

## Transverse phased array coil を使用した心臓撮像： 高速シネ MRI における画質の検討

中西 正<sup>1</sup>, 高羽順子<sup>2</sup>, 桑原将司<sup>1</sup>, 藤田和志<sup>1</sup>,  
宮坂健司<sup>1</sup>, 直樹邦夫<sup>1</sup>, 飯田 慎<sup>1</sup>, 高畑弥奈子<sup>1</sup>,  
伊藤勝陽<sup>1</sup>

<sup>1</sup>広島大学医学部放射線医学教室 <sup>2</sup>同 附属病院放射線部

流腔に重点をおいた。

### はじめに

心疾患の MRI においては現在 spin echo 法を用いて主に形態診断を gradient echo 法による機能診断が行われている。近年高速シネ撮像法である fastcard 法及びその類似の撮像法により呼吸停止下に撮像ができ、短時間で明瞭な画像が得られるようになった<sup>1)~3)</sup>。一方高速シネ MRI は高速に撮像できる反面、signal-to-noise ratio (以下 S/N) の向上に繰り返し回数による手法をとることは本来の高速性を失い適当でない。現在まで高速シネ MRI による心臓撮像においては心筋重量や心室容積の評価には主に body coil が<sup>3)</sup>、冠状動脈の描出には小口径の surface coil が用いられてきた<sup>1),2)</sup>。S/N の向上を目的とした体部用の phased array coil である transverse phased array coil のファントムおよび腹部における臨床応用の報告はあるが<sup>4)</sup>、現在まで fastcard 法による高速シネ MRI での心臓撮像を主に検討した報告はない。今回我々は transverse phased array coil を使用した高速シネ MRI による心臓撮像についての基礎的な検討を行った。特に心臓の機能診断を行うことを想定して、左心室の心筋と血

### 対象および方法

対象は正常健常者 10 名 (男性 9 名, 女性 1 名) で平均年齢は 27 才であった。使用装置は GE 社製 Horizon Highspeed 1.5 T。Fastcard 法は k-space segmentation を併用した gradient echo 法で、一画像に割り当てる line 数を 8 とした。撮像条件は心電図同期にて TR = 9.9 ms TE = 1.8 ms, flip angle = 30°, 5 mm thickness, 256 × 160 matrix, 1NEX で息止め下に axial 断面にて行った。位相エンコード方向は左右方向で、32 × 24 cm の rectangular FOV で施行した。受信の bandwidth は 16 KHz にて行った。脂肪抑制は併用していない。一枚当たりの時間分解能は 80 ms 弱となるが、view sharing という line を共有する操作を行っているために得られる枚数は約 2 倍になっており、平均 20 枚の画像が得られた。Transverse phased array coil は体幹部用のもので、four-coil transverse phased array で 12 inch × 14 inch (30.48 × 35.56 cm) コイルを前後に配置し、それぞれの二つのコイルを持つ。Transverse phased array coil と body coil を用

キーワード transverse phased array coil, k-space segmentation, gradient echo

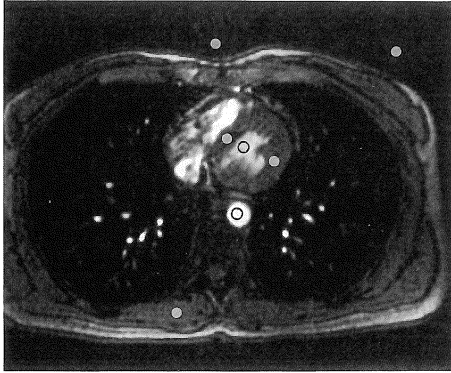


Fig. 1. Sites of regions of interest on an image. Seven round circles designate regions of interest for measuring S/N and C/N.

い、同一条件による撮像を施行し、S/N, contrast-to-noise ratio (以下 C/N), 及び視覚的な評価を行った。測定部位は左心室の中央部で心室中隔と後壁が確認できるレベルとした。関心領域の計測は二名の観察者により施行した。それらの位置は background に前胸壁の前で心臓の前面と、左端の外れた所、血流腔では左心室内と下行大動脈、心筋では心室中隔と後側壁、さらに背筋（脊柱起立筋）であり、計 7 箇所の計測を行った (Fig. 1)。心筋、脊柱起立筋の S/N では noise はそれぞれの標準偏差を使用した。C/N は対象となる 2 箇所の信号の差を background の標準偏差で除した値とした。Flow artifact が心位相に依存すると考えられ

