

## Swap phase encoding FBI 法による骨盤～大腿領域の MR arteriography の検討

小野 敦<sup>1</sup>, 高田 悟<sup>1</sup>, 川井 章<sup>2</sup>, 川上幸雄<sup>3</sup>,  
谷口敏孝<sup>4</sup>, 渋谷 修<sup>5</sup>, 佐能量雄<sup>6</sup>, 宮崎美津恵<sup>7</sup>

<sup>1</sup>岡山光生病院診療技術部 <sup>2</sup>岡山大学医学部整形外科 <sup>3</sup>岡山光生病院整形外科  
<sup>4</sup>川崎医科大学附属川崎病院放射線科 <sup>5</sup>三菱水島病院放射線科 <sup>6</sup>岡山光生病院外科  
<sup>7</sup>株式会社MRI開発部

### はじめに

近年, 新しい非造影 MRA 撮像技術として fresh blood imaging (FBI) 法が開発された<sup>1)</sup>. FBI 法は, ECG-gating を併用した half-Fourier FSE シーケンスであり, 短いエコー間隔の設定によって血液を高信号に描出する. また, 心拡張期と収縮期の動脈血流速の差を利用し, 2 時相をデータ収集, その後差分することで動脈画像 (MR arteriography) を作成することも可能<sup>2)</sup>である.

本法では, 読み出し (read out) 傾斜磁場による flow-dephasing 効果<sup>3),4)</sup>を活用しているため, 差分画像で read out 方向と平行に走行する血管は良好に描出される. また, スライス選択方向に走行する血管についてもスライス選択傾斜磁場による flow-dephasing 効果のため, 明瞭な描出が可能である. しかし, phase 方向では, flow-dephasing 効果が少なく<sup>5)</sup>, phase 方向に対して平行に走行する血管は描出能が低下する. 今回, FBI 法で phase エンコード方向を入れ替えて撮像を行い, 両画像の合成画像から良好な MR arteriography を作成する

swap phase encoding FBI 法 (以下, SPE-FBI 法) を考案, 骨盤～大腿領域において検討したので報告する.

### SPE-FBI 法について

Fig. 1 に SPE-FBI 法の原理図を示す. 従来の FBI 法による MR arteriography は, 撮像断面のいずれか 1 方向を phase エンコード方向に設定し, 心拡張期と収縮期の 2 時相をデータ収集した後, 差分画像を MIP することで作成される. これに対し SPE-FBI 法は, phase エンコード方向と read out 方向を入れ替えた同一断面の心拡張期および収縮期の 2 時相をデータ収集し, 得られた差分画像のすべてを MIP することで MR arteriography を作成する. SPE-FBI 法による MR arteriography では, 1 枚の画像の両方向に対して, read out 方向の flow-dephasing 効果が得られる.

### 対象および方法

対象は, 平成 13 年 5 月から 10 月までに骨

キーワード non-contrast-enhanced MR angiography, fresh blood imaging (FBI), swap phase encode, flow-dephasing, MR arteriography

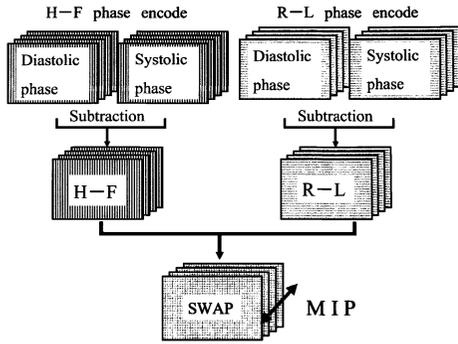


Fig. 1. A diagram of swap phase encoding FBI. SPE-FBI consists of two sets of subtraction images, which were obtained during the systolic phase and diastolic phase with the phase encode directions swapped, and processed in piles with MIP projection.

