

シネ磁気共鳴映像法による  
大動脈瘤内血流の検討Evaluation of blood flow in  
aortic aneurysm and dissec-  
tion by cine magnetic reso-  
nance imaging

小林 史朗\*  
隈井 俊彦  
関谷 政夫  
今関 安雄  
渡辺 滋  
増田 善昭  
稲垣 義明  
橋本 隆裕\*\*  
池平 博夫\*\*  
館野 之男\*\*

Shiro KOBAYASHI\*  
Toshihiko KUMAI  
Masao SEKIYA  
Yasuo IMAZEKI  
Shigeru WATANABE  
Yoshiaki MASUDA  
Yoshiaki INAGAKI  
Takahiro HASHIMOTO\*\*  
Hiroo IKEHIRA\*\*  
Yukio TATENO\*\*

**Summary**

The blood flow in aortic aneurysms and dissections was evaluated using cine MR imaging which depicts turbulent blood flow as a signal loss within a high-intensity blood pool or flowing blood. Six patients with 8 aortic aneurysms ranging 38 to 70 mm in diameter, and 16 patients with aortic dissections were imaged with a 0.5 or 1.5 T superconducting magnet using an ECG-gated fast field echo technique. Circulating flows were observed in 3 of 8 aortic aneurysms. This suggests that turbulent blood flow did not occur prominently in the relatively small aortic aneurysms imaged in this study. The false lumens were thrombosed in 2 of 16 aortic dissections. In 13 of the remaining 14 dissections jet flows were observed through the entry into the false lumen. In 2 of these cases the jet flows moved to and fro through the entry. The entry was not detected in a small abdominal aortic dissection. Re-entry was seen in one case. Using a spin-echo imaging technique, the entry can be diagnosed by detecting the interruption of the intimal flap and the flow void within the false lumen. However, the entry was more clearly depicted and the direction of blood flow better determined by cine MR imaging compared with the conventional spin-echo imaging technique. Cine MR imaging provides useful information about the blood flow in aortic aneurysms and dissections noninvasively.

**Key words**

Cine magnetic resonance imaging

Turbulent blood flow

Flow void

Aortic aneurysm

Aortic dissection

千葉大学医学部 第三内科

千葉市中央区亥鼻 1-8-1 (〒260)

\* (現) 川鉄病院 内科

千葉市中央区南町 1-11-12 (〒260)

\*\* 放射線医学総合研究所 臨床研究部

千葉市稲毛区穴川 4-9-1 (〒263)

The Third Department of Internal Medicine, Chiba University School of Medicine, Inohana 1-8-1, Chuo-ku, Chiba 260

\* (present) Department of Internal Medicine, Kawatetsu Hospital, Minami-machi 1-11-12, Chuo-ku, Chiba 260

\*\* Division of Clinical Research, National Institute of Radiological Sciences, Anagawa 4-9-1, Inage-ku, Chiba 263

Received for publication December 7, 1991; accepted October 27, 1992 (Ref. No. 39-PS191)

はじめに

大動脈瘤に対する画像診断法として、従来より、大動脈造影法、X線CT、MRI、RIおよび超音波断層法などが広く用いられている。そのうち、非侵襲的画像診断法としては、経食道ドップラー断層法<sup>1)</sup>、造影CT<sup>2)</sup>およびMRI<sup>2-20)</sup>の診断能が優れているとされているが、超音波断層法では観察範囲が限られていることがあり、造影CTおよびspin-echo (SE)法MRIでは血流情報に乏しい。一方、シネMRIでは高信号の血流内に乱流が信号欠損(flow void)として描出され、さらに任意の断面像を動画で観察でき血流動態が評価できる<sup>9,12-16,18-20)</sup>。そこで、シネMRIの真性大動脈瘤および解離性大動脈瘤の瘤内血流に対する診断の有用性を検討した。

