitando a avaliação qualitativa quanto à presença de dilatação, hipoplasia, estenose, ou quanto à ausência do vaso. Foram detectadas, no total, dez artérias pulmonares dilatadas (16,7%), seis artérias estreitas (hipoplasia leve) (10%), 13 artérias com hipoplasia importante (moderada a grave) (21,7%), cinco artérias com estenose na origem (8,3%), três artérias com estenose, seguida de dilatação (5%), e 22 artérias normais (36,7%). Uma artéria estava ausente (1,7%).

O elevado número de anomalias das artérias pulmonares no estudo está relacionado à seleção dos casos. Por não ter sido um estudo randomizado, tendo incluído pacientes referidos por cardiologistas pediátricos, o estudo envolveu um grande número de pacientes com AP, e de pacientes submetidos à cirurgia corretiva, que apresentavam suspeita ou evidências de estenose ou hipoplasia residual das artérias pulmonares. Os pacientes com AP foram encaminhados para o estudo porque geralmente apresentam múltiplas alterações na vascularização pulmonar. Na maioria dos casos, já haviam sido submetidos a um ou mais cateterismos e necessitavam de estudos pré-operatórios recentes, para verificar possíveis distorções das artérias pulmonares decorrentes de cirurgias prévias, ou para avaliar se houve algum crescimento das artérias pulmonares.

A excelente visualização das artérias pulmonares através da angio-RM, permitindo a avaliação adequada das artérias pulmonares, está de acordo com alguns trabalhos que mostraram boa correlação entre a avaliação qualitativa das artérias

pulmonares por angio-RM e por angiografia convencional<sup>(3,7,9,12,14,16)</sup>. Outros estudos<sup>(8,11,12,14,16)</sup> compararam diretamente os dois métodos e relataram boa correlação nas estimativas dos diâmetros das artérias pulmonares.

Kondo *et al.*<sup>(14)</sup>, em 2001, compararam a angio-RM com gadolínio com a angiografia, no diagnóstico de estenoses congênitas de artérias pulmonares, em 73 pacientes, e encontraram sensibilidade de 92,7% e especificidade de 96,2% na detecção de estenoses das artérias pulmonares direita e esquerda. As medidas dos diâmetros de 139 artérias pulmonares obtidas por angio-RM e por angiografia foram comparadas, e observou-se excelente correlação ( $p < 0,0001$ ). O índice de Nakata *et al.*<sup>(20)</sup> foi calculado em 37 pacientes pelos dois métodos, mostrando também excelente correlação ( $p < 0,0001$ ).

Geva *et al.*<sup>(16)</sup>, em 2002, utilizaram angio-RM com gadolínio na avaliação da anatomia vascular pulmonar em 32 pacientes com estenose pulmonar complexa ou AP. O estudo incluiu 13 pacientes com TF e AP e quatro pacientes com TF e estenose pulmonar. Os resultados foram comparados com a angiografia convencional e com achados cirúrgicos. A sensibilidade e a especificidade do método foram de 100% no diagnóstico de estenose ou hipoplasia das artérias pulmonares principal ( $n = 10$ ) e de ramos ( $n = 38$ ), bem como na definição de ausência ( $n = 5$ ) ou descontinuidade entre os ramos ( $n = 4$ ).

A excelente correlação entre as medidas das artérias pulmonares obtidas por angio-RM e por angiografia, nos estudos citados, indica a possibilidade da utilização da angio-RM no cálculo de índices das artérias pulmonares, como os índices de Nakata *et al.*<sup>(20)</sup>, de McGoon *et al.*<sup>(21)</sup>, e outros, que incluem a relação entre os diâmetros do anel pulmonar e do anel aórtico, ou a relação entre o diâmetro médio das artérias pulmonares direita e esquerda e o diâmetro da aorta ao nível do diafragma. Estes índices são importantes na definição da possibilidade de correção cirúrgica, e do prognóstico pós-operatório.

Strouse *et al.*<sup>(22)</sup> obtiveram correlação satisfatória entre as medidas das artérias pulmonares realizadas pelos dois métodos; no entanto, as medidas por RM foram li-

geiramente menores. Holmqvist *et al.*<sup>(5)</sup> observaram que as medidas por RM foram subestimadas em relação à angiografia. Isto parece ter prejudicado a avaliação qualitativa das artérias pulmonares direita e esquerda. No referido estudo, todas as estenoses detectadas pela angiografia foram identificadas pela RM, porém houve um número elevado de falso-positivos (cinco estenoses).

