

原 著

## 成人動脈管開存症の診断における磁気共鳴画像法の意義： 超音波法との比較検討

三 神 大 世，高 辻 浩 也，橋 本 雅 幸  
福 田 洋 之，安 在 貞 祐，柿 木 滋 夫  
平 林 高 之，西 島 宏 隆，安 田 寿 一

北海道大学医学部循環器内科

はじめに

磁気共鳴画像法 (MRI) は、心臓大血管の形態、動態ならびに血流動態の非侵襲的観察に広く用いられるようになってきた<sup>1,2)</sup>。一般に MRI により得られる診断情報は超音波法によるそれと類似するが、両法それぞれに固有の長所と短所がある。動脈管開存症 (PDA) は、従来から超音波法による非侵襲的診断が可能とされているものの<sup>3,4)</sup>、成人例においては動脈管とその近傍の構造の描出がしばしば困難である<sup>5)</sup>。一方、MRI は超音波法に比し画像上の死角が生じにくいので、成人 PDA をより正確に診断できる可能性がある。本研究の目的は、成人 PDA の診断における MRI の有用性を、カラー・ドプラー法を

含む超音波法と比較検討することである。

対象と方法

対象は成人 PDA の 6 例である。全例が女性で、年齢は 37 歳から 69 歳までの平均 51 歳であった。PDA の診断には、1) 超音波法による短絡血流の動脈管からの噴出、2) 心カテーテル法によるカテーテルの動脈管通過、3) 血管造影による動脈管の描出または 4) 手術時の確認のいずれかを必須とした (表 1)。

MRI 装置は、Siemens 社製 1.5 T 超伝導型装置 (MAGNETOM) を用いた。多断面心電図同期 spin echo 法は、心拍数依存の繰り返し時間、エコー時間 12 msec、スライス厚 5 ないし 8 mm、matrix 128×256 で行い、主として矢状断面およ

キーワード Patent ductus arteriosus, Magnetic resonance imaging (MRI), Echocardiography

表1 対象となった動脈管開存症6例の臨床所見

症例	年齢 /性別	連続性雑音 の最強点	超音波法		心カテーテル法			血管造影	手術
			動脈管描出	短絡血流の描出	動脈管通過	短絡率	肺動脈圧	動脈管描出	
1	57歳女	1LSB	(-)	主肺動脈内乱流	(-)	28%	34/15(23)	(+)*	未施行
2	39歳女	2LSB	(-)	主肺動脈内乱流	(-)	61%	17/9(12)	(+)*	(+)*
3	69歳女	2LSB	(-)	主肺動脈内乱流	(-)	42%	35/20(25)	(+)*	(+)*
4	46歳女	2LSB	(±)	動脈管から乱流*	(+)*	41%	31/21(25)	未施行	(+)*
5	37歳女	2LSB	(+)	動脈管乱流通過*	未	施	行	未施行	未施行
6	55歳女	2LSB	(±)	動脈管から乱流*	未	施	行	未施行	未施行

\* 動脈管開存症の診断根拠となった所見, LSB: 胸骨左縁(数字は肋間を示す).

び主肺動脈の走行にそい水平断面を後ろ上りに傾斜させた断面(主肺動脈断面)を用い、動脈管とその周囲の構造を観察した(図1). Cine MRI法にはFLASH法を用い、flip angle 30°, エコー時間12 msecのrephase法またはflip angle 40°, エコー時間8 msecのいわゆるshort

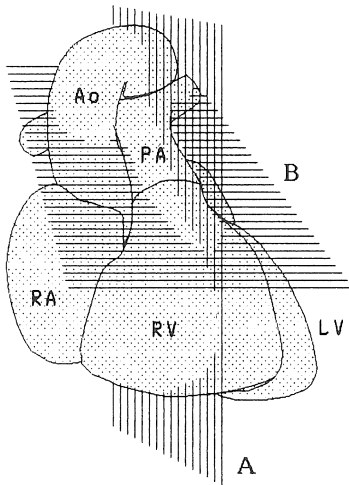


図1 動脈管開存症のMRI診断に用いた断面 Spin echo法には体軸方向の矢状断面(A)と主肺動脈の走行に沿う斜位方向の主肺動脈断面(B)の両断面を、また cine MRI法には主肺動脈断面(B)を用いた。

