

## 心筋灌流 MRI 画像の Bull's-eye 表示における基礎的検討

野村行弘<sup>1</sup>, 山岸亜矢子<sup>2,5</sup>, 南條修二<sup>3</sup>, 山崎純一<sup>3</sup>,  
吉川宏起<sup>4</sup>, 井上優介<sup>4</sup>, 妹尾淳史<sup>2</sup>, 八木一夫<sup>2</sup>

<sup>1</sup>千葉大学大学院自然科学研究科 <sup>2</sup>東京都立保健科学大学放射線学科  
<sup>3</sup>東邦大学医学部第一内科 <sup>4</sup>東京大学医科学研究所附属病院放射線科 <sup>5</sup>現 平塚共済病院

## はじめに

現在、心臓疾患の画像診断では主に胸部 X 線撮影・超音波検査・心臓核医学検査・冠動脈造影検査が行われている。MRI はまだ心臓疾患の一般的な検査法とはいえないが、近年の撮像法の高速化など技術的進歩により安定して高画質な画像が得られるようになった<sup>1)</sup>。1 回約 30～40 分程度のルーチン検査で、解剖的な形態情報以外にも心機能、局所心臓壁運動、心臓血流などの多くの診断情報を得られる<sup>2)</sup>。また、心筋灌流画像から心臓核医学検査で用いられている Bull's-eye 表示を得ることができる解析ソフトが商用化された。Bull's-eye 表示からは部位診断、重症度診断、病変の広がりなどの心機能を診断するための有力な情報が得られる。

心臓 MRI の有効性の検討については、心筋 SPECT との比較で行われることが多い<sup>3),4)</sup>。このことから Bull's-eye 表示についても同様に心筋 SPECT から得られたものと比較して両者の違いを明確にする必要があると考えられるが、調べた限りでは今まで両者の比較は行われていない。心筋 SPECT から得られた Bull's-eye 表示では体内での吸収により下後壁を中心に過小表示される傾向があることを考えると、MRI で得られる Bull's-eye 表示ではどのよう

な傾向があるか基礎的な検討を行う必要がある。

本研究では同一の心臓ファントムを用いて MRI と SPECT を行い、それぞれの画像から Bull's-eye 表示を作成して両者の基礎的な比較を行った。また、両者の特徴の違いを明確にすることにより、MRI で得られる Bull's-eye 表示で診断するための注意点を明らかにした。さらに、MRI のコイルを変えて撮像した画像からも Bull's-eye 表示を作成し、コイル間での違いについても検討した。

## 方 法

## 1. 心臓ファントム

本研究では心臓ファントムとして京都科学社製の RH-2 型を使用した。Fig. 1(a) にファントムの概観を示す。このファントムは、アクリル製の核医学用心筋 SPECT ファントムであり、心臓部分、縦隔部分、テフロン製の胸椎部分、木粉を充填した左右の肺部分から構成される。全体の大きさは長径 300 mm × 短径 200 mm × 高 210 mm である。心臓ファントムは Fig. 1(b) に示すように右室、左室心筋、心プール（左室心腔）の三つに分かれており、それぞれに液体を注入することが可能である。な

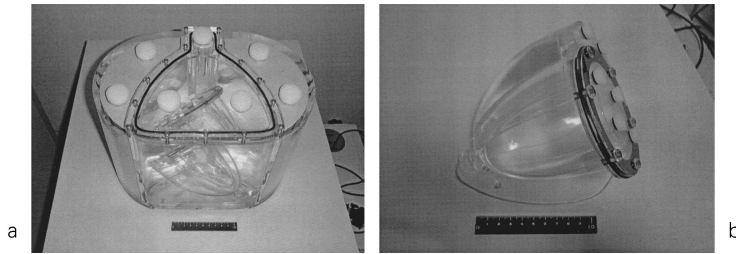


Fig. 1. Structure of a heart phantom. a : overview of phantom, b : heart phantom.