Um fator limitante na comparação entre as medidas realizadas pelos dois métodos é que o uso do diâmetro do cateter como medida de referência para a angiografia pode levar a uma margem de erro significativa<sup>(7)</sup>. Além disso, estima-se que haja uma variação no diâmetro das artérias pulmonares em torno de 4% a 10% durante o ciclo cardíaco, o que pode contribuir com a margem de erro, se considerarmos que a imagem por RM é obtida em diversas fases do ciclo cardíaco<sup>(5,7)</sup>.

#### d) Colaterais sistêmico-pulmonares

A angio-RM permitiu a identificação adequada de colaterais sistêmico-pulmonares. Todos os nove pacientes com TF e AP apresentavam colaterais, além de um paciente com TF e estenose pulmonar. Nesses dez pacientes foram identificadas 15 colaterais.

A possibilidade de identificar adequadamente colaterais sistêmico-pulmonares através de angio-RM está de acordo com o trabalho de Geva *et al.*<sup>(16)</sup>, no qual 48 colaterais identificadas pela angiografia convencional, em pacientes com estenose ou AP complexa, foram identificadas também por angio-RM, e outras três colaterais foram identificadas apenas pela angio-RM. Alguns estudos utilizando técnicas convencionais de RM, como spin-eco e cine gradiente-eco, mostraram a possibilidade de identificação de colaterais aorto-pulmonares<sup>(9,12)</sup>. No entanto, outros estudos, como o de Greenberg *et al.*<sup>(3)</sup>, não conseguiram avaliar as colaterais aorto-pulmonares com a técnica spin-eco. As técnicas convencionais de RM requerem tempos de aquisição relativamente longos para uma avaliação completa, principalmente se considerarmos que as colaterais podem ter origem desde as artérias subclávias, até a aorta descendente abdominal. Outras limitações dessas técnicas estão relacionadas

à difícil identificação de vasos muito finos, tortuosos, ou com fluxo sanguíneo lento.

#### e) Canal arterial

O estudo por angio-RM permitiu a identificação de canal arterial pérvio em seis pacientes (30% dos casos).

A presença de canal arterial pérvio foi detectada em 23% das 81 peças anatômicas de TF estudadas por Rao *et al.*<sup>(23)</sup> em 1971. Embora existam alguns trabalhos envolvendo o estudo de pacientes com TF por RM<sup>(3,5,7)</sup>, a detecção do canal arterial nesses estudos não foi comentada. No trabalho de Holmqvist *et al.*<sup>(5)</sup>, um paciente, entre os 14 estudados, apresentava um grande canal arterial que foi classificado como colateral aorto-pulmonar pelo estudo por RM.

#### f) Derivações sistêmico-pulmonares

A angio-RM mostrou-se bastante eficaz na avaliação de derivações sistêmico-pulmonares. As oito derivações de BT pérvias foram bem visualizadas. As duas derivações que não foram identificadas estavam ocluídas. No caso 8 a derivação havia sido ligada durante a cirurgia de correção. No caso 14, o paciente foi submetido à correção cirúrgica posteriormente, e a derivação não estava pérvia.

Estes achados estão de acordo com os resultados de alguns estudos que obtiveram uma boa identificação das derivações cirúrgicas por RM<sup>(24)</sup>. Rees *et al.*<sup>(9)</sup> conseguiram detectar cinco derivações pérvias e duas obstruídas, num total de 11 derivações, com a técnica spin-eco. Nos quatro casos restantes, as derivações não foram identificadas por RM nem por angiografia, e foram consideradas ocluídas. Canter *et al.*<sup>(12)</sup>, também utilizando técnicas convencionais de RM (spin-eco), identificaram as 11 derivações cirúrgicas visualizadas à angiografia, incluindo nove derivações de BT. Holmqvist *et al.*<sup>(5)</sup> também relataram a detecção de oito derivações de BT. Geva *et al.*<sup>(16)</sup>, utilizando angio-RM, obtiveram concordância com a angiografia convencional na identificação de nove derivações aorto-pulmonares e de quatro cavo-pulmonares.

Beekman *et al.*<sup>(7)</sup> obtiveram resultados insatisfatórios com a utilização da técnica spin-eco na detecção de derivações cirúr-

gicas. Apenas duas entre quatro derivações foram identificadas. Vick *et al.*<sup>(11)</sup> relataram boa detecção de oito derivações de BT; no entanto, foram obtidas aquisições em diversos planos para que essas estruturas fossem identificadas adequadamente.

### g) Considerações técnicas

Técnicas convencionais de RM têm algumas limitações, como a dificuldade de visualizar vasos pequenos, tortuosos e com fluxo lentificado. Estas limitações podem ser superadas utilizando as técnicas de angio-RM com meio de contraste paramagnético. A aquisição de imagens em curtos intervalos de tempo permite a melhor resolução das estruturas vasculares pela aquisição em apnéia, evitando o borramento das imagens causado pelo movimento respiratório. O uso de aquisições em três dimensões permite que as imagens sejam processadas de inúmeras formas, tornando mais fácil a análise dos dados obtidos. As técnicas mais utilizadas foram a reformatação em diversos ângulos, as projeções de intensidade máxima, e as reconstruções com superfície sombreada.