TE法を用いた<sup>6)</sup>。繰り返し時間は30ないし35 msec, スライス厚は10 mmおよびmatrixは128×256であった。前述の主肺動脈断面 spin echo像のうち最も明瞭に動脈管が描出された断面で cine MRIを撮像し、動脈管から主肺動脈にかけての短絡血流による低信号域を観察した。

超音波法には、Aloka社製SSD870超音波診断装置を用いた。探触子の発振周波数は3.5または2.5 MHzであった。胸骨左縁第1ないし第3肋間あるいは胸骨上窩から動脈管と主肺動脈を断層心エコー図法とカラー・ドプラー法によ

表2 動脈管と短絡血流の検出能に関する超音波法とMRI法との比較

症例	動脈管の描出		短絡血流の描出	
	超音波	MRI	超音波	MRI
1	×	○	△	○
2	×	○	△	○
3	×	○	△	○
4	△	×	○	○
5	○	○	○	○
6	△	○	○	○

○: 十分, △: 不十分, ×: 不可能

受付年月日 1990年9月10日

別刷請求先 (〒060) 北海道札幌市北区北15条西7丁目 北海道大学医学部循環器内科 三神大世

り観察した。

## 成 績

動脈管の直接的描出ならびに短絡血流とその吹き出し位置の確認の両者につき、MRI法の超音波法を比較した成績を表2に示す。spin echo法により、動脈管は6例中5例で明瞭に描出された(図2)。断層心エコー図法による動脈管の

直接描出は3例のみに可能であり、うち2例は不明瞭な描出にとどまった。また、spin echo法では、動脈管の形態や大動脈側の瘤状病変を観察することができた(図2, 3)。

主肺動脈断面を用いた cine MRIにより、PDAの短絡血流は、肺動脈分岐部付近より主肺動脈内腔を肺動脈弁方向に向かう低信号域として、全心周期にわたって観察された(図4, 5)。主肺動脈内における連続性の短絡血流の存在は、cine