盤および大腿部に、FBI法およびSPE-FBI法が施行された28例(男性16例, 女性12例, 平均年齢36.6歳)である。症例の内訳は、正常ボランティア群10例, 骨盤および大腿部に発症した骨・軟部腫瘍群18例である。使用装置は、東芝社製0.5T FLEXART Hyperであり、全例にQDボディコイルを使用した。パルスシーケンスは、ECG-gating併用half-Fourier FSE (FASE)法で、ECG-Prep scanによって最適な心拡張期と収縮期のdelay timeを決定した後、各時相で3D FASE法による撮像を実施した。次に、同条件で撮像断面のphaseエンコード方向を入れ替えて撮像を行い、phaseエンコード方向が異なる2種類の心拡張期、収縮期画像を取得した。撮像パラメータは、TR 3×R-R (ECG-synchronized)ms, TE<sub>eff</sub> 39ms, ETS 6.5ms, TI 140ms, matrix 256×256, NAQ (number of acquisitions) 1, slice thickness 3.5mm, FOV 36×36cmであり、撮像断面は冠状断面とした。

得られた各phaseエンコード方向の心拡張

期画像と収縮期画像を差分、MIPすることでphaseエンコード方向が異なる2種類のMR arteriographyを作成した。また、双方のphaseエンコード方向の差分画像を合わせてMIPし、SPE-FBI法のMR arteriographyを作成した。なお、画像処理は、MRI装置本体で行った。

それぞれの画像につき、以下の評価を行った。

(1) 定量的評価

正常ボランティア群を対象として、各phaseエンコード方向とSPE-FBI法によって作成された3種類のMR arteriographyにおいて外腸骨動脈(大腿動脈と大腿深動脈の分岐から7cm頭側), 大腿動脈(大腿動脈と大腿深動脈の分岐から7cm尾側), 大腿深動脈(起始部から1cm尾側)に関心領域(ROI)を設定し、信号強度(SI)およびバックグラウンドノイズの標準偏差(SD)を測定した。

測定結果からSNRを算出し、各撮像法の間で比較した。

$$SNR = SI \text{ of ROI} / SD \text{ of background noise}$$

(2) 視覚的評価

正常ボランティア群および骨・軟部腫瘍群の28例を対象に各phaseエンコード方向とSPE-FBI法によって作成された3種類のMR arteriographyにおいて、外腸骨動脈, 大腿動脈, 大腿深動脈, 外側大腿回旋動脈の描出能について放射線科医2名, 整形外科医2名による視覚的評価を以下の4段階として行った。

描出良好, 血流信号均一, 狭窄・拡張などの評価問題なしを3ポイント, 描出良好, 血流信号不均一, 狭窄・拡張などの評価問題なしを2ポイント, 描出不十分, 狭窄・拡張などの評価に問題ありを1ポイント, 描出なし, 評価不能を0ポイントとした。