### h) Limitações

Não foi realizada comparação direta dos achados da RM com a angiografia convencional, ou com achados cirúrgicos ou patológicos. Alguns pacientes já haviam sido submetidos a estudo angiográfico convencional; porém, em alguns casos, o estudo havia sido realizado muito tempo antes, e em outros casos, os pacientes haviam sido submetidos a cirurgia cardíaca no intervalo entre os exames, o que inviabilizou a comparação direta entre as medidas das estruturas por RM e por angiografia convencional.

A necessidade de anestésiar os pacientes com idade inferior a dez anos tornou indesejável a realização dos dois estudos em um pequeno intervalo de tempo, já que estes pacientes seriam submetidos a dois exames sob anestesia geral. Optamos, portanto, por selecionar para o estudo pacientes que eram encaminhados pelo cardiologista pediátrico para avaliação por RM.

Um grupo de pacientes submetidos anteriormente a cateterismo necessitava uma nova avaliação das estruturas vasculares, principalmente da anatomia vascular

pulmonar. Como as imagens por angio-RM permitiram uma avaliação adequada das artérias pulmonares e de outras estruturas, como colaterais e derivações cirúrgicas, e a anatomia coronária já havia sido definida anteriormente pelo cateterismo, a realização de novo cateterismo foi considerada desnecessária. Outros pacientes, submetidos a correção cirúrgica, foram estudados para avaliar lesões residuais nas artérias pulmonares, ou para acompanhar estas lesões evolutivamente. Nestes casos a definição das artérias pulmonares por RM foi considerada adequada pela equipe médica, tornando desnecessária a realização de novo estudo por angiografia convencional.

### i) Considerações finais

O presente estudo está de acordo com a literatura, demonstrando que a RM é um método bastante útil na avaliação de pacientes com TF no pré e pós-operatório, podendo complementar as informações anatômicas obtidas pela ecocardiografia.

A angiografia convencional é ainda considerada o padrão ouro no estudo da anatomia vascular pulmonar em pacientes com TF, principalmente na TF com AP. No entanto, é um exame invasivo, que utiliza radiação ionizante, uso de meio de contraste iodado, e tem índice de complicações significativo.

A ecocardiografia é o método de escolha na avaliação da anatomia intracardíaca, porém tem algumas limitações, principalmente no estudo da anatomia vascular pulmonar.

Cateterismos seriados são muitas vezes realizados nestes pacientes para acompanhar o crescimento das artérias pulmonares após cirurgias paliativas, para definir a possibilidade e o momento apropriado para a cirurgia corretiva, ou para avaliar lesões residuais nas artérias pulmonares após a correção total.

A angiografia convencional pode ser substituída pela angio-RM na avaliação da anatomia vascular pulmonar, em diversas situações, evitando cateterismos repetidos e preservando o acesso vascular para possíveis intervenções futuras. Na presença de grandes colaterais aorto-pulmonares, a oclusão com prótese destas estruturas pode ser indicada. A angio-RM pode auxiliar no

planejamento do cateterismo intervencionista, minimizando a exposição à radiação ionizante e a quantidade de meio de contraste administrada.

Embora não tenha sido possível obter uma avaliação completa da anatomia coronariana neste estudo, é provável que a adaptação de programas já existentes para o estudo de artérias coronárias em adultos seja possível num futuro próximo.