対象と方法

対象は造影CTなどによりすでに診断の確定している大動脈瘤患者22例で、その内訳は真性大動脈瘤6例8病変(嚢状瘤4・紡錘状瘤4、男5例・女1例、年齢52-77歳・平均67±10歳、Table 1)、解離性大動脈瘤16例(DeBakey I型3例・IIIb型13例、男9例・女7例、年齢40-75歳、平均61±10歳、Table 2)である。シネMRIは、心電図のR波

をトリガーとする心拍同期fast field echo法を用い、22例中16例は0.5 Tesla (T)超伝導型MR装置(東芝製MRT-50A)で、残りの6例は、1.5 T超伝導型MR装置(Philips製Gyrosan S15)で撮像した。撮像条件はエコー時間22 msec (0.5 T)、12-20 msec (1.5 T)、繰り返し時間55 msec (0.5 T)、34-40 msec (1.5 T)、フリップ角30° (0.5 T)、45° (1.5 T)、スライス厚10 mm、収集マトリックス128×128およびアベレーシング4回を用いた。得られた画像につき、動画および静止画像における瘤内のflow voidを検討した。

結 果

1. 真性大動脈瘤

真性大動脈瘤では、6個の瘤内に低信号の血栓が認められた。径42 mmの紡錘状瘤、径55 mm、70 mmの嚢状瘤の計3例の瘤内に無-低信号の旋回流が描出されたが、他の瘤内には明らかな旋回流はみられなかった(Table 1)。

Fig. 1は下行大動脈嚢状瘤の症例(Patient 5)のシネMRIであるが、瘤内に左上方から経時的に反時計方向回転(主流から分かれた血流が遠位側瘤壁から近位側瘤壁に沿って旋回)する低信号の血流が描出され、旋回流と考えられた。

Table 1. Cine MR findings in patients with aortic aneurysms

Patient No.	Age (yrs)/ Sex	Cine MR findings				
		Site	Shape	Diameter (mm)	Thrombi	Circulating flow
1	52/F	Arch	Saccular	40		
2	68/M	DA	Fusiform	38	+	
		AbA	Fusiform	42	+	+
3	60/M	DA	Fusiform	45	+	
4	76/M	Arch	Saccular	50		
		AbA	Fusiform	70	+	
5	66/M	DA	Saccular	70	+	+
6	77/M	Arch	Saccular	55	+	+

All cases were imaged with a 0.5 T superconducting magnet.

MR=magnetic resonance; DA=descending aorta; AbA=abdominal aorta.

Table 2. Cine MR findings in patients with aortic dissections

Patient No.	Age(yrs)/ Sex	Type (DeBakey)	Cine MR findings			
			False lumen	Entry	To-and-fro	Re-entry
7*	72/M	IIIb		+		
8*	49/F	IIIb		+		
9*	61/M	I		+		
10*	50/F	I		+		
11*	40/M	IIIb		+		
12*	65/M	IIIb		+		
13	73/F	IIIb	Thrombosed	-		
14	72/M	IIIb		+	+	+
15	69/F	I		+	+	
16	67/F	IIIb	Thrombosed	-		
17	63/M	IIIb		+		
18	52/M	IIIb (AbA)		-		
19	54/M	IIIb		+		
20	56/F	IIIb		+		
21	75/F	IIIb		+		
22	55/M	IIIb		+		

\*Imaged with a 1.5T superconducting magnet. The other 10 patients were imaged with a 0.5T superconducting magnet. Abbreviations as in Table 1.

## 2. 解離性大動脈瘤

解離性大動脈流では、低信号の intimal flap の描出により真腔と偽腔の同定が可能であった。また真腔から偽腔へ向かう flow void により entry の同定が可能であった。偽腔内の血栓は血流部分に比し低信号で描出され、その同定が可能であった。16例の解離性大動脈瘤では、偽腔が血栓化されていた2例を除き14例中13例で entry を通る血流が無信号領域として偽腔内に描出され、そのうち2例は to-and-fro 血流を呈していた。Entry が描出されなかった1例は解離範囲の小さな腹部限局性の大動脈解離であった。また re-entry を通る血流が真腔内に描出された例も1例あった (Table 2)。