なお, (1), (2)の統計学的評価については, two-way ANOVA および Fisher's PLSD によ

Swap phase encoding FBI 法による MR arteriography

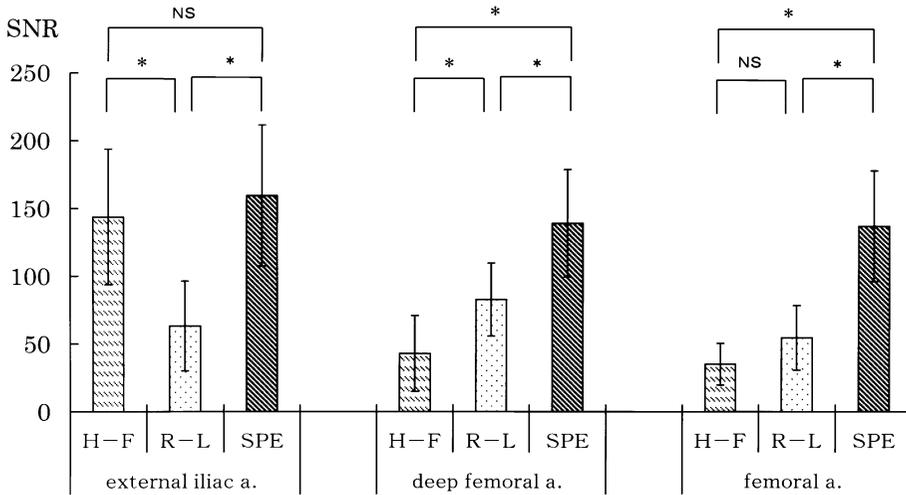


Fig. 2. The mean SNR of the arterial branches in MIP images as an MR arteriography, with the H-F phase encode direction vs. R-L phase encode direction vs. Swap phase encoding FBI. H-F : H-F phase encode direction, R-L : R-L phase encode direction, SPE : Swap phase encoding FBI. Differences among three methods were assessed using Fisher's PLSD. The overall effect was assessed by two-way ANOVA and pair-wise comparisons were conducted only when the overall effect was significant. Fisher's PLSD, \* :  $P < 0.001$ , NS : not significant. In the external iliac artery, the mean SNR increased higher with the H-F phase encode direction than with R-L phase encode direction, whereas those in the deep femoral and femoral artery increased higher with the R-L phase encode direction than with H-F phase encode direction. In addition, there was a significant difference between the both phase encode directions in the external iliac and deep femoral arteries. The mean SNR of all arterial branches acquired with SPE-FBI images were higher than with both phase encode directions, which were significant in the deep femoral and femoral arteries.

る多重比較を行った。

結 果

(1) 定量的評価

各 phase エンコード方向と SPE-FBI 法によって作成された 3 種類の MR arteriography の SNR を Fig. 2 に示す。

外腸骨動脈, 大腿動脈, 大腿深動脈の SNR は, いずれも SPE-FBI 法が最も高値を示した。外腸骨動脈は, SPE-FBI 法 > H-F 方向 > R-L 方向の順で高値を示し, H-F 方向と R-L 方向および SPE-FBI 法と R-L 方向には有意差が認められたが, H-F 方向と SPE-FBI 法には有意差は認められなかった。大腿動脈, 大腿深

動脈は, SPE-FBI 法 > R-L 方向 > H-F 方向の順で高値を示し, 大腿深動脈では, H-F 方向と R-L 方向および両方向と SPE-FBI 法に, 大腿動脈では, 両方向と SPE-FBI 法に有意差が認められた。

(2) 視覚的評価

外腸骨動脈, 大腿動脈, 大腿深動脈, 外側大腿回旋動脈の描出能についての視覚的評価を Table に示す。すべての動脈において, SPE-FBI 法が最も高値を示した。外腸骨動脈は SPE-FBI 法 > H-F 方向 > R-L 方向の順, 大腿動脈, 大腿深動脈, 外側大腿回旋動脈については SPE-FBI 法 > R-L 方向 > H-F 方向の順で高値を示し, H-F 方向と R-L 方向および両方向と SPE-FBI 法には, 有意差が認められた

Table. Visual Assessments of MR Arteriography with Swap Phase Encoding FBI, H-F and R-L Phase Encode Directions

Parameter	H-F direction	R-L direction	SPE-FBI
external iliac a.	2.46±0.57	1.88±0.70	2.67±0.52
	**		
	***		***
femoral a.	1.45±0.69	1.98±0.92	2.39±0.69
	***		
	***		***
deep femoral a.	1.00±0.44	1.93±0.77	2.24±0.67
	***		
	***		***
lateral femoral circumflex a.	1.03±0.78	1.29±0.87	1.64±0.90
	***		
	*	***	

All values are mean ± SD. H-F : H-F phase encode direction, R-L : R-L phase encode direction, SPE : swap phase encoding FBI. Differences among three methods were assessed using Fisher's PLSD. The overall effect was assessed by two-way ANOVA and pair-wise comparisons were conducted only when the overall effect was significant. Fisher's PLSD, \* : P < 0.03, \*\* : P < 0.01, \*\*\* : P < 0.001.

(Fig. 3). 特に、骨・軟部腫瘍群では、各 phase エンコード方向の画像において、腫瘍周囲動脈の描出能の低下が正常例に比し顕著となる症例が数多く認められたが、いずれも SPE-FBI 法では改善された (Fig. 4).

