

## 中磁場シネ MRI による弁逆流の評価 — カラー・ドップラー心エコー法との対比 —

松岡 宏<sup>1</sup>, 濱田希臣<sup>1</sup>, 川上秀生<sup>1</sup>, 岡山英樹<sup>1</sup>,  
鈴木 誠<sup>1</sup>, 大谷敬之<sup>1</sup>, 阿部充伯<sup>1</sup>, 住元 巧<sup>1</sup>,  
関谷達人<sup>1</sup>, 日和田邦男<sup>1</sup>, 本田俊雄<sup>2</sup>, 矢野和夫<sup>2</sup>

<sup>1</sup>愛媛大学第二内科 <sup>2</sup>聖光会鷹の子病院内科

### はじめに

磁気共鳴映像法 (Magnetic resonance imaging, MRI) は, 心電図同期撮像法<sup>1),2)</sup>の開発により循環器領域において形態学的診断法として広く利用されるようになってきた。高速撮像法<sup>3)</sup>を応用したシネ MRI は造影剤を使用することなく正常血流を高信号領域として動的に観察できる<sup>4)</sup>が, 乱流等の異常血流などは無信号領域として描出される<sup>5)</sup>。この現象を利用して短絡性の先天性疾患<sup>6),7)</sup>や逆流性弁膜症<sup>8)~10)</sup>の診断に利用されるようになってきた。しかし, その報告のほとんどが高磁場での検討<sup>6),7),9),10)</sup>であり, 中磁場に於ける検討はほとんど無い。今回我々は中磁場シネ MRI による弁逆流評価の妥当性を超音波断層カラー・ドップラー心エコー法 (CD 法) と比較検討したので報告する。

### 対象および方法

対象は CD 法で診断した逆流性弁膜症 29 例 (僧帽弁閉鎖不全症 13 例, 大動脈弁閉鎖不全症 9 例, 三尖弁閉鎖不全症 7 例) である (Table

1)。シネ MRI は, 0.5 T の超電導装置 (HITACHI G-50) を用い, gradient echo 法で撮影した。シネ MRI のパルス系列を Table 2 に示した。心拍数に合わせて cine flame 数及び TR を設定

Table 1. Subjects

|                         | No. | M/F   | Age (years) |
|-------------------------|-----|-------|-------------|
| Mitral regurgitation    | 13  | 7/6   | 46~90       |
| Aortic regurgitation    | 9   | 5/4   | 39~81       |
| Tricuspid regurgitation | 7   | 3/4   | 58~90       |
| Total                   | 29  | 15/14 | 39~90       |

Table 2. Sequence of cine MRI

| MR imager            | HITACHI G-50 (0.5-T)   |
|----------------------|------------------------|
| Sequence             | Rephased gradient echo |
| Slice thickness      | 10mm                   |
| TR                   | 50-70ms                |
| TE                   | 16ms                   |
| Flip angle           | 60-90deg               |
| Cine flame           | 12-20                  |
| Number of excitation | 2                      |

TR=Repetition time, TE=Echo time.

**キーワード** cine magnetic resonance imaging, Doppler color-flow mapping, signal loss, valvular regurgitation.

した。対象のほとんどは正常洞調律であったが、心房細動を僧帽弁閉鎖不全症 2 例に認めた。心房細動の症例には全ての心拍数が加算されるように最小 R-R 間隔を基準として flame 数を決定した。シネ MRI 撮影は以下の如く行った。冠状断面位置決め画像 [spin echo (SE) 法, TR=100 ms, TE=20 ms] をもとにしてマルチスライス法 (心電図同期 SE 法, TE=30 ms, スライス厚=10 mm) で心臓全体にわたる水平断面像を撮影し、逆流の同定および重症度判定に必要と思われる基準面を設定した。この基準面でシネ MRI を撮影後、各弁逆流による無信号領域をもとに冠状断面および矢状断面のシネ MRI を撮影した。各撮影断面における弁からの無信号領域先端までの距離を計測し、最長距離をその症例における最大到達距離とした。CD 法はアロカ社製 SSD-870 を使用し、長軸、短軸、二腔および四腔断面層像からの弁逆流ジェットの