Fig. 2 は DeBakey IIIb 型の症例 (Patient 14) のシネMRIであるが、低信号の intimal flap により高信号の真腔と偽腔の同定が可能で逆行性解離を伴っており、その偽腔内の血栓は血流部分に比べ低信号で描出されている。

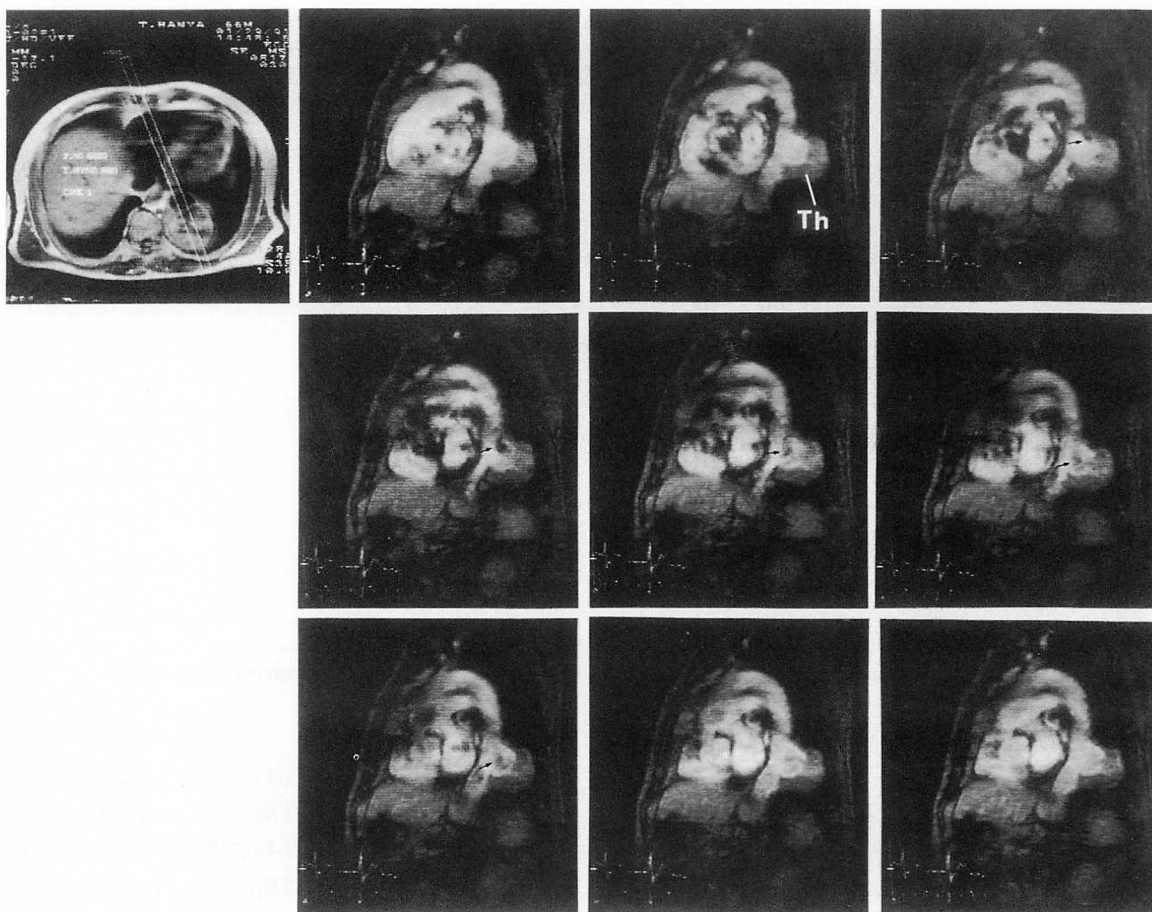
収縮早期より真腔から entry を通して偽腔に向か

う血流、および拡張早期に偽腔から真腔に向かう血流が信号欠損として描出され、to-and-fro 血流を呈している。また拡張早期に偽腔から真腔に向かう血流が信号欠損として描出され、re-entry からの血流と考えられた。