Table 1. Signal-to-Noise Ratio Contrast-to-Noise Ratio. Transverse Phased Array Coil vs. Body Coil

			Phased Array	Body	Phased Array/Body	p value
S/N	Systole	AS	4.65 ± 1.74	3.55 ± 1.23	1.31	0.063
		PL	9.73 ± 4.42	5.72 ± 1.53	1.7	0.017
		M	8.68 ± 2.71	3.14 ± 1.03	2.77	>0.001
	Diastole	AS	4.53 ± 1.72	2.54 ± 0.61	1.78	0.003
		PL	5.5 ± 1.87	3.33 ± 0.86	1.65	0.006
		M	8.75 ± 3.42	2.79 ± 0.85	3.13	>0.001
C/N center noise	Systole	LV/AS	18.6 ± 6.9	13.5 ± 2.9	1.38	0.036
		LV/PL	17.1 ± 5.8	11.2 ± 3.0	1.53	0.008
		Ao	19.8 ± 8.5	18.9 ± 4.0	1.05	0.737
	Diastole	LV/AS	12.4 ± 5.5	9.42 ± 2.74	1.32	0.124
		LV/PL	14.6 ± 5.4	9.26 ± 3.06	1.57	0.018
		Ao	13.4 ± 6.3	14.6 ± 4.4	0.91	0.523
C/N left corner noise	Systole	LV/AS	29.3 ± 10.9	14.5 ± 4.0	2.02	0.002
		LV/PL	26.9 ± 8.6	12.0 ± 4.0	2.23	>0.001
		Ao	31.4 ± 15.1	18.9 ± 5.2	1.67	0.035
	Diastole	LV/AS	23.4 ± 10.6	11.9 ± 4.6	1.97	0.001
		LV/PL	27.4 ± 10.6	11.5 ± 4.4	2.37	>0.001
		Ao	24.7 ± 10.1	18.3 ± 6.4	1.35	0.028

AS: anteroseptal wall      PL: posterolateral wall      M: musculus. erector spinae  
 LV: left ventricular cavity      Ao: descending aorta

るので、収縮末期と拡張早期の画像を一枚ずつ選び出し以下の解析を行った。コイル別での収縮期と拡張期の上記パラメータについての統計学的な有意差の有無を検討した。統計解析には paired t-test を用いた。視覚的な評価は心筋と血流腔の境界が明瞭に区別できるかどうかを重点をおき、コイルによる比較を行った。

## 結 果

Table 1 に S/N, C/N の結果を示す。C/N については noise を中央と左端をとっているので 2 種類得た。コイル別に比較すると transverse array coil においては S/N では脊柱起立筋は約 3 倍、心筋では 1.3~1.8 倍程度であった。C/N に関しては phase artifact のかぶってこない左端を noise とした場合は 2 倍程度であったが、中央を noise とした場合は 1.5 倍程度の値を示した。また大動脈の C/N では中央を noise とした場合は有意差を認めなかった。大部分の項目で transverse array coil は body coil より有意に高い値を示した。C/N に関しては noise 計測の領域を前胸壁の前にするよりも、左端としたほうが、明瞭な差が得られた。心位相の影響については数項目について両コイ

Table 2. Evaluation Results of Images with Transverse Phased Array Coil and with Body Coil

	Phased Array >Body	Phased Array =Body	Body >Phased Array
Systole	5	5	0
Diastole	1	8	1
Overall	6	3	1

ルに共通して収縮期において S/N, C/N が高い値を示す傾向にあった。Table 2 に視覚評価の結果を示す。心筋の内膜側の輪郭に関しての視覚的な評価においては transverse array coil は 60% で body coil より良好、30% で同等の評価となった。一例で body coil が良好と判定された。心位相別にみると拡張期ではコイル間の差は認めなかったが、収縮期では明らかに transverse array coil による評価の方が良好であった。視覚的にも transverse array coil の使用により、心筋の輪郭の描出が明瞭となった (Fig. 2)。また transverse array coil では画像上部位による信号の不均一性は認められるものの画像診断の上での障害となることは少ないと考えられた。