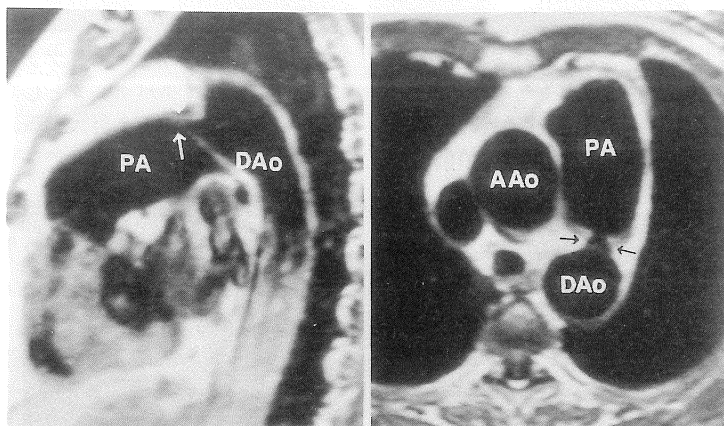


図2 Spin echo法による動脈管の描出  
症例1(57歳女性)の矢状断面像(左)と主肺動脈断面像(右)に動脈管(矢印)が描出されている。

る。AAo：上行大動脈，DAo：下行大動脈，PA：肺動脈。

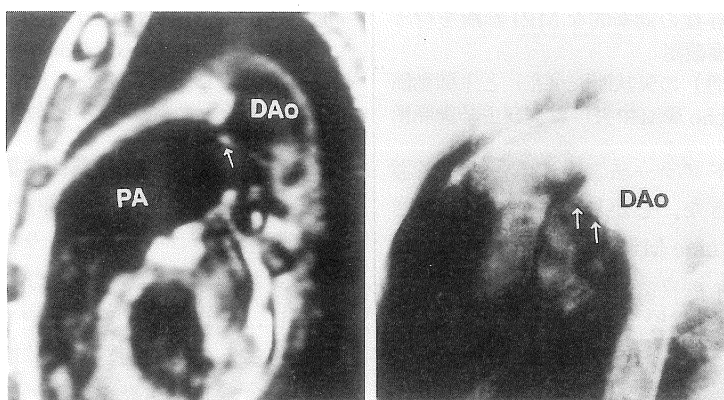


図3 Spin echo法による動脈管像の大動脈造影法との対応  
症例2(39歳女性)の矢状断面 spin echo 像(左)

と大動脈造影側面像(右)により描出された動脈管(矢印)を示す。DAo：大動脈，PA：肺動脈。

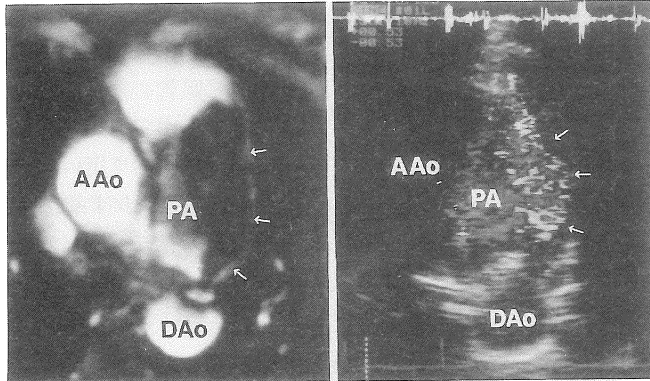


図4 Cine MRI法とカラー・ドプラー法による主肺動脈内の短絡血流  
症例4(46歳女性)においては、連続性の短絡血流が cine MRI法(左)により肺動脈内の低信号

域として、またカラー・ドプラー法(右)により同部位のモザイクパターンとして、ともに良好に描出された。AAo:上行大動脈, DAo:下行大動脈, PA:肺動脈。

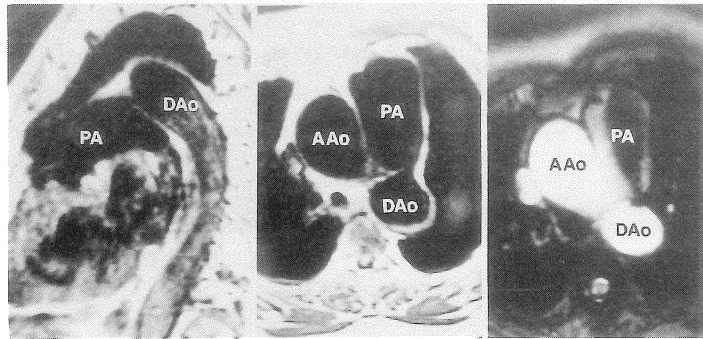


図5 動脈管閉存症の効率的なMRI診断を行うための断面設定  
症例6(55歳女性)の矢状断面(左)と主肺動脈断面での spin echo 像(中央)および主肺動脈断

面での cine MRI 像(右)を示す。本例では以上の3手技を位置決めなど検査準備を含めて30分余りで終えることができた。AAo:上行大動脈, DAo:下行大動脈, PA:肺動脈。

MRIとカラー・ドプラー法ともに6例全例で診断することができた。しかし、短絡血流の吹き出し口の同定は、cine MRIでは6例全例で可能であったのに対し、カラー・ドプラー法では3例のみに可能であった。