Table 1. Imaging Parameters of MR Imaging Myocardial Perfusion

sequence	coil	TR (ms)	TE (ms)	FA (deg)	TI (ms)
fgret-perfusion	cardiac TORSO	6.6	1.2	25	185
	body GPFLEX	5.8	1.2	25	166

FOV : 30 × 22 cm<sup>2</sup>, slice thickness : 10 mm, slice gap : 6 mm,  
band width : 125 kHz, matrix : 128 × 128, NEX : 1

お、各部の容量は右室 170 ml, 左室心筋 175 ml, 心プール 183 ml である。

## 2. MRI による Bull's-eye 表示の作成

### 1) 造影剤について

心筋灌流 MRI を行う際、造影剤として Gd-DTPA を 0.05~0.15 mmol/kg の割合で静脈内注射する<sup>5)</sup>。本研究ではファントムを用いているため、ファントムに注入する造影剤の濃度を通常の検査の場合と同様にする必要がある。そのため、様々な濃度を使って予備実験した結果からマグネビスト原液 (0.5 mmol/ml) を 250 倍に希釈したものを用了。撮像の際、造影剤は心臓ファントムの左室心筋に注入し、右室・心プールおよび縦隔部分には蒸留水を注入した。

### 2) 撮像・解析

心臓ファントムの撮像は GE メディカルシステム社製の Signa CV/i 8.4MR 装置 (1.5T) を使用し、fast gradient echo-echo train 法 (fgre-et)<sup>5)</sup>で行った。コイルは心臓用の phased array cardiac コイル、全身用の body コイル、受信専用コイルとして胸・腹部用の TORSO コイルおよび GPFLEX コイルの 4 種類を使用した。それぞれのコイルでの撮像条件を Table 1 に示す。それぞれのコイルで撮像した画像から Bull's-eye 表示を作成した。Bull's-eye 表示の作成には解析装置の Advantage Windows 4.0 (GE メディカルシステム社製) および付属ソフトウェアの MASS<sup>6)</sup> を用了。

### 3. SPECT 像による Bull's-eye 表示の作成

ファントムは MRI で使用したものと同一のものを使用し、ファントムの左室心筋に放射性

2002 年 10 月 3 日受理 2002 年 11 月 26 日改訂  
別刷請求先 〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33 気付 野村行弘

千葉大学大学院自然科学研究科 谷萩・呂・関屋研究室

医薬品  $^{99m}\text{TcO}_4^-$  を 37MBq 注入し、右室・心プールおよび縦隔部分には蒸留水を注入した。データ収集には Picker 社製 PRISM3000 (3 検出器型) を使用してゲート SPECT を行い、得られた画像から Bull's-eye 表示を作成した。データ収集条件は臨床で一般的に用いられている  $5^\circ$  ステップ、360 度 72 方向、フレーム 20 秒、ステップアンドシュート、マトリックスサイズ  $64 \times 64$  とした。

## 結 果

Fig. 2(a)~(d) に MRI で各コイルを用いて撮像した画像から作成した Bull's-eye 表示を示す。これらの図では信号強度が高いほど白くなり、低いほど黒く表示されている。なお、それぞれのスケールは同一とした。Fig. 2(e) に SPECT から作成した Bull's-eye 表示を示す。この図は赤いほど収集カウント数が大きいこと

を表している。また、Table 2 に MRI および SPECT で撮像した短軸断層像から中央部・心基部の 2 スライスについて前壁・側壁・後壁・中隔それぞれの信号強度 (SPECT の場合は収集カウント数) を ROI (円形:  $15 \text{ mm}^2$ ) を用いて測定し、前壁の値を 100% とした相対信号強度を示す。

Fig. 2 および Table 2 より、4 種類のコイルすべてにおいて、後側壁に信号強度の低下が認められ、中央部では中隔まで信号強度の低下がみられた。しかし、body コイルで撮像したものは他のコイルと比較して信号強度の低下している範囲が狭く、均一性に優れ分布全体の信号強度も高かった。また、Fig. 2 および Table 2 から SPECT においては前壁から中隔にかけては収集カウント数が多く、側壁から下後壁にかけて収集カウント数が小さいことが認められた。