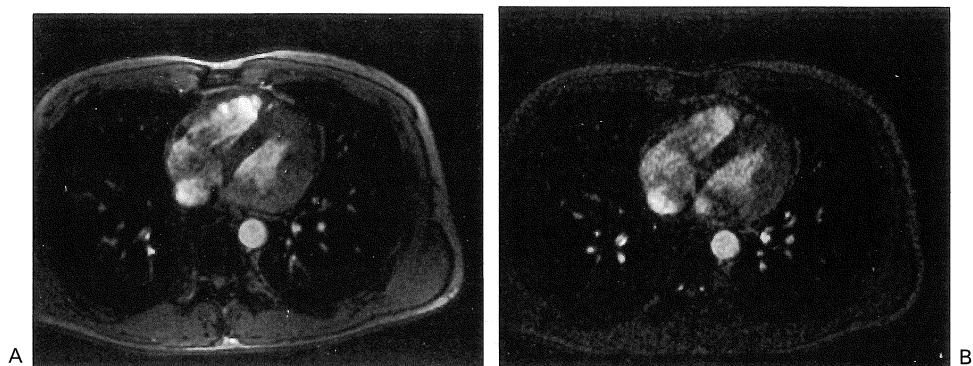


Fig. 2. Comparative demonstration of images with transverse phased array coil and body coil images of a 28-year-old man. (A) Transverse phased array coil image in systolic phase. (B) Body coil image in systolic phase. S/N improvement is obtained with transverse phased array coil, although slight inhomogeneity in signal intensity is inevitable.

## 考 察

Phased array coil は一般に複数の surface coil から同時かつ独立に信号をとることによって S/N の向上をはかるものである<sup>5)</sup>。Phased array coil による S/N はファントムによる計測を行っている報告によれば body coil の 1.8~3.4 倍程度とされている<sup>4),6)~8)</sup>。特に Hayes ら<sup>8)</sup>の報告では横置き coil pair を前後に配置する transverse phased array の S/N は bodycoil の 3.1~3.4 倍で longitudinal phased array における結果より若干良好であると述べている。Transverse phased array coil は transverse phased array であるので、pelvic coil で用いられている longitudinal phased array より有利であるといえる。しかしながら phased array coil を胸腹部で用いる場合均一性は増したとは言え、部位により信号の不均一性が残るのが現状である。Phased array coil の欠点としては body coil に比較して、coil に近い部位の信号が強すぎることに、phase artifact の抑制が利きにくく、その影響が全体の画像に及ぼされることの 2 点が挙げられるが<sup>5),7)</sup>、これらの現象は対象とする臓器や位置および撮像方法により臨床的な有用性が異なる可能性があることを意味する。Phased array coil の臨床応用は S/N の向上による画質の改善が目的であることはいうまでもないが、spin echo 法である程度の有用性が報告されている臓器と gradient echo 法などを利用した高速撮像法でない対象となりにくい臓器との二つにわけて考えることができる。前者については高分解能に伴う S/N の低下や撮像時間の延長をさけるために用いられており、後者には肺血管におけるものがあり、画像化のために必須なコイルであるといえる<sup>9)</sup>。近年心臓専用の phased array coil が考案されているが、原理と構造は今回我々の使用した transverse array coil に類似している<sup>10),11)</sup>。今回我々の検討した transverse phased array coil を用いた高速シネ MRI の撮

像では coil に近い部位の信号が強すぎることに、phase artifact の抑制が利きにくいことなどの phased array coil の欠点の影響が少ないものと思われた。これは心電図同期だけでなく呼吸停止も行っているため、phase artifact が生じにくい点の他に、胸壁には高信号を呈し得る脂肪層が腹部骨盤領域にくらべて乏しいことや、この撮像法では脂肪よりも血流腔の信号が明らかに強くなるのが原因として挙げられる。撮像の範囲については心臓を対象とする場合は transverse array coil で十分であると考えられる。心位相の影響については拡張期には血流腔内に信号が低下するだけでなく、phase ghost artifact が若干増加する傾向にあったため、心筋と大動脈の C/N は収縮期の画像に比べて低下していた項目があったが、この傾向は両コイル同様に認め、むしろ撮像法の特徴と考えられた。視覚的な評価において body coil の方が良好な画像を示した症例があったが、body coil で非常に良好な画像が得られたので、transverse array coil で若干信号の不均一性が強調されたためと考えられた。本稿では左心室内血流と心筋との間のコントラストを得ることに主眼が置いた検討を行ったが、物理的にも視覚的にも有用性が示された。