### 考 察

この数年、MR angiography の分野では、頸部から体幹部、下肢などの部位において造影剤による T<sub>1</sub> 短縮効果を用いた contrast-enhanced (CE) MRA 撮像法が広く普及している<sup>6)~11)</sup>. CE MRA 撮像法では、短い撮像時間で SNR および CNR が高い画像が得られ、dynamic study によって動静脈分離が可能などの利点がある. 一方、この方法では、対象血管への造影剤到達時間、造影効果持続時間が血管描出能に

影響するため、その対策として造影剤の到達時間をリアルタイムに観察できる fluoroscopic triggering 法<sup>12)</sup>、寝台移動して撮像する Moving-bed 技術<sup>13)</sup>などが開発され、臨床においても様々な検討が行われている<sup>14)~17)</sup>. FBI 法は、血液中の水成分を反映した非造影 (non-contrast) MRA 法であり、ECG-gating を併用した half-Fourier FSE シーケンスによって血液を高信号に描出する. FBI 法では、エコー間隔の短縮による motion-freezing 効果と susceptibility の低減効果<sup>18)</sup>、血液の T<sub>2</sub> の短い成分が phase 方向に blurring を生じ<sup>19)</sup>、信号が数ピクセルにわたって重なり合う T<sub>2</sub> blurring 効果<sup>5)</sup>、k 空間の中心付近からデータ収集を行うことによる flow-dephasing 抑制効果<sup>20)</sup>などが利用され、ECG-gating を併用し、血流の遅い心拡張期に撮像することで、流速が速い動脈

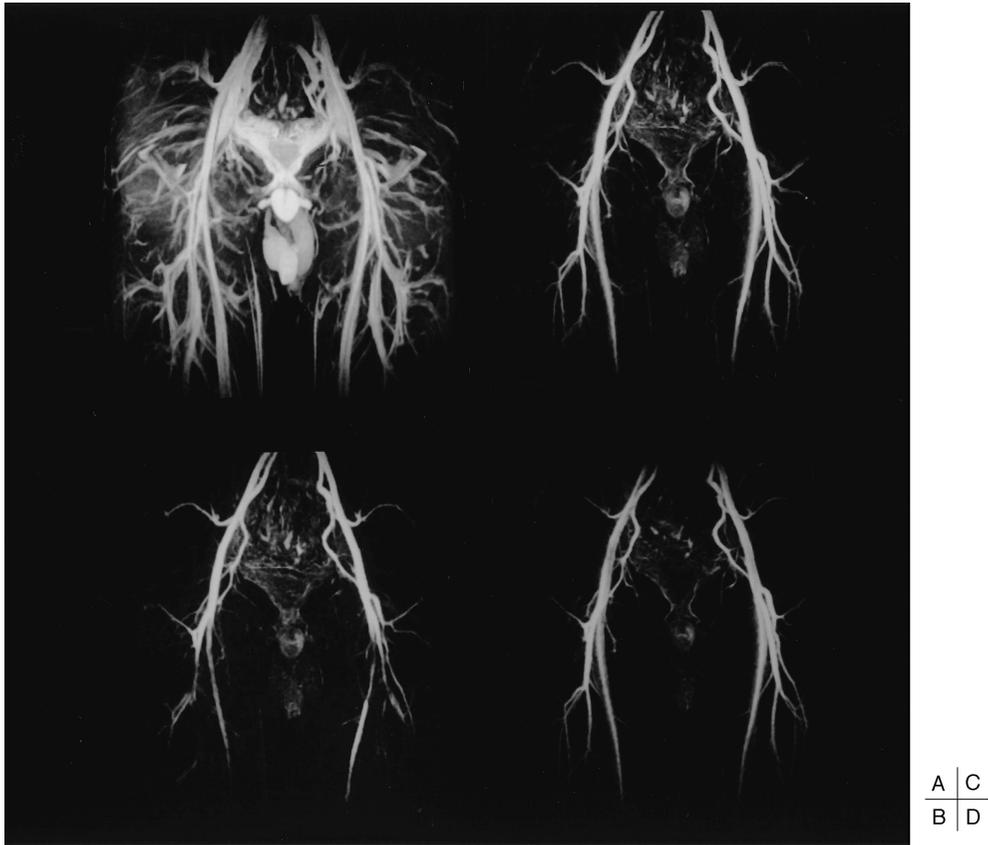


Fig. 3. Normal volunteer of a 24-year-old man  
 MR image by ECG-triggered 3D half-Fourier FSE obtained during diastole with swap phase encode extended data acquisition (SPEED) (A) shows both arteries and veins. MR arteriography images with the H-F phase encode direction (B) shows the external iliac artery in higher signals than the others, however, the image with the R-L phase encode direction (D) shows the femoral, deep femoral arteries and descending branches of lateral femoral circumflex artery in relative high signals. MR arteriography using SPE-FBI (C) clearly demonstrates overall arteries.