## 考 按

MRI は非侵襲的であり、高いコントラスト分解能を有し、任意の断面像が得られ、組織性状を診断でき、その有用性はすでに確立されている。従来の SE 法を用いて心血管領域では、形態診断<sup>2,4,6,10</sup>、機能診断<sup>9</sup>、組織診断<sup>3</sup>、血流診断<sup>5,7,10,11</sup> など多くの報告がある。最近開発されたシネ MRI においては、短時間で多くの時相での撮像ができ、さらに乱流が検出できるため、心機能<sup>9,16</sup>、弁逆流<sup>12,20</sup>、大動脈弁狭窄<sup>14</sup>、大動脈解離<sup>13,15,18,19</sup> などで応用されている。

MRI による血流の画像化について従来の SE 法においては、高速の血流では励起された水素原子



**Fig. 1. Oblique cine magnetic resonance (MR) images through the descending aorta in a 66-year-old man with a saccular aneurysm (Patient 5).**

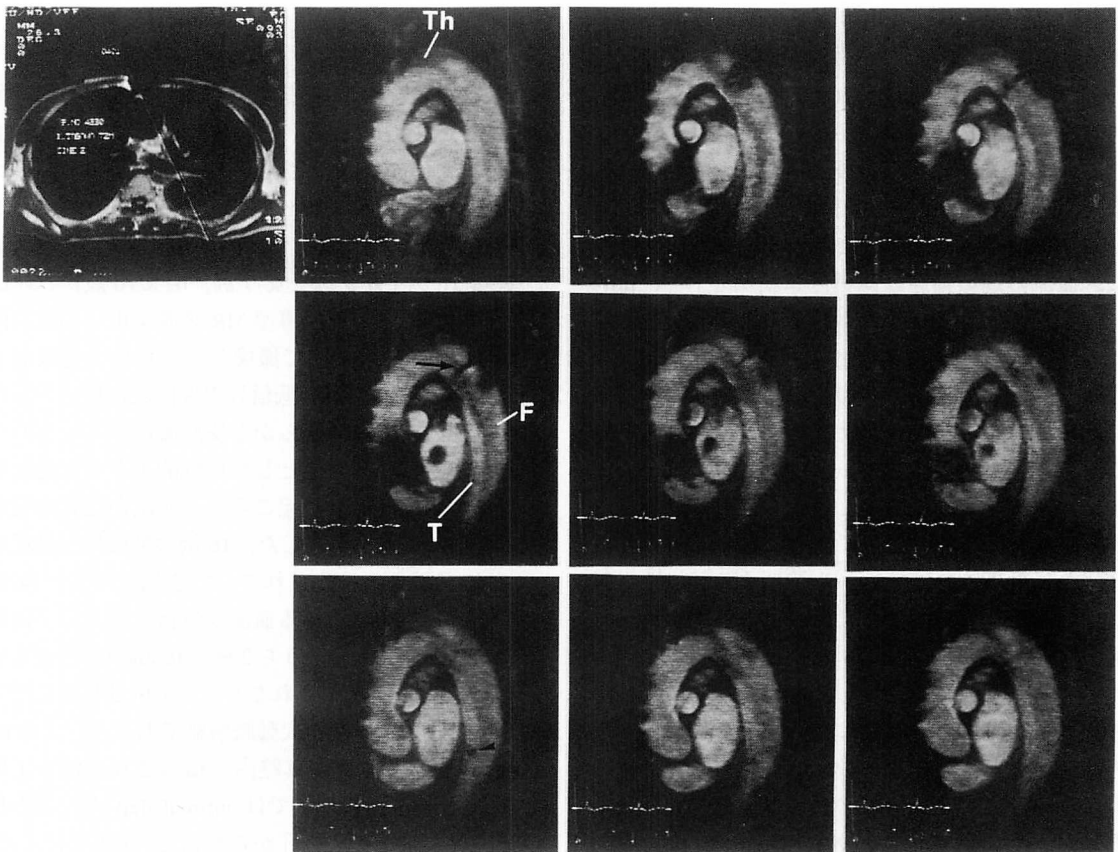
Cine MR images were obtained based on a scout view using spin-echo transaxial imaging (top left). Images proceed from the upper left to the lower right panel with an interval of 55 msec. The first frame represents end-diastole, and the sixth end-systole. Lower-intensity thrombi (Th) are seen in the aneurysm. The flow void is turning (arrows) showing circulating blood flow in the aneurysm.