## 結 論

Transverse phased array coil を使用することにより、画質の向上が得られ心機能の評価に有用性が期待できる。

## 文 献

- 1) Manning WJ, Li W, Edelman RR : A preliminary report comparing magnetic resonance coronary angiography with conventional angiography. *N Engl J Med*, 328 : 828-832, 1993.
- 2) Sakuma H, Caputo GR, Steffens JC, et al. : Breath-hold MR cine angiography of coronary arteries in healthy volunteers : Value of multiangle

- oblique imaging planes. *AJR*, 163 : 533-537, 1994.
- 3) Sakuma H, Fujita N, Foo TK, et al. : Evaluation of left ventricular volume and mass with breath-hold cine MR imaging. *Radiology*, 188 : 377-80, 1993.
  - 4) Campeau NG, Johnson CD, Felmlee JP, et al. : MR imaging of the abdomen with a phased-array multicoil : prospective clinical evaluation. *Radiology*, 195 : 769-76, 1995.
  - 5) Roemer PB, Edelstein WA, Hayes CE, Souza SP, Mueller OM : The NMR phased array. *Magn Reson Med*, 16 : 192-225, 1990.
  - 6) McCauley TR, McCarthy S, Lange R : Pelvic phased array coil : image quality assessment for spin-echo MR imaging. *Magn Reson Imag*, 10 : 513-522, 1992.
  - 7) Hayes CE, Hattes N, Roemer PB : Volume imaging with MR phased arrays. *Magn Reson Med*, 18 : 309-19, 1991.
  - 8) Hayes CE, Dietz MJ, King BF, Ehman RL : Pelvic imaging with phased-array coils : quantitative assessment of signal-to-noise ratio improvement. *J Magn Reson Imag*, 2 : 321-6, 1992.
  - 9) Foo TK, MacFall JR, Hayes CE, Sostman HD, Slayman BE : Pulmonary vasculature : single breath-hold MR imaging with phased-array coils. *Radiology*, 183 : 473-7, 1992.
  - 10) Constantinides CD, Westgate CR, O'Dell WG, Zerhouni EA, McVeigh ER : A phased array coil for human cardiac imaging. *Magn Reson Med*, 34 : 92-98, 1995.
  - 11) Fayad ZA, Connick TJ, Axel L : An improved quadrature or phased-array coil for MR cardiac imaging. *Magn Reson Med*, 34 : 186-93, 1995.

## Cardiac Imaging Using a Transverse Phased Array Coil : Image Quality Assessment in Fast Cine MR Sequence

Tadashi NAKANISHI<sup>1</sup>, Junko TAKABA<sup>2</sup>, Masashi KUWAHARA<sup>1</sup>,  
Kazushi FUJITA<sup>1</sup>, Kenji MIYASAKA<sup>1</sup>, Kunio NAOKI<sup>1</sup>,  
Makoto IIDA<sup>1</sup>, Minako KOUHATA<sup>1</sup>, Katsuhide ITO<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Department of Radiology and <sup>2</sup>Section of Radiological Technology, Hiroshima University School of Medicine  
1-2-3 Kasumi Minami-ku, Hiroshima 734*

The authors evaluated the efficacy of phased array coil when fast cine MRI sequences is performed for cardiac imaging. Fastcard sequence was applied to image the hearts in 10 healthy volunteers using 1.5 T MR imager. Fastcard sequence is an electrocardiographically triggered gradient echo sequence with k-space segmentation. The imaging parameters were 9.9/1.8, 30° flip angle, 5 mm section thickness, one signal averaged, and 256 × 160 matrix. The field of view was 32 cm in each subject. The axial sections of the heart were performed during breath holding with transverse phased array coil and body coil. Transverse phased array coil composed of four-coil transverse phased array is a receive-only multicoil developed for body imaging. Signal-to-noise ratio (S/N) was defined as signal intensity divided by standard deviation for myocardium and muscle. Contrast-to-noise ratio (C/N) was defined as the difference of signal intensity between left ventricular cavity or the aorta and myocardium or muscle. Measurement of S/N and C/N performed by two observers showed significant improvement S/N and C/N with transverse array coil in most of the parameters. Better contrast in visual inspection between left ventricular cavity and myocardium was obtained with transverse array coil, although transverse array coil was not always superior to body coil, especially for images in diastole. These results showed fast cine MRI sequences with transverse phased array coil may have clinical efficacy for the assessment of cardiac function.