

- Kunnen, PhD.**: Benign and malignant musculoskeletal lesion: dynamic contrast-enhanced MR imaging—parametric “first-pass” images depict tissue vascularization and perfusion, *Radiology*, **192**: 835~843, 1994.
- 16) **Reddick, WE., Bhargava, R., Taylor, JS., Meyer, WH. and Fletcher, BD.**: Dynamic contrast-enhanced MR imaging evaluation of osteosarcoma response to neoadjuvant chemotherapy. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, **5**(6): 689~694, 1995.
- 17) **Fletcher, BD., Hanna, SL., Fairclough, DL. and Gronemeyer, SA.**: Pediatric musculoskeletal tumors: use of dynamic contrast-enhanced MR imaging to monitor response to chemotherapy, *Radiology*, **184**(1): 243~248, 1992.
- 18) **Erlemann, R., Sciuk, J., Bosse, A., Ritter, J., Kusnierz-Glaz, CR., Peters, PE. and Wuisman, P.**: Response of osteosarcoma and Ewing sarcoma to preoperative chemotherapy: assessment with dynamic and static MR imaging and skeletal scintigraphy. *Radiology*, **175**(3): 791~796, 1990.
- 19) **van der Woude HJ., Bloem, JL., Schipper, J., Hermans, J., van Eck-Smit BL., Van Oostayen, J., Nooy, MA., Taminiau, AH., Holscher, HC. and Hogendoorn, PC.**: Changes in tumor perfusion induced by chemotherapy in bone sarcomas: color Doppler flow imaging compared with contrast-enhanced MR imaging and three-phase bone scintigraphy. *Radiology*, **191**(2): 421~431, 1994.
- 20) **Iwasawa, T., Tanaka, Y., Aida, N., Okuzumi, S., Nishihira, H. and Nishimura, G.**: Microscopic intraosseous extension of osteosarcoma: assessment on dynamic contrast-enhanced MRI, *Skeletal Radiol.*, **26**: 214~221, 1997.
- 21) **Barry, D., Fletcher, MD., Soheil, L. Hanna, MD., Diane, L. Fairclough, DrPH. and Suzanne, A. Gronemeyer.**: Pediatric musculoskeletal tumors: use of dynamic, contrast-enhanced MR imaging to monitor response to chemotherapy, *Radiology*, **184**: 243~248, 1992.

### 3) 心臓 MRI 領域における最近の進歩

新潟大学医学部放射線医学教室 (主任: 酒井邦夫教授)

吉村 宣彦・木村 元政

#### Recent Advance of Cardiac MR Imaging

Norihiko YOSHIMURA

*Department of Radiology,  
Niigata University School of Medicine  
(Director: Prof. Kunio SAKAI)*

Recent advance of MR imaging makes the acquisition time shorter. Therefore, the data acquisition can be performed with the subject holding his breath. It gives the great

Reprint requests to: Norihiko YOSHIMURA,  
Department of Radiology, Niigata  
University School of Medicine,  
Niigata City, 951-8510, JAPAN.

別刷請求先:

〒951-8510 新潟市旭町通1番町757番地  
新潟大学医学部放射線医学教室

吉村 宣彦

benefit to cardiac MR imaging. However, signal to noise ratio and temporal resolution are not sufficient in some divisions of cardiac MR imaging. Improving them lead to extension of the indication of cardiac MR imaging. The development of new technique such as EPI also makes the indication of cardiac MR imaging extend.

Key words: MR imaging, cardiovascular system

磁気共鳴映像法, 循環器領域

## 1. はじめに

心臓領域における磁気共鳴映像法 (MRI) では, 従来心電図同期による2つの撮像法, マルチスライス spine echo (SE) 法とシネモード法が主に用いられてきた<sup>1)</sup>. これらの撮像法は時間がかかり, 呼吸停止下では行えず, 呼吸によるモーションアーチファクトが問題であった. 最近の技術の進歩により, マグネットやコイルの改良が進み, また新しいパルス系列が開発され, 高速撮像法が心臓領域でも臨床応用されるようになった<sup>2)</sup>. これにより心電図同期を行い, かつ1回の呼吸停止での撮像が可能になり, 心臓領域における MRI の有用性は飛躍的にたかまった. 以下, 心臓領域の主な高速撮像法とその適応, 有用性について述べる.