が撮像スライスから流出し、また乱流ではスピンの位相が乱れ信号が減弱するのに対し、緩徐な血流では励起された水素原子が撮像スライス内にとどまり高信号で描出される<sup>5)</sup>ため、心筋梗塞など心機能低下例の心腔内、僧帽弁狭窄症の左房内、シャント疾患など肺高血圧症の肺動脈内、大動脈瘤の瘤内に緩徐な血流が無信号の心腔や血管内に高信号で描出される<sup>7,10,11)</sup>。一方、シネMRIではエコー時間が短いため撮像スライス内へ常に飽和さ

れていないスピが入り心腔や血流部分は高信号で描出され、乱流ではスピンの位相が乱れているため信号が減弱する<sup>19,21)</sup>。

本研究において下記のような所見が得られた。

1. シネMRIでは、真性大動脈瘤の瘤内や解離性大動脈瘤の偽腔内の血栓が血流部分に比べ低信号で描出され、その同定が可能であった。しかし血栓と血流部分の同定が困難なことが少なくなく、血栓に対する診断能は、第2エコー像や inver-



**Fig. 2.** Oblique cine MR images through the thoracic aorta in a 72-year-old man with an aortic dissection (Patient 14).

Cine MR image was based on a scout view using a spin-echo transaxial imaging (top left). Images proceed from the upper left to the lower-right panel with an interval of 55 msec. The first frame represents end-diastole, the sixth end-systole. The lower-intensity intimal flap divides the true lumen (T) from the false lumen (F). Retrograde dissection with thrombi (Th) is seen in the false lumen. The jet flow is observed through the entry (arrow) into the false lumen during systole, and into the true lumen in early diastole showing “to-and-fro” blood flow. Jet flow is also observed through the re-entry (arrowhead) in early diastole.

sion recovery 像のように、必ずしも良好な画像が得られず、血栓と偽腔内血流など遅い血流部分の同定の困難な<sup>10,11)</sup> SE 法には優るものの、造影 CT より劣るものと考えられた。

2. シネ MRI では、真性大動脈瘤 3 例の瘤内に無-低信号の旋回流が描出され、大西らの報告<sup>15)</sup>と一致したが、他の瘤内には明らかな旋回流はみられなかった。これらの旋回流は、従来いわれていたように、主流から分かれた血流が遠位側瘤壁か

ら近位側瘤壁を沿い瘤内を旋回していた。SE 法では瘤内の緩徐な血流が高信号で描出されるが血流の方向性は診断できないのに対し、シネ MRI では瘤内の経時的な血流の方向性が診断でき有用と考えられた。また旋回流の検出が少なかったことは、今回対象とした比較的小さな大動脈瘤では強い乱流形成が起こらず、血流が比較的安定しているためと思われた。

3. シネ MRI では、解離性大動脈瘤の瘤内で低

信号の intimal flap が描出され, 真腔と偽腔の同定が可能であった。これらに対する診断能は造影CTおよびSE法と同等と思われた。また真腔から偽腔へ向かう flow void により entry の同定が可能だった。Entry の同定は手術手技決定のうえで大切であるが, 造影CTでは多くの例で診断が不能である。一方, SE法では一般に, 血流の速い真腔は無信号に, 血流の遅い偽腔は高信号に描出され<sup>10)</sup>, intimal flap の部分的な欠損およびその欠損孔から高信号の偽腔に向かう flow void の存在により entry の診断が可能であるが, その検出率は榊原の報告<sup>17)</sup>では約 90% であり, 少数例では診断が困難である。また, 大動脈壁のアーチファクトを intimal flap と判定し大動脈解離と診断したり<sup>22)</sup>, intimal flap が石灰化していたり可動性に富んでいても部分的な欠損と判定して entry と診断する可能性がある。しかしシネMRIでは, flow void がより明瞭に描出され, entry を通る to-and-fro 血流および re-entry からと思われる血流も検出されることがあり, さらに血流の方向性についても診断でき, その診断能はより大と考えられた。