### REFERÊNCIAS

1. Doyle TP, Kavanaugh-McHugh A, Graham TP. Tetralogy of Fallot and pulmonary atresia with ventricular septal defect. *In: Moller JH, Hoffman JIE, eds. Pediatric cardiovascular medicine. 1st ed. Philadelphia: Churchill Livingstone, 2000:391-408.*
2. Siwik ES, Patel CR, Zahka KG, Goldmuntz E. Tetralogy of Fallot. *In: Allen HD, Gutgesell HP, Clark EB, Driscoll DJ, eds. Moss and Adams' Heart disease in infants, children and adolescents. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001:880-902.*
3. Greenberg SB, Crisci KL, Koenig P, Robinson B, Anisman P, Russo P. Magnetic resonance imaging compared with echocardiography in the evaluation of pulmonary artery abnormalities in children with tetralogy of Fallot following palliative and corrective surgery. *Pediatr Radiol 1997;27:932-5.*
4. Gupta D, Saxena A, Kothari SS, *et al.* Detection of coronary artery anomalies in tetralogy of Fallot using a specific angiographic protocol. *Am J Cardiol 2001;87:241-4.*
5. Holmqvist C, Hochbergs P, Björkhem G, Brockstedt S, Laurin S. Pre-operative evaluation with MR in tetralogy of Fallot and pulmonary atresia with ventricular septal defect. *Acta Radiologica 2001; 42:63-9.*
6. Need LR, Powell AJ, del Nido P, Geva T. Coronary echocardiography in tetralogy of Fallot: diagnostic accuracy, resource utilization and surgical implications over 13 years. *J Am Coll Cardiol 2000;36: 1371-7.*
7. Beekman RP, Beek FJA, Meijboom EJ. Usefulness of MRI for the pre-operative evaluation of the pulmonary arteries in tetralogy of Fallot. *Magn Reson Imaging 1997;15:1005-15.*
8. Gomes AS, Lois JF, Williams RG. Pulmonary arteries: MR imaging in patients with congenital obstruction of the right ventricular outflow tract. *Radiology 1990;174:51-7.*
9. Rees RSO, Somerville J, Underwood SR, *et al.* Magnetic resonance imaging of the pulmonary arteries and their systemic connections in pulmonary atresia: comparison with angiographic and surgical findings. *Br Heart J 1987;58:621-6.*
10. Haramati LB, Glickstein JS, Issenberg HJ, Haramati N, Crooke GA. MR imaging and CT of vascular anomalies and connections in patients with congenital heart disease: significance in surgical planning. *RadioGraphics 2002;22:337-49.*
11. Vick GW III, Rokey R, Huhta JC, Mulvagh SL, Johnston DL. Nuclear magnetic resonance imaging of the pulmonary arteries, subpulmonary region, and aorticopulmonary shunts: a comparative study with two-dimensional echocardiography and angiography. *Am Heart J 1990;119:1103-10.*
12. Canter CE, Gutierrez FR, Mirowitz SA, Martin TC,

- Hartmann AF Jr. Evaluation of pulmonary arterial morphology in cyanotic congenital heart disease by magnetic resonance imaging. *Am Heart J* 1989;118:347-54.
13. Arpasi PJ, Bis KG, Shetty AN, White RD, Simonetti OP. MR angiography of the thoracic aorta with an electrocardiographically triggered breath-hold contrast-enhanced sequence. *RadioGraphics* 2000;20:107-20.
  14. Kondo C, Takada K, Yokoyama U, Nakajima Y, Momma K, Sakai F. Comparison of three-dimensional contrast-enhanced magnetic resonance angiography and axial radiographic angiography for diagnosing congenital stenoses in small pulmonary arteries. *Am J Cardiol* 2001;87:420-4.
  15. Krinsky GA, Rofsky NM, DeCorato DR, *et al.* Thoracic aorta: comparison of gadolinium-enhanced three-dimensional MR angiography with conventional MR imaging. *Radiology* 1997;202:183-93.
  16. Geva T, Greil GF, Marshall AC, Landzberg M, Powell AJ. Gadolinium-enhanced 3-dimensional magnetic resonance angiography of pulmonary blood supply in patients with complex pulmonary stenosis or atresia: comparison with X-ray angiography. *Circulation* 2002;106:473-8.
  17. Snider AR, Enderlein MA, Teitel DF, Juster RP. Two-dimensional echocardiographic determination of aortic and pulmonary artery sizes from infancy to adulthood in normal subjects. *Am J Cardiol* 1984;53:218-24.
  18. Fletcher BD, Jacobstein MD. MRI of congenital abnormalities of the great arteries. *AJR* 1986;146:941-8.
  19. Niwa K, Siu SC, Webb GD, Gatzoulis MA. Progressive aortic root dilatation in adults late after repair of tetralogy of Fallot. *Circulation* 2002;106:1374-8.
  20. Nakata S, Imai Y, Takanashi Y, *et al.* A new method for the quantitative standardization of cross-sectional areas of the pulmonary arteries in congenital heart diseases with decreased pulmonary blood flow. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984;88:610-9.
  21. McGoon DC, Baird DK, Davis GD. Surgical management of large bronchial collateral arteries with pulmonary stenosis or atresia. *Circulation* 1975;52:109-18.
  22. Strouse PJ, Hernandez RJ, Beekman RH III. Assessment of central pulmonary arteries in patients with obstructive lesions of the right ventricle: comparison of MR imaging and cineangiography. *AJR* 1996;167:1175-83.
  23. Rao BNS, Anderson RC, Edwards JE. Anatomic variations in the tetralogy of Fallot. *Am Heart J* 1971;81:361-71.
  24. Kersting-Sommerhoff GR, Seelos KC, Hardy C, Kondo C, Higgins SS, Higgins CB. Evaluation of surgical procedures for cyanotic congenital heart disease by using MR imaging. *AJR* 1990;155:259-66.