## 2. 心臓領域の高速撮像法

心臓領域での主な高速撮像法は, 他の部位と同様 fast spine echo 法 (FSE) と segmented k-space 法による fast gradient echo 法 (GRE) である. 我々の使用しているのは, 1回の撮像で1スライスのデータを収集するシングルスライス法で, 拡張末期に心時相を揃えてデータ収集を行うシークエンスである. 一断面において一心周期における心臓の動きがとらえられるシネモード法にも, segmented k-space 法が用いられ高速に撮像できるようになった. これらのシークエンスでは, 十数心拍で1回の撮像が終了するため, 呼吸停止下で施行することができる. 以下に述べる撮像法は, 特別に断らない限り, 呼吸停止による撮像を示す.

## 3. 各疾患における撮像法の適応とその有用性

### a. 心筋疾患

MRI では任意の断面が得られることから, 壁厚を正確に計測でき, 心筋梗塞や肥大型心筋症などに応用されてきた. 新しい撮像法により, 呼吸のアーチファクトが抑制され, また拡張期に心時相を揃えてデータを収集できるためより正確に評価できるようになった. パルス系

列は, 解剖の把握に適している FSE T1 強調画像 (FSE T1WI) が用いられる. GRE 法やシネモード法も血流が高信号に描出され, 心筋と内腔の区別が容易であり, 壁厚の評価が可能である (図 1-a). SE T2 強調画像 (T2WI) による心筋梗塞急性期の梗塞部の検出は, 従来の方法でも報告があるが, アーチファクトが多く常に評価可能な画像が得られるとは限らなかった<sup>3)</sup>. FSE 法では従来に比べ, T1WI のみならず, T2 強調画像 (T2WI) もアーチファクトの少ない画像が得られるようになった (図 1-b). 現在我々が用いているシークエンスは, 実効 TE が 75 ms でいわゆる weakly T2WI であり, 病変の検出能がやや劣る印象をもっている. 心筋性状を評価するのに最適な TE を設定するのが, 今後の課題と考えられる. 虚血性心疾患での心筋の viability を評価する方法として, 造影剤を用いた dynamic study や tagging cine 法などがあるが, 核医学に比べ未だ十分とはいえない<sup>4)5)</sup>.

### b. 弁膜疾患

弁膜疾患では, 弁口面積, 逆流の検出が MRI での評価の対象になる. MRI では弁口に平行な断面を設定することにより, 直接弁口面積を評価できる利点がある (図 2-a, b). またシネモード法では弁尖の動きも観察できる. 逆流の検出に関する自験例での検討では, segmented k-space 法より従来のシネモード法が優れている. 今後は phase contrast 法を用いた逆流量の定量化が期待される.

### c. 冠動脈疾患

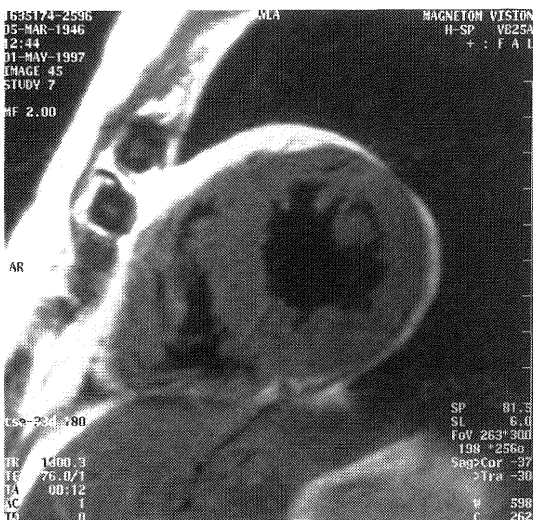
冠動脈の評価には, 血流を高信号に描出する GRE 法が用いられる. 冠動脈 MR angiography (MRA) では, 左右冠動脈の近位部までの描出が可能である. 冠動脈起始異常などの先天奇形では, 冠動脈の走行だけでなく大血管と冠動脈との位置関係が重要であり, 断層画像である MRI が威力を発揮する. 冠動脈奇形での冠動脈 MRA に関してはすでに報告があり, 非侵襲的検査法としてその有用性が確立されている<sup>6)7)</sup>. 冠動脈狭窄の評価にも MRA の臨床応用が試みられてきた<sup>8)</sup>. しかし, 蛇行す