に対しても描出能を向上させている。FBI法の動静脈分離は、心拡張期と収縮期画像の差分によって行われるが、心収縮期画像において動脈がflow voidに描出されるのは、その大半がread out方向およびスライス方向の流れであると考えられる。なぜなら、phase方向では、前述の様々な効果により信号が保存される反面、read out方向、スライス方向は傾斜磁場印加量がphase方向に比べ大きくなり、flow-dephas-

ing効果がより強調されるからである。したがって、撮像対象とする動脈の走行がread out方向と平行あるいはスライス方向である場合には、良好に描出されるが、phase方向と平行に走行する場合には、心収縮期画像でdephaseされる信号は限られ、差分画像の描出能は極端に低下する。

今回我々は、この現象による画質を改善するため撮像断面の両方向にflow-dephasing効果

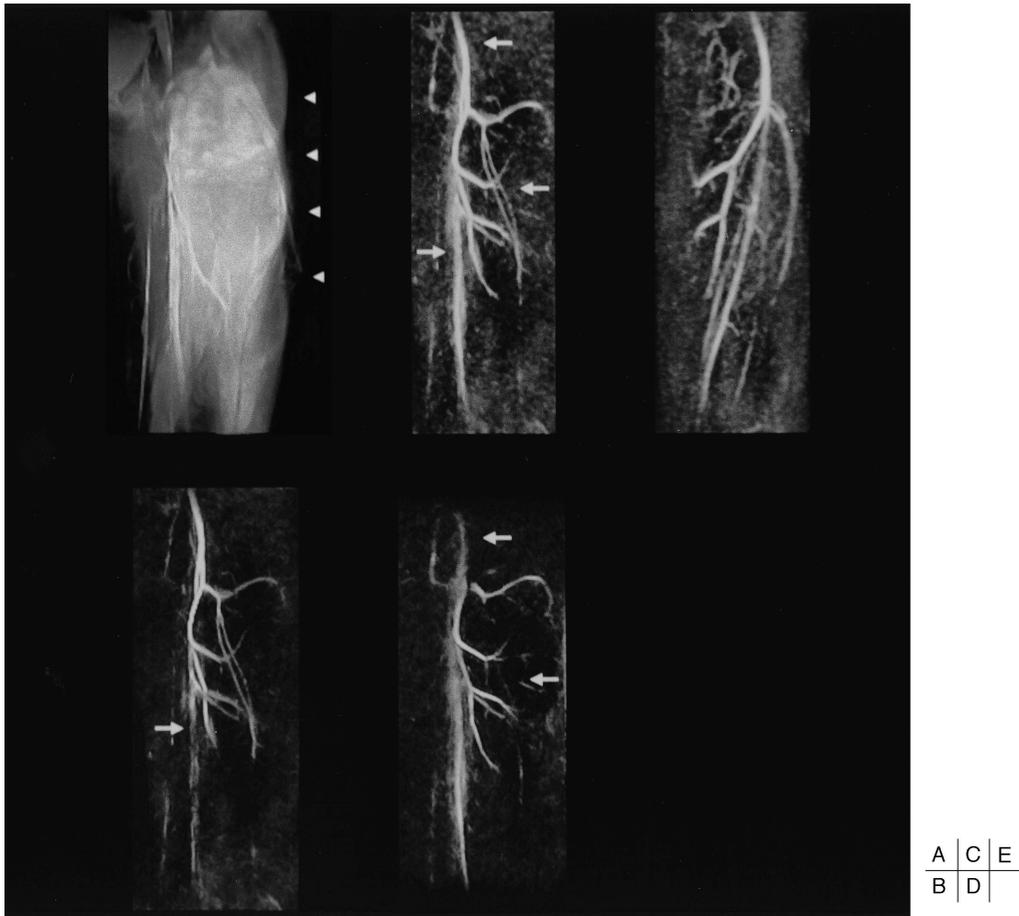


Fig. 4. Osteosarcoma in the left femur of a 9-year-old woman  
 The SPEED image (A) shows a large osteosarcoma in the left femur (arrowheads). MR arteriography with the H-F (B) and R-L phase encode direction (D) show areas of signal dropout in the arterial branches (arrows), and those are clearly depicted with the SPE-FBI (C, E) (arrows).

が得られる SPE-FBI 法を考案し、従来法との比較、検討を行った。

正常ボランティア群を対象とした各 phase エンコード方向によって作成された MR arteriography における SNR の比較において、外腸骨動脈では H-F 方向が有意に高くなる傾向が認められた。これは、外腸骨動脈は走行が内側から外側へ広がりをもつため、流れの成分が R-L 方向に多くなり、read out 方向を R-L

方向に設定した場合の方が、より flow-dephasing 効果が強調されることによると思われる。

一方、大腿動脈、大腿深動脈については R-L 方向の SNR が高くなる傾向を示したが、これらの血管は、主に H-F 方向に走行するためと考えられる。したがって、同一撮像断面に走行方向が異なる複数の動脈が存在した場合、1 方向の phase エンコードによってすべての動脈を明瞭に描出することは困難であることが示唆