到達距離を計測し、その最長距離をその症例における逆流ジェット最大到達距離とした (Fig. 1)。計測は 2 人の循環器科医師で行い、その平均値を到達距離とした。2 人の測定誤差は、全て 2 mm 未満であった。

僧帽弁閉鎖不全症、大動脈弁閉鎖不全症および三尖弁閉鎖不全症それぞれについてシネ MRI の無信号領域と CD 法の逆流ジェット最大到達距離を比較検討した。

## 結 果

僧帽弁閉鎖不全症、大動脈弁閉鎖不全症および三尖弁閉鎖不全症それぞれの逆流によるシネ MRI の無信号領域と CD 法の逆流ジェット最大到達距離の対比を Fig. 2, 3 および 4 に示した。それぞれ,  $r=0.989$  ( $p<0.001$ ),  $r=0.908$  ( $p<0.001$ ),  $r=0.895$  ( $p<0.01$ ) と極めて良好な正

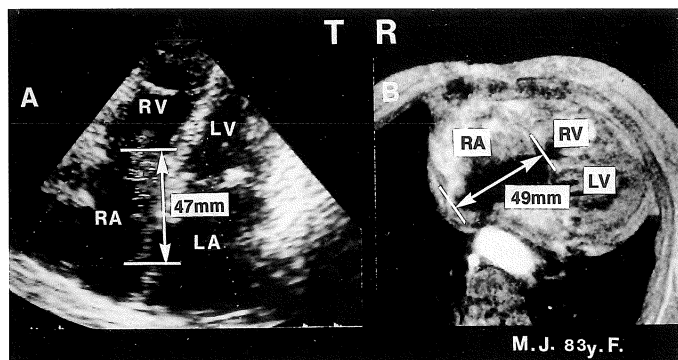


Fig.1. Evaluation of regurgitant jet and signal loss. A case of tricuspid regurgitation (TR).

A : The measurement of regurgitant jet by Doppler color-flow mapping. The distance between the white lines (as shown as the white arrow, from the beginning of TR jet on the tricuspid valve to the end in the right atrium), is 47mm.

B : The measurement of signal loss by cine MRI. The distance between the white lines (as shown as the white arrow, from the beginning of signal loss on the tricuspid valve to the end of the right atrium), is 49mm.

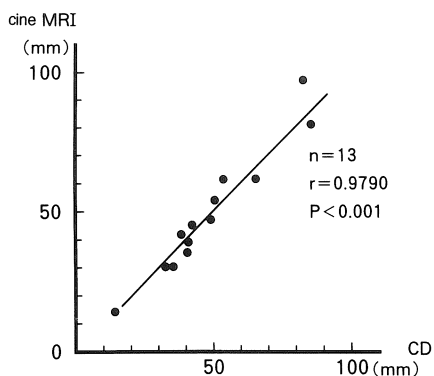


Fig.2. Relationship of maximal length between signal loss of mitral regurgitation by cine MRI and jet flow by Doppler color-flow mapping.

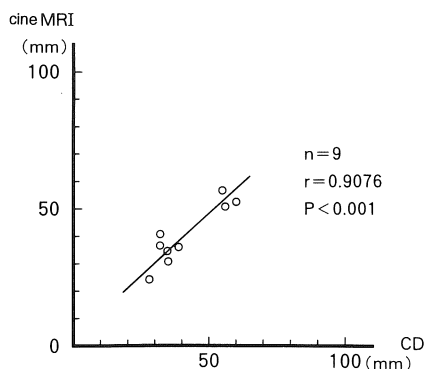


Fig.3. Relationship of maximal length between signal loss of aortic regurgitation by cine MRI and jet flow by Doppler color-flow mapping.

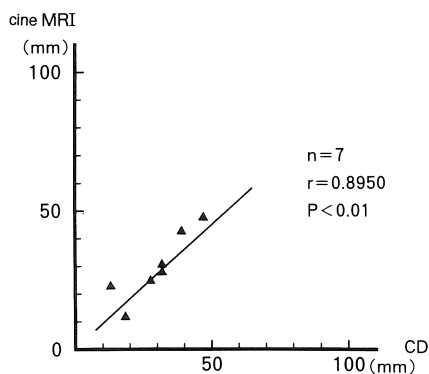


Fig.4. Relationship of maximal length between signal loss of tricuspid regurgitation by cine MRI and jet flow Doppler color-flow mapping.