Table 3 に中央部・心基部の 2 スライスにおける SN 比を示す。SN 比は相対信号強度を求

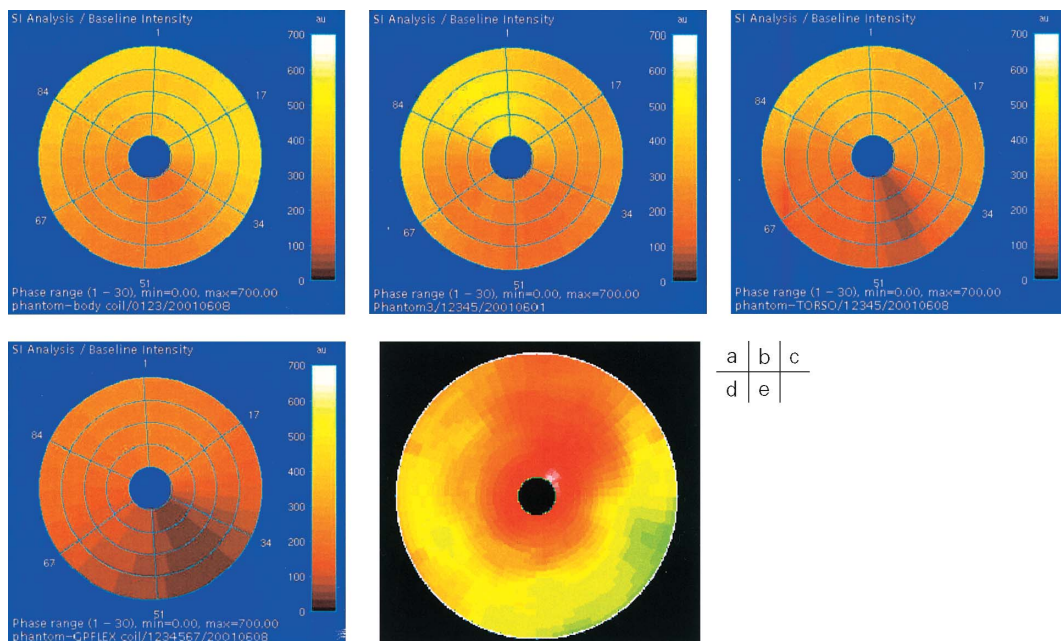


Fig. 2. Bull's-eye map using MR imaging (a-d) and SPECT (e). a : using body coil, b : using cardiac coil, c : using TORSO coil, d : using GPFLEX coil.

Table 2. Relative Signal Intensity by MR Imaging and SPECT

(Unit : %)

Region	cardiac coil		body coil		TORSO coil		GPFLEX coil		SPECT	
	Mid	Basal	Mid	Basal	Mid	Basal	Mid	Basal	Mid	Basal
anterior	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
lateral	66.29	93.91	112.86	100.86	82.86	84.48	55.60	68.50	90.16	84.55
inferior	52.06	54.44	69.76	54.03	35.95	38.95	40.37	37.08	84.11	80.42
septal	61.07	124.42	71.44	78.33	67.48	99.94	71.72	90.00	88.42	89.60
Mean	69.85	93.19	88.51	83.30	71.57	80.84	66.92	73.89	90.67	88.64
S.D.	20.94	29.01	21.35	22.13	27.21	28.87	25.50	27.84	6.72	8.45

Table 3. SNR of Short-axis Plane of Heart Phantom Using MR Imaging

Coil	Region	SNR
body	Mid	11.59
	Basal	11.86
cardiac	Mid	24.16
	Basal	24.17
TORSO	Mid	19.59
	Basal	20.02
GPFLEX	Mid	35.58
	Basal	36.87

めるのに用いた前壁・側壁・後壁・中隔それぞれの信号強度の平均をバックグラウンド (ROI : 円形, 500 mm<sup>2</sup>) の信号強度で除した値である。Table 3 から, body コイルで撮像したものは SN 比が他のコイルのものに比べて低いことがわかる。

## 考 察

MRI による Bull's-eye 表示は SPECT の Bull's-eye 表示と同様に後側壁に信号強度の低下が見られた。信号強度の低下は血流パラメータとしてよく用いられている造影剤注入時 up-

slope の低下につながると推察される。後側壁における信号強度の低下の理由としては、後側壁が中隔や前壁に比べてコイルから離れているためだと考えられる。したがって、MRI による Bull's-eye 表示を用いて診断を行う場合には SPECT による Bull's-eye とほぼ同様の見方で診断可能と考えられる。

また、本研究で使用した 4 種類のコイルについて信号強度の分布について比較してみると信号強度の低下が生じている範囲が body コイル, cardiac コイル, TORSO コイル, GPFLEX コイルの順で広範囲になっている。これはコイルの感度分布の違いによるものと考えられ、このことからコイル感度補正は必要であると考えられる。本研究の結果はコイル感度補正を行わなかったが、もしコイル感度補正を行えない場合は、得られた分布の特性を理解して判定することが望ましい。コイルの感度補正は必要性が低い方が望ましいので、この点から考えると body コイルが適していると考えられる。

一方、画像の SN 比の面から 4 種類のコイルについて検討をすると、SN 比の低い順から body コイル, TORSO コイル, cardiac コイル, GPFLEX コイルの順となった。臨床で検査結果を評価する際には得られた画像を直接評価することが最重要であることから、SN 比の高