### 考案

MRIでは、spin echo法とcine MRI法とを併用することにより、心臓大血管の形態、動態

および血流動態を非侵襲的に観察することができる。このMRIによる画像情報は、超音波を用いた断層心エコー図法とカラー・ドプラー法によるそれと類似する。一般的に、現状のMRI装置では、検査に要する時間やコストの面で超音波法に劣るため、同程度の診断情報しか得られない場合、MRI検査を行う価値は少ない。一方、超音波法では被検者により画像の良否の差が大きく、また画像に死角を生じやすく、心大血管の全貌を観察するのが困難な場合も多い。

最近, MRI の先天性心疾患への応用が進みつつあるが, PDA の診断に関する検討は従来ほとんどみられない<sup>7-10)</sup>。新生児や小児の PDA は, 従来から超音波法, とくにカラー・ドプラー法により診断可能とされている。超音波透過性の良い小児においては, 動脈管の直接的描出やこれを通過する血流を十分な観察することが可能である<sup>3-4)</sup>。しかし, 成人では超音波透過性が低下するため, 肺による超音波遮断の影響を受け易い主肺動脈, なかでも前胸壁から遠い動脈管の近傍では, 超音波法による描出がしばしば不十分となる<sup>9)</sup>。たとえカラー・ドプラー法を用いても, 本症と冠動脈肺動脈瘻との鑑別に苦慮することがまれではない。

本研究により, PDA 例における主肺動脈内の短絡血流の描出については両法とも十分であるが, 動脈管およびその近傍の肺動脈の形態や血流の描出については MRI が超音波法に優ることが示された。また, MRI では PDA の存在のみならず, 動脈管およびその大動脈側の形態観察についても有用である可能性が示され, percutaneous catheter occlusion の術前診断への応用も考えられた<sup>11,12)</sup>。以上のような成績が得られたのは, MRI 法が超音波法に比し, 画像上の死角を生じにくく, また画質や分解能が前胸壁からの距離に依存しないためと考えられた。

最近, 経食道アプローチによる心臓の超音波診断法が進歩しつつあり, 体表面アプローチに比し良好な画質の得られる点が注目されてきた。今回の検討では超音波法として体表面からのアプローチのみを用いたが, 経食道法を併用すれば今後その診断能が向上する可能性もある。しかし, 現状の経食道超音波法は断面設定の自由度に乏しく, また必ずしも非侵襲的とはいえない点で MRI 法に劣ると考えられた。

現時点における MRI 検査法の最大の問題点は, 検査に長時間を要する点であろう。とくに超音波法と比較すると, MRI 法では 1 つの断面

を得るのにはるかに長い時間を要する。従って, MRI 法では超音波法では得にくい情報をいかに少ない断面で効率良く得るかが重要と考えられる。本研究の初期において, 我々は PDA 診断のために長時間をかけて種々の断面設定を試みた。しかし, 経験の蓄積に伴い, 本文に述べた矢状断面と主肺動脈断面での spin echo 法および主肺動脈断面での cine MRI 法を中心に検査を行うようになった(図 5)。この 3 つの手技を行うだけなら, 検査準備を含めても 40 分程度で効率的に検査を行うことができる。ただし, 我々は, 他の合併奇形検索のため水平方向多断面 spin echo 法および各房室拡大, 左室機能および房室弁逆流などを観察するため四腔断面 cine MRI 法を併用し, 合計 1 時間程度を目安として検査を行うこととしている。

以上, MRI 法は, PDA における短絡血流の同定, 動脈管そのものの描出, さらに本症に付随する大動脈の瘤状突出などの診断に有用であると考えられた。成人でも比較的頻度の高い先天性疾患中, 合併奇形を有さない通常の心房中隔欠損症や心室中隔欠損症では超音波法による診断が容易であるのに対し, 成人 PDA の診断においては, MRI 法を行う価値が高いと考えられた。