血流分野におけるMRIの進歩は長足で, 今回報告したシネMRIの他に, MRアンギオ, 流速測定なども可能となっており, 今後さらなる改良が期待される。

## 結 論

シネMRIを大動脈瘤 22 例に施行した。

1. 真性大動脈瘤では, 瘤内に無-低信号の旋回流が描出された。
2. 解離性大動脈瘤では, entry を通る血流が無信号域として偽腔内に描出され, to-and-fro 血流も描出された。また re-entry を通る血流が真腔内に描出された。

以上から, シネMRIは大動脈瘤内の血流動態の把握に有用であり, SE法に比し診断能はより大と考えられた。

## 要 約

シネMRIでは, 高信号の血流内に乱流を信号欠損として描出できる。そこで, シネMRIの大動脈瘤内の血流に対する診断の有用性を検討した。対象は大動脈瘤患者 22 例で, その内訳は真性大動脈瘤 6 例(男 5 例・女 1 例, 67±10 歳), 解離性大動脈瘤 16 例(男 9 例・女 7 例, 61±10 歳)である。0.5 または 1.5 T 超伝導型 MR 装置を用い心電図同期 fast field echo 法で撮像した。真性大動脈瘤では, 3 例の瘤内に無-低信号の旋回流が描出されたが, 他の瘤内には明らかな旋回流はみられなかった。これは今回対象とした比較的小さな大動脈瘤では強い乱流形成が起こらず, 血流が比較的安定していることを示唆した。16 例の解離性大動脈瘤では, 偽腔が血栓化されていた 2 例を除き, 14 例中 13 例で entry を通る血流が無信号域として偽腔内に描出され, そのうち 2 例は to-and-fro 血流を呈した。Entry が描出されなかった 1 例は解離範囲の小さな腹部限局性の大動脈解離であった。また re-entry を通る血流が真腔内に描出された例も 1 例あった。spin-echo 法では intimal flap の欠損の描出, およびその欠損孔から高信号の偽腔内に向かう無信号領域の存在により entry の診断が可能であるが, シネMRIでは entry をより明瞭に検出し, さらに血流の方向性についても診断でき, その診断能はより大と考えられた。

## 謝 辞

本研究の一部は山王病院設置の 0.5 T 超伝導型 MR 装置(東芝製 MRT-50A)を用いて行った。谷嶋つね先生, 谷嶋俊雄先生のご好意に深く感謝いたします。

## 文 献

- 1) Hashimoto S, Kumada T, Osakada G, Kubo S, Tokunaga S, Tamaki S, Yamazato A, Nishimura K, Ban T, Kawai C: Assessment of transesophageal Doppler echography in dissecting aortic aneurysm. J Am Coll Cardiol 14: 1253-1262, 1989
- 2) Masuda Y, Yamada Z, Morooka N, Watanabe S, Inagaki Y: Usefulness of X-ray CT and magnetic resonance im-