の相関を認めた。僧帽弁閉鎖不全症、大動脈弁閉鎖不全症および三尖弁閉鎖不全症の各症例の断層心エコー図 (CD 法) とシネ MRI における逆流所見を Fig.5, 6 および 7 に呈示した。

### 考 察

弁逆流重症度の最終的な診断は造影剤を用いた観血的方法である心血管造影法により行われている。しかし、侵襲的な検査であり、心臓カテーテル検査が施行できない症例もあるため、

それに代わる非侵襲的検査法が検討されている。心エコー法、特に CD 法の発明により非観血的に弁逆流を画像として描出できるようになった。CD 法による弁逆流の重症度評価は心血管造影法の評価と良好な相関関係があると報告されている<sup>11)~13)</sup>。

循環器領域の MRI は心電図同期法の開発により画像の鮮明度が著しく向上し<sup>1),2)</sup>、形態的診断の有用性が広く認められるようになった。さらに、シネ MRI の出現で動的な評価が可能になり、形態学的診断ばかりでなく心機能評価にも利用されつつある<sup>4)</sup>。また、シネ MRI は通常の血流を高信号領域として描出するが、乱流などの異常血流は無信号領域として描出される<sup>14)</sup>。これを利用して先天性短絡性心疾患<sup>6),7)</sup>や逆流性弁膜症の診断に応用され始めている<sup>8)~10),15),16)</sup>。

弁逆流によるシネ MRI の無信号領域と CD 法の逆流ジェット到達距離は、僧帽弁閉鎖不全症、大動脈弁閉鎖不全症および三尖弁閉鎖不全症いずれにおいても極めて良好な正の相関を認め、中磁場シネ MRI においても弁逆流の重症度評価の臨床的有用性が確認された。シネ MRI の弁逆流による無信号領域と CD 法の逆流ジェット到達距離を比較検討した報告は散見されるが<sup>17)~19)</sup>、我々の結果と同様に両者は良好な相関を示した

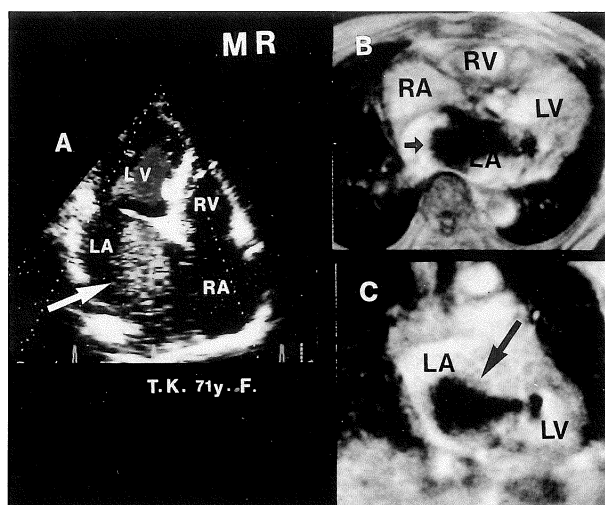


Fig.5. A case of mitral regurgitation (MR). She had atrial fibrillation.

A : 4-chamber view of Doppler color-flow mapping in systole. The arrow shows MR jet. Maximal length of MR jet=82mm.

B : Transaxial cine MRI at left mid-ventricular level in systole. Extensive signal loss of MR (arrow) in left atrium is indicated by cine MRI.

C : Coronal cine MRI at mitral valve level in systole. The arrow shows signal loss of MR. Maximal length of signal loss=88mm.