## 文 献

- 1) Sechtem U, Pflugfelder PW, White RD, et al.: Cine MR imaging; Potential for the evaluation of cardiovascular function. *AJR* 148: 239-246, 1987
- 2) 大西修作, 福井須賀男, 渥美千里ほか: 高速スキャンによる心血管腔内血流動態の検討. *日磁医誌* 8: 3-9, 1988
- 3) Sahn DJ, Allen HD: Real-time cross-sectional echocardiographic imaging and measurement of the patent ductus arteriosus in infants and children. *Circulation* 58: 343-354, 1978
- 4) Swensson RE, Valdes-Cruz LM, Sahn DJ, et al.: Real-time Doppler color flow mapping for

- detection of patent ductus arteriosus. *J Am Coll Cardiol* 8 : 1105-1112, 1986
- 5) Fuster V, Driscoll DJ, McGoon DC: Patent ductus arteriosus and other aorticopulmonary communications. In *Cardiology*, ed by Brandenburg RO, Year Book Publishers, 1987, p 1421-1431
  - 6) 大西修作, 福井須賀男, 守田瑠璃子ほか: シネMRI法における位相補正の意義: 弁逆流疾患における検討. *日磁医誌* 9 : 175-181, 1989
  - 7) 榊原誠, 小林史朗, 今井均ほか: 磁気共鳴画像による心房中隔欠損症の診断. *J Cardiology* 17 : 817-829, 1987
  - 8) Sechtem U, Pflugfelder P, Cassidy MC, et al.: Ventricular septal defect: Visualization of shunt flow and determination of shunt size by cine MR imaging. *AJR* 149 : 689-692, 1987
  - 9) 赤木禎治, 清松由美, 加藤裕久ほか: 先天性心疾患におけるシネMRIの有用性: 形態診断と血行動態評価. *日磁医誌* 9 : 13-19, 1989
  - 10) Vick GW, 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* 119 : 1103-1110, 1990
  - 11) Rashkind WJ, Mullins CE, Helladbrand WE, et al.: Nonsurgical closure of patent ductus arteriosus: clinical application of the Rashkind PDA occluder system. *Circulation* 75 : 583-592, 1987
  - 12) Krichenko A, Benson LN, Burrows P, et al.: Angiographic classification of the isolated, persistently patent ductus arteriosus and implications for percutaneous catheter occlusion. *Am J Cardiol* 63 : 877-880, 1989

**Magnetic resonance imaging for detection of  
patent ductus arteriosus in the adult patients :  
Comparisson with echocardiography**

TAISEI MIKAMI, HIROYA TAKATUJI  
MASAYUKI HASHIMOTO, HIROYUKI FUKUDA  
TEISUKE ANZAI, SHIGEO KAKINOKI  
TAKAYUKI HIRABAYASHI, HIROTAKA NISHIJIMA  
HISAKAZU YASUDA

*Department of Cardiovascular Medicine, Hokkaido University School of Medicine  
Kita-15, Nishi-7, Kita-ku, Sapporo, 060, Japan.*

The purpose of this study is to determine the role of magnetic resonance imaging for the diagnosis of patent ductus arteriosus (PDA) in adult patients. We studied 6 patients with PDA and their ages ranged from 37 to 69 years old. The ductus and the structures around it were visualized by spin-echo sequence using the sagittal plane and the oblique plane which rose anteroposteriorly along to the main pulmonary artery (MPA plane). A low signal area in the pulmonary artery due to the shunt from the ductus was studied by cine MRI using the MPA plane. Two-dimensional echocardiography and color Doppler flow imaging were performed using the left parasternal and the suprasternal approaches.

The ductus was clearly visualized in 5 of 6 patients by the spin-echo technique but the sufficient dection of the ductus was obtained only in 1 patient by two-dimensional echocardiography. The systolic and diastolic turbulence in the main pulmonary artery was detected in all 6 patients both by cine MRI and by color flow imaging. However, the orifice and the proximal portion of the jet was clearly visualized only in 3 patients by color flow imaging in contrast to the visualization of the entire picture of the jet in all 6 patients by cine MRI.

Thus, MRI is a very useful non-invasive method for the correct diagnosis of PDA in the adult patients, in whom echocardiographic examination of the pulmonary artery is often inadequate because of poor ultrasonic penetration.