A



A



B



B

図1 肥大型心筋症

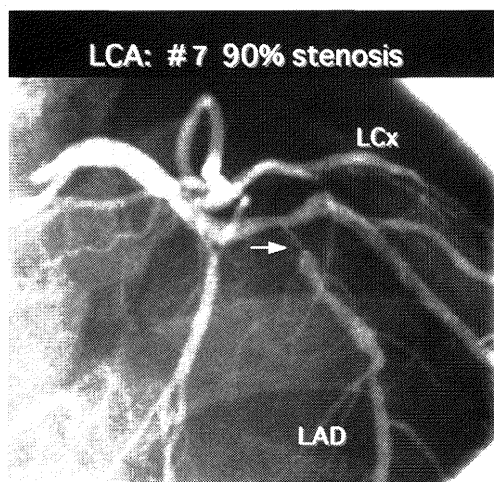
A : GRE 短軸像。心内腔が高信号に描出され、心内腔と心筋との境界は明瞭である。中隔の非対称性肥厚を認める。

B : FSE T2WI 短軸像。心内腔は低信号になっている。アーチファクトがなく鮮明な画像であり、心内腔と心筋との境界は明瞭である。

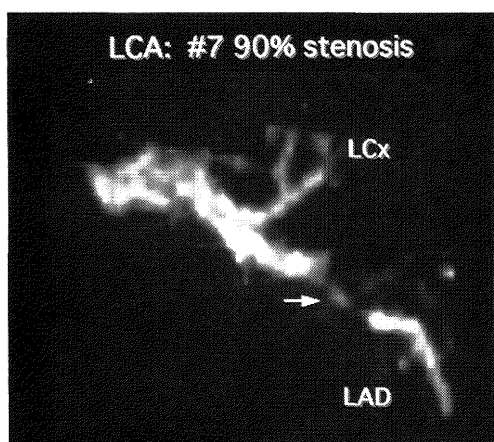
図2 大動脈弁狭窄(二尖弁)

A : シネモード法収縮期像では、二尖弁の開放状態が描出されている。

B : シネモード法拡張期像である。石灰化による低信号が認められる。



A

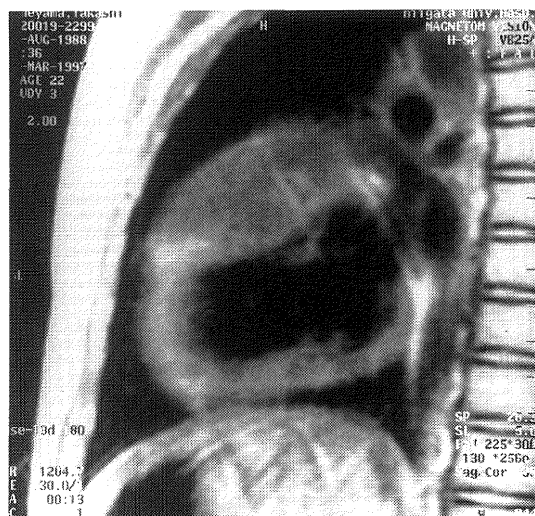


B

図 3 冠動脈狭窄

A : 冠動脈造影. 前下行枝 (#7) に90%狭窄を認める.

B : coronary MR angiography. 冠動脈造影での病変に相当する部位に高度狭窄を認める.



A



B

図 4 心臓腫瘍

A : FSE T1WI 垂直長軸像. 腫瘍は前壁に存在し, 心筋に比べ低信号である.

B : FSE T2WI では腫瘍と性状心筋の境界はより明瞭に描出されている.



図5 心内血栓

GRE 法水平長軸像。心尖部に小さな血栓を認める。

る血管へのスライス位置決定の難しさや、スライス間のギャップなどのシングルスライス法から派生する問題点が指摘されている。最近それらを解決する方法として、横隔膜の位置をモニターする呼吸同期法を用いた三次元撮像法が開発された(図3)。ただし、現在使用できるパルス系列では、データ収集時間が200ms程度であり、動きの速い冠動脈を評価するには十分ではない。今後の改良が望まれる。

#### d. 先天性心疾患

小児先天性心疾患では、学童期以上では、新しい撮像法を用いるが、新生児・幼児では呼吸停止が不可能なため、従来の撮像法が行われる。

#### e. その他；腫瘍、心内血栓など

MRIはエコー、X線CTに比べコントラスト分解能に優れているため、腫瘍の性状の検索に適している。高速撮像法で得られたアーチファクトの少ない鮮明な画像により、従来より詳細に検討できるようになった(図4)。心臓腫瘍のうち頻度の高い粘液腫では、腫瘍の付着部位の検索も可能である。心内血栓では、より小さい病変を検出できるようになった(図5)。心内血栓は塞栓症を引き起こすため、MRIにより非侵襲的にかつ正確に検出できる意義は大きいと考える。