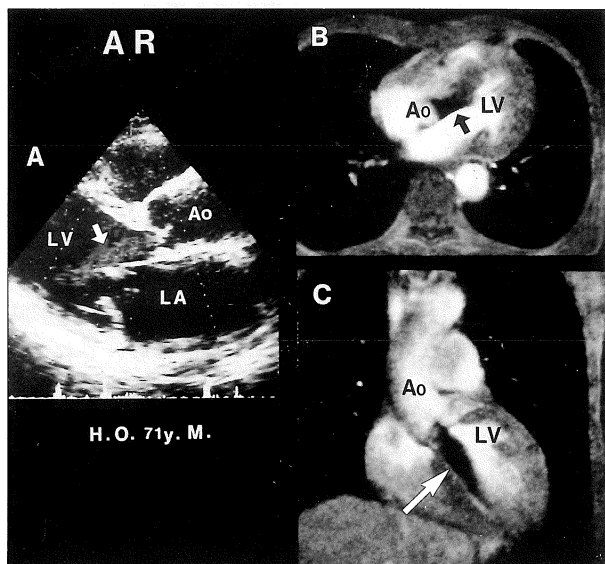


Fig.6. A case of aortic regurgitation (AR).

A : Long-axis view of Doppler color-flow mapping in diastole. The arrow shows AR jet. Maximal length of AR jet=60mm.

B : Transaxial cine MRI at aortic valve level in diastole. Extensive signal loss of AR (arrow) in left ventricle is indicated by cine MRI.

C : Coronal cine MRI at aortic valve level in diastole. The arrow shows signal loss of AR. Maximal length of signal loss=54mm.

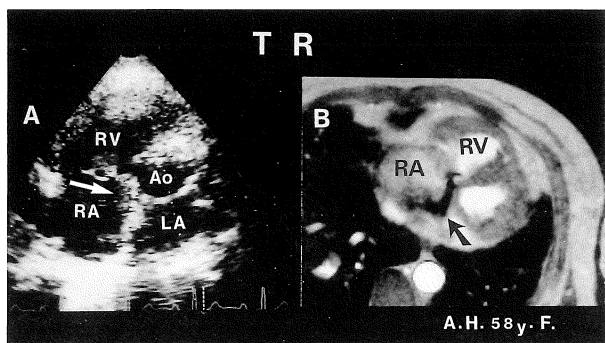


Fig.7. A case of tricuspid regurgitation (TR).

A : Short-axis view of Doppler color-flow mapping in systole. The arrow shows TR jet. Maximal length of TR jet=41mm.

B : Transaxial cine MRI at right mid-ventricular level in systole. Signal loss of TR (arrow) in right atrium is indicated by cine MRI. Maximal length of signal loss=44mm.

と報告している。しかし、いずれの報告も高磁場における検討であり、S/N比が低下すると言われている中磁場での検討はない。また、これらの報告は、僧帽弁および大動脈弁逆流についての検討がほとんどであり、三尖弁および肺動脈弁逆流についての検討は少ない。今回の我々の検討では、肺動脈弁閉鎖不全症については症例が無かったため検討し得なかったが、三尖弁閉鎖不全症に関しては両者に正の相関を認めた。他の報告<sup>9)</sup>にもあるように、今回検討し得なかった肺動脈弁閉鎖不全症についても重症度評価に有用であると思われる<sup>9),15)</sup>。

CD法は簡便ではあるが、症例によっては肥満や肺気腫などにより、十分な評価ができない場合がある。特に肺動脈弁閉鎖不全症や三尖弁閉鎖不全症といった右心系弁逆流に関して、CD法は逆流全体の把握が困難な場合が多い。シネMRIはこのような症例に対しても多方向の鮮明な像が得られ、充分評価が可能であると思われた。

シネMRIの無信号領域は種々の因子により影響されることが知られている<sup>14),20),21)</sup>。シネMRIの無信号領域の到達距離や面積<sup>9),18)</sup>もしくは面積を足し合わせた $\Sigma$ 面積<sup>19)</sup>からの弁逆流や短絡量の定量的評価は可能であるとの報告について、岡村ら<sup>22)</sup>は実験的検討を施行している。逆流口面積が一定であれば逆流量と無信号領域は正相関を示し、対象症例の逆流弁口面積がある限られた範囲にあれば良いが、逆流弁口面積が大きく異なれば正相関を示さないかも知れないと述べている。臨床の場で遭遇する大多数の症例の逆流弁口面積は岡村らの実験に使われたなかで大きく広いもの(直径13.0mm)は存在しないと思われ、臨床的な逆流弁口面積はある程度の範囲内に存在するものと思われる。従って、臨床の場に於いては無信号領域と逆流量は正相関を示すと考えて大きな誤りはないものと思われる。