- aging to evaluate diagnosis and prognosis of aortic dissection. *J Jpn Coll Angiol* **31** : 373-376, 1991 (in Japanese)
- 3) McNamara MT, Higgins CB, Schechtmann N, Botvinick E, Lipton MJ, Chatterjee K, Amparo EG : Detection and characterization of acute myocardial infarction in man with use of gated magnetic resonance. *Circulation* **71** : 717-724, 1985
  - 4) Higgins CB, Lanzer P, Stark D, Botvinick E, Schiller NB, Lipton MJ, Crooks LC, Kaufman L : Assessment of cardiac anatomy using nuclear magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* **5** : 77S-81S, 1985
  - 5) Bradley WG, Waluch V : Blood flow: Magnetic resonance imaging. *Radiology* **154** : 443-450, 1985
  - 6) Amparo EG, Higgins CB, Hricak H, Sollitto R : Aortic dissection : Magnetic resonance imaging. *Radiology* **155** : 399-406, 1985
  - 7) von Schulthess GK, Fisher M, Crooks LE, Higgins CB : Gated MR imaging of the heart : Intracardiac signals in patients and healthy subjects. *Radiology* **156** : 125-132, 1985
  - 8) Rehr RB, Malloy CR, Filipchuk NG, Peshock RM : Left ventricular volumes measured by MR imaging. *Radiology* **156** : 717-719, 1985
  - 9) Sechtem U, Pflugfelder PW, Gould RG, Cassidy MM, Higgins CB : Measurement of right and left ventricular volumes in healthy individuals with cine MR imaging. *Radiology* **163** : 697-702, 1987
  - 10) Imai H, Kobayashi S, Sakakibara M, Watanabe S, Masuda Y, Inagaki Y : Diagnosis of the entry of aortic dissection by MRI : Flow model and clinical observation. *J Jpn Coll Angiol* **28** : 1205-1214, 1988 (in Japanese)
  - 11) Watanabe S, Kobayashi S, Sakakibara M, Imazeki Y, Imai H, Masuda Y, Inagaki Y : An evaluation of blood flow by MRI. *J Jpn Coll Angiol* **28** : 1235-1241, 1988 (in Japanese)
  - 12) Sechtem U, Pflugfelder PW, Cassidy MM, White RD, Cheitlin MD, Schiller NB, Higgins CB : Mitral or aortic regurgitation : Quantification of regurgitant volumes with cine MR imaging. *Radiology* **167** : 425-430, 1988
  - 13) Fruehwald FX, Neuhold A, Fezoulidis J, Globbits S, Mary H, Wicke K, Glogar D : Cine-MR in dissection of the thoracic aorta. *Eur J Radiol* **9** : 37-41, 1989
  - 14) de Roos A, Reichel N, Axel L, Kressel HY : Cine MR imaging in aortic stenosis. *J Comput Assist Tomogr* **13** : 421-425, 1989
  - 15) Ohnishi S, Fukui S, Kusuoka H, Kitabatake A, Kamada T : A study of intraluminal flow in patients with aortic disease by cine magnetic resonance imaging. *Jpn J Magn Reson* **9** : 258-266, 1990 (in Japanese)
  - 16) Suzuki J, Caputo GR, Masui T, O'Sullivan M, Higgins CB : Assessment of right ventricular diastolic and systolic function in patients with dilated cardiomyopathy using magnetic resonance imaging. *Am Heart J* **122** : 1035-1040, 1991
  - 17) Sakakibara M : The use of magnetic resonance imaging in the diagnosis of aortic disease. *J Jpn Coll Angiol* **31** : 399-407, 1991 (in Japanese)
  - 18) Takagi H : Cine MRI of dissecting aneurysm : Comparative study with spin-echo static MRI, contrast-enhancement CT and DSA. *Jpn J Magn Reson* **11** : 66-73, 1991 (in Japanese)
  - 19) 今井 均 : MRIによる解離性大動脈瘤のエントリーの診断. *呼吸と循環* **39** : 135-141, 1991
  - 20) Kobayashi S, Kishi N, Kumai T, Sekiya M, Uchiyama A, Ishizuya Y, Kondo S, Sakakibara M, Ichikawa T, Imazeki Y, Imai H, Miyazaki A, Watanabe S, Masuda Y, Inagaki Y, Yajima T : Evaluation of mitral regurgitation by cine magnetic resonance imaging : *J Cardiol (Suppl)* : in press
  - 21) Haase A, Frahm J, Matthaeis D, Haenicke W, Merboldt K-D : Flash imaging : Rapid NMR imaging low flip-angle pulses. *J Magn Reson* **67** : 258-266, 1986
  - 22) Solomon SL, Brown JJ, Grazer HS, Mirowitz SA, Lee JKT : Thoracic aortic dissection: Pitfalls and artifacts in MR imaging. *Radiology* **177** : 223-228, 1990