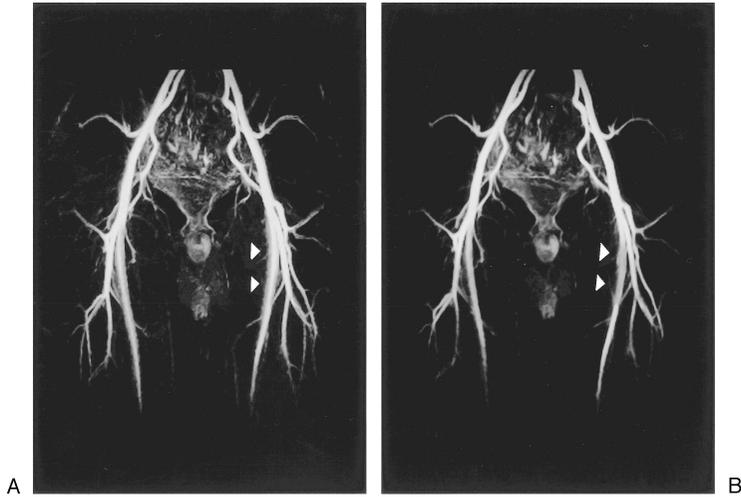


Fig. 5. Typical MR arteriographies acquired with two sorts of image processing

(A) MR arteriography processed with the MIP projection after the piling up two sets of subtraction images, which were obtained during systole and diastole with the phase encode directions swapped.

(B) MR arteriography processed with addition of MIP images, which were subtracted the systolic phase images from systolic phase images with the phase encode directions swapped.

Image (A) clearly demonstrates overall arteries as flat high signals, however, image (B) shows defective and unequal signals in those (arrowheads). Note: Further detailed comparison of these images is referred in Fig. 3.

された。

各 phase エンコード方向と SPE-FBI 法によって作成された 3 種類の MR arteriography の SNR の比較において、外腸骨動脈、大腿動脈、大腿深動脈の SNR は、SPE-FBI 法が最も高値を示し、大腿動脈、大腿深動脈では各 phase エンコード方向と有意差を認めた。SPE-FBI 法が、各 phase エンコード方向より SNR が高くなることは、以下の要因によると思われる。FBI 法は、各 phase エンコード方向による撮像において動脈の走行が read out 方向と一致した場合、差分による信号値は高くなる。SPE-FBI 法で、最も重要な点は、画像処理の方法にある。本法では、同一撮像断面の各 phase エンコード方向の差分画像も重ね合