いものが望まれる。この点から考えると GPFLEX コイルが適していることになる。

以上のことから、コイルの選択は信号強度分布と SN 比との間でトレードオフの関係になっていることがわかる。したがって、コイルはこの関係と検査目的に応じて総合的に選択する必要があると考えられる。ただし、body コイル以外を選択する場合には感度補正が必要であると考えられる。

### ま と め

本研究では同一の心臓ファントムを用いて MRI と SPECT を行い、それぞれの画像から Bull's-eye 表示を作成して両者の比較検討を行った。結果から、MRI による Bull's-eye 表示は SPECT と同様に後側壁に信号強度の低下が見られた。また、コイルによってはコイルの感度特性により信号強度の低下範囲に相違が見られた。さらに、MRI のコイル間での違いについても検討したところ、信号強度分布と SN 比との間にトレードオフの関係があり、コイルはこの関係と検査目的に応じて総合的に選択する必要がある。今後、この結果を踏まえて正常例と臨床例について検討する予定である。

### 文 献

- 1) 最上拓児, 原田潤太: 心臓 MRI の基本的撮像法と読影の実際. 画像診断 2001; 12: 1326-1332
- 2) 市川泰崇, 北川覚也, 石田七香, 佐久間肇, 竹田 寛, 上村祥子, 本康宗信, 井坂直樹, 中野赴: 心機能イメージング-心筋壁運動, perfusion imaging. INNERVISION 2001; 9: 15-18
- 3) Al-Saadi N, Nagel E, Gross M, Bornstedt A, Schnackenburg B, Klein C, Klimek W, Oswald H, Fleck E: Noninvasive detection of myocardial ischemia from perfusion reserve based on cardiovascular magnetic resonance. Circulation 2000; 101: 1379-1383
- 4) Kitagawa K, Sakuma H, Hirano T, Takeda K, Kadoya I, Makino K, Okamoto S: Delayed myocardial contrast enhancement in patients with acute myocardial infarction: comparison with Thallium-201 SPECT imaging. Proceedings of 9<sup>th</sup> ISMRM meeting 2001; 222
- 5) Slavin GS, Wolff SD, Gupta SN, Foo TKF: First-pass myocardial perfusion MR imaging with interleaved notched saturation: feasibility study. Radiology 2001; 219: 258-263
- 6) van der Geest RJ, Buller GM, Jansen E, Lamb HJ, Baur LHB, van der Wall EE, de Roos A, Reiber JHC: Comparison between manual and semiautomated analysis of left ventricular volume parameters from short-axis MR images. J Comput Assist Tomogr 1997; 21 (5): 756-765

## **Bull's-eye Map of Myocardial Perfusion MR Imaging : Comparison with SPECT**

Yukihiro NOMURA<sup>1</sup>, Ayako YAMAGISHI<sup>2,5</sup>, Shuji NANJO<sup>3</sup>,  
Junichi YAMAZAKI<sup>3</sup>, Kohki YOSHIKAWA<sup>4</sup>, Yusuke INOUE<sup>4</sup>,  
Atsushi SENOO<sup>2</sup>, Kazuo YAGI<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Graduate School of Science and Technology, Chiba University  
1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263-8522*

*<sup>2</sup>Department of Radiological Science, Tokyo Metropolitan University of Health Sciences*

*<sup>3</sup>Department of 1<sup>st</sup> Internal Medicine, School of Medicine, Toho University*

*<sup>4</sup>Department of Radiology, Institute of Medical Science, University of Tokyo*

*<sup>5</sup>Hiratsuka Kyosai Hospital*

When diagnosing heart disease, chest roentgenograms, ultrasonography, single-photon emission computed tomography (SPECT), and coronary arteriography are usually performed. Magnetic resonance (MR) imaging is not widely used for evaluating heart disease. Recent technological progress has allowed high quality images of the heart to be reliably obtained. A routine MR study taking about 30–40 minutes can provide a large amount of diagnostic information, such as cardiac structure, function, perfusion, and myocardial viability. The analysis software that can offer Bull's-eye maps from myocardial perfusion images has recently become commercially available.

In this study, the characteristics of Bull's-eye mapping of MR imaging is compared with that of Bull's-eye mapping of SPECT using the same heart phantom. The difference in the image quality of the Bull's-eye maps was evaluated among the receiver coils of MR imaging. On Bull's-eye maps from both MR imaging and SPECT, decreased signal intensity was noted in the posterolateral wall. The degree of decrease in the signal of the MR imaging was more prominent than on that of SPECT. The decrease was severe for the GPFLEX coil, moderate for the cardiac and TORSO coil, and slight for the body coil. In the selection of a coil, it is necessary to take into consideration the trade-off between the distribution of signal intensity and the SNR.