### 4. 心機能評価

シネモード法が短時間で撮像できるようになったため、

MR imagingにて心容積や駆出率の算出、局所壁運動の評価を非侵襲的に行えるようになった。エコー、X線CT、核医学、心血管造影など他の検査法に対するMR imagingの利点は、術者の技量によらず死角なく客観的に評価できること、放射性医薬品や造影剤が必要ないこと、幾何学的に近似する必要がなく高い精度で容積を算出できること、などである。今後はMRIが心機能評価のstandardになっていくと考える。

### 5. まとめ

高速撮像法の発達により、循環器領域でのMR imagingは長足の進歩を遂げ、その臨床的意義は高まった。しかし、幾つかの分野ではS/N比や時間分解能の向上が必要であり、まだ課題は多い。それらを克服し、また現在すでに臨床応用がはじまっているEPIを含めた新しい分野の発達により、循環器領域でのMR imagingの役割は、今後さらに大きくなっていくであろう。

### 参考文献

- 1) 木村元政：循環器領域のMRI診断の進歩。新潟医学会誌，103：157～161，1989。
- 2) Schwiter, J., Sakuma, H., Wendland, M.F., et al.: Very fast cardiac imaging, Magn. Res. Imag. Clin. North. Am., 4 (2): 419～32, 1996, May.
- 3) Matheijssers, N.A.A., De Roos, A., van der Wall, E.E., et al.: Acute Myocardial Infarction: comparison of T2-weighted and T1-weighted gadolinium-DTPA enhanced MR imaging, Magn. Res. Med., 17: 460～469, 1991.
- 4) Pereira, R.S., Prato, F.S., Wisenberg, G., et al.: The determination of myocardial viability using Gd-DTPA in a canine model of acute myocardial ischemia and reperfusion, Mag. Res. Med., 36 (5): 684～693, 1996, Nov.
- 5) Szolar, D.H., Saeed, M., Wendland, M.F., et al.: MR imaging characterization of postischemic myocardial dysfunction ("stunned myocardium"): relationship between functional and perfusion abnormalities, J. Mag. Res. Imag., 6 (4): 615～624, 1996, Jul.-Aug.
- 6) Andre, J. and Duerinckx, Mark K.: Two-dimensional Coronary MR angiography: Analysis of Initial Clinical Results, Radiology, 193: 731～

- 738, 1994.
- 7) **Mader, M.T., Poulton, T.B., White, R.D., et al.:** Malignant tumors of the heart and great vessels: MR imaging appearance, *Radiographics.*, **17** (1): 145~153, 1997, Jan.-Feb.
- 8) **van Dantzing, J.M., Delemarre, B.J., Bot, H., et al.:** Left ventricular thrombus in acute myocardial infarction, *Eur. Heart, J.*, **17** (11): 1640~1645, 1996, Nov.
- 9) **Sakuma, H., Globits, S., Bourne, M.W., et al.:** Improved reproducibility in measuring LV volumes and mass using multicoil breath-hold cine MR imaging, *J. Mag. Res. Imag.*, **6** (1): 124~127, 1996, Jan.-Feb.

#### 4) 腹部の MRI 診断における最近の進歩

新潟大学医学部放射線医学教室 (主任: 酒井邦夫教授)

加村 毅・木村 元政

山本 哲史・酒井 邦夫

Recent Advances in Abdominal Magnetic Resonance Imaging

Takeshi KAMURA, Motomasa KIMURA, Satoshi YAMAMOTO  
and Kunio SAKAI

*Department of Radiology,  
Niigata University School of Medicine*

Recent technical advances in the area of abdominal magnetic resonance (MR) imaging include the development of fast scanning, the application of respiratory triggering method and the invention of phased-array receiver coil. Using these techniques, spatial and time resolution increased. Clinically, the diagnostic ability of liver tumors with MR, especially hemangioma and hepatocellular carcinoma, became superior to X-ray computed tomography. In biliary system and pancreas, noninvasive visualization of 3-dimensional display of biliary and pancreatic ducts became available by MR (MR cholangiopancreatography=MRCP). With this method, we can detect some important findings which were not obtained by other imaging modalities.

---

Key words: magnetic resonance imaging, abdomen, liver, biliary tract, pancreas

磁気共鳴画像, 腹部, 肝, 胆道, 膵

---

Reprint requests to: Takeshi KAMURA,  
Department of Radiology, Niigata  
University School of Medicine,  
Niigata City, 951-8510, JAPAN.

別刷請求先: 〒951-8510 新潟市旭町通1番町  
新潟大学医学部放射線医学教室 加村 毅