今回の検討ではMRI装置の性能上、斜断面は画質が低下するため、断面設定を水平横断、

冠状断面、矢状断面の3方向のみとしたが、水平横断像から得られる各弁逆流に応じて長軸断面像、四腔断面像やそれぞれと対応する垂直像、または、それぞれの斜位像など撮影方向を工夫し撮影すれば、より正確な弁逆流評価が可能と思われる<sup>15)</sup>。すなわち、多断面撮影することにより逆流の2次元的評価から3次元的評価への切り替えが可能となる。また、無信号領域の面積を計算する迄もなく到達距離の計測のみで弁逆流の重症度評価が可能であると思われた。

不整脈に関して、特に心房細動患者においては、R-R間隔が不均一な為、一般に画質が低下する。今回の検討では、僧帽弁閉鎖不全症の2例に心房細動が認められたが、最小のR-R間隔を基準にシネMRIを撮影する事で、Fig.5に示した症例の如く、画質の低下は余り認められなかった。心房細動の場合、大きなR-R間隔の不整がなければ、最小のR-R間隔を基準にしても、収縮期はほとんど網羅されると思われる。従って、収縮期の弁逆流例には、最小のR-R間隔を基準に設定することで画質の向上が得られると思われる。

リアルタイムの評価ができないことと撮影時間が長いことを除けば、中磁場に於いてもシネMRIは逆流性弁膜症の重症度評価に有用であると思われた。

## 結 語

シネMRI(0.5-T)を逆流性弁膜症29例に施行し、中磁場に於ける弁逆流重症度評価の妥当性をCD法と比較検討した。弁逆流によるシネMRIの無信号領域とCD法の逆流ジェット到達距離は有意な正の相関を示し、中磁場に於いてもシネMRIの弁逆流重症度評価の臨床的有用性が示唆された。

## 文 献

- 1) Lanzer P, Barta C, Botvinick EH, et al. : ECG-

- synchronized cardiac MR imaging : Method and evaluation. *Radiology*, 155 : 681-686, 1985.
- 2) Tscholakoff D & Higgins CB : Gated magnetic resonance imaging for assessment of cardiac function and myocardial infarction. *Radiol Clin Nor Am*, 23 : 449-457, 1985.
  - 3) Hasse A, Frahm J, Matthaei D, et al. : FLASH imaging. Rapid NMR imaging using low flip-angle pulses. *J Magn Reson*, 67 : 258-266, 1986.
  - 4) Sechtem U, Pflugfelder PW, White RD, et al. : Cine MR imaging : Potential for the evaluation of cardiovascular function. *AJR*, 148 : 239-246, 1987.
  - 5) Evans AJ, Blinder RA, Herfkens RJ, et al. : Effects of turbulence on signal intensity in gradient echo images. *Invest Radiol*, 23 : 512-518, 1988.
  - 6) 赤木禎治, 清松由美, 加藤裕久, 他 : 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.
  - 7) 吉田恵理子, 橋本雅幸, 平林高之, 他 : 心房中隔欠損症の MRI 診断—スピンエコー法とシネ法の併用の意義について—. *日磁医誌*, 10 : 247-254, 1990.
  - 8) Aurigemma G, Reichek N, Schiebler M, et al. : Evaluation of mitral regurgitation by cine magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol*, 66 : 621-625, 1990.
  - 9) 大西修作, 福井須賀男, 守田瑠璃子, 他 : 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.
  - 10) Suzuki J, Caputo GR, Kondo C, et al. : Cine MR imaging of valvular heart disease : Display and imaging parameters affect the size of the signal void caused by valvular regurgitation. *AJR*, 155 : 723-727, 1990.
  - 11) Helmcke F, Nanda NC, Hsiung MC, et al. : Color Doppler assessment of mitral regurgitation with orthogonal planes. *Circulation*, 75 : 175-183, 1987.
  - 12) Miyatake K, Izumi S, Okamoto M, et al. : Semi-quantitative grading of severity of mitral regurgitation by real-time two-dimensional Doppler flow imaging technique. *J Am Coll Cardiol*, 7 : 82-88, 1986.
  - 13) Omoto R, Yokote Y, Takamoto S, et al. : The development of real-time two-dimensional Doppler echocardiography and its clinical significance in acquired valvular diseases : With special reference to the evaluation of valvular regurgitation. *Jpn Heart J*, 25 : 325-340, 1984.
  - 14) Deimling M, Mueller E, Lenz G, et al. : Description of flow phenomena in magnetic resonance imaging. *Diagn Imag Clin Med*, 55 : 37-51, 1986.
  - 15) 久保田修平, 西村恒彦 : シネ MRI 法による心疾患に於ける弁逆流の評価—現時点での有用性と限界—. *日磁医誌*, 9 : 246-257, 1990.
  - 16) Nishimura F, Yoshino Y, Mihara J, et al. : Advantage of cine-MR imaging for the evaluation of valvular regurgitation. *Jpn Circ J*, 54 : 288-291, 1990.
  - 17) Aurigemma G, Reichek N, Schiebler M, et al. : Evaluation of aortic regurgitation by cardiac cine magnetic resonance imaging : Planar analysis and comparison to Doppler echocardiography. *Cardiology*, 78 : 340-347, 1991.
  - 18) Nishimura T, Yamada N, Itoh A, et al. : Cine MR imaging in mitral regurgitation : Comparison with color Doppler flow imaging. *AJR*, 153 : 721-724, 1989.
  - 19) Pflugfelder PW, Landzberg JS, Cassidy MM, et al. : Comparison of cine MR imaging with Doppler echocardiography for the evaluation of aortic regurgitation. *AJR*, 152 : 729-735, 1989.
  - 20) Axel L : Blood flow effects in magnetic resonance imaging. *AJR*, 143 : 1157-1166, 1984.
  - 21) Stahlberg F, Henriksen O, Thomsen C, et al. : Determination of flow velocities from magnetic resonance multiple spin-echo images. *Acta Radiol*, 28 : 643-648, 1987.
  - 22) 岡村正博, 安野泰史, 近藤 武, 他 : 心臓シネ MRI に出現する flow void の大きさから弁逆流量および短絡血流量を定量的に推定できるか?—流水ファントムによる検討—. *日磁医誌*, 11 : 203-207, 1991.

## **Evaluation of Valvular Regurgitation by Cine Magnetic Resonance Imaging (0.5T) : Comparison with Color Doppler Flow Mapping**

Hiroshi MATSUOKA<sup>1</sup>, Mareomi HAMADA<sup>1</sup>, Hideo KAWAKAMI<sup>1</sup>,  
Hideki OKAYAMA<sup>1</sup>, Makoto SUZUKI<sup>1</sup>, Takashi OHTANI<sup>1</sup>,  
Mitsunori ABE<sup>1</sup>, Takumi SUMIMOTO<sup>1</sup>, Michihito SEKIYA<sup>1</sup>,  
Kunio HIWADA<sup>1</sup>, Toshio HONDA<sup>2</sup>, Kazuo YANO<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>2nd Department of Internal Medicine, Ehime University School of Medicine  
Sigenobu, Onsen-gun, Ehime 791-02*

*<sup>2</sup>Department of Internal Medicine, Seikohkai Takanoko Hospital*

The usefulness of cine magnetic resonance imaging (MRI) as a method for the quantification of valvular regurgitation was studied. Cine MRI (0.5T) was performed by using gradient echo technique in 29 patients with various valvular regurgitation (13 mitral regurgitation, 9 aortic regurgitation, 7 tricuspid regurgitation) and the data were compared with those by Doppler color-flow mapping. A distance of signal loss in cine MRI was compared with that of regurgitant jet in Doppler color-flow mapping. A good correlation between the two methods was noted in each valvular disease ( $r=0.989$  in mitral regurgitation,  $r=0.908$  in aortic regurgitation and  $r=0.895$  in tricuspid regurgitation). Cine MRI, even if 0.5 T, is a useful method for noninvasive quantification of valvular regurgitation.