わされ、MIP 処理が実施される。この処理により、各 phase エンコード方向で切り捨てられていた差分画像動脈内にあるピクセルの信号値はピクセル間で相互補完的役割を果たし、結果的に mean 値が MIP 処理で高信号として描出される。この効果は動脈全体における描出能の向上に限らず、血管径が大きな動脈などで認められる信号の不均一性の改善にも寄与していると思われた。各 phase エンコード方向の差分画像を MIP 処理した後、両画像に画像加算を実施した場合、これらの効果を得ることができず、均一性、描出能は低下する (Fig. 5)。

正常ボランティア群および骨・軟部腫瘍群の 28 例を対象とした各 phase エンコード方向と SPE-FBI 法の MR arteriography における視覚

的評価の結果において、すべての動脈は SPE-FBI 法で最も高値を示し、各 phase エンコード方向と有意差を認めた。SPE-FBI 法では、動脈の種別や走行方向の違いによる描出能差は改善され、外腸骨動脈および大腿動脈のように血管径が大きな動脈は、内部が均一な高信号として全体描出され、大腿深動脈、外側大腿回旋動脈のように血管径が小さな動脈は連続性の向上が認められた。

骨・軟部腫瘍群では、各 phase エンコード方向の画像において、腫瘍周囲動脈の描出能の低下が、より顕著となる症例が散見されたが、これらの症例ではいずれも腫瘍によって偏移、圧排、あるいは拡張した動脈が不規則な走行を示しており、正常例に比べ血流の方向成分が急峻に変化していたと推察される。SPE-FBI 法は、各動脈の信号減弱部を明瞭に描出することが可能であり、特に有用性が高いと思われた。

また、本法では、画像処理によって高精度な MR venography を得ることもできる。両画像を用いることで、腫瘍と周囲血管の関係はより明確となるが、MR venography については、通常、細胞成分に富んだ腫瘍部や壊死領域では  $T_2$  が延長しているため、腫瘍と静脈が同時に描出されてしまうことが多い。両者の正確な鑑別は、現時点では困難であり、診断の際には留意が必要と思われた。

一般に、骨・軟部腫瘍症例では、dynamic MRI を撮像する機会が増えている。Viable な腫瘍部と壊死との鑑別、腫瘍周囲異常信号部の鑑別、良・悪性の鑑別、質的診断能の向上、悪性腫瘍における治療効果の判定などが主な目的であり、造影剤投与後の造影パターンによって解析が行われている<sup>21)</sup>。CE MRA 撮像法では、dynamic MRI を必要とする症例に対して、同時撮像が困難であるため、造影剤を用いた2回の撮像が必要となる。SPE-FBI 法は、非造影法であり、本法施行後に dynamic MRI および造影 MRI が連続して撮像可能となる。今回検討を行った症例においても dynamic MRI が

連続撮像されており、有用であると思われた。なお、撮像に用いた MRI 装置は、0.5T の中磁場強度装置であったが、いずれの症例においても良好な MR arteriography を得ることが可能であった。

本法の問題点としては、ECG 同期不良例での精度の低下、撮像時間の延長、体動がある部位などを撮像した際に発生する可能性のある misregistration、流速が遅い下肢動脈などでは心拡張期と収縮期の血流速差が少なくなり描出能が低下することなどが挙げられ、検討課題と考えられる。しかし、心時相間で血流速差が少ない動脈の描出については、最近 read out 方向に flow-dephasing パルスを印加することで収縮期の若干の流れも flow void させ、末梢動脈描出能を改善する新しい FBI の手法<sup>22)</sup>が登場し、臨床応用に期待がもたれている。今後、我々の施設でも、SPE-FBI 法と併用して検討する予定である。

## 結 語

1. Phase エンコード方向を入れ替えて撮像を行い、両画像の合成画像から良好な MR arteriography を作成する swap phase encoding FBI 法（以下、SPE-FBI 法）を考案し、骨盤～大腿領域における有用性について検討を行った。
2. 正常ボランティア 10 例を対象に、各 phase エンコード方向の MR arteriography における外腸骨動脈、大腿動脈、大腿深動脈の SNR を比較した結果、外腸骨動脈では H-F 方向、また、大腿動脈、大腿深動脈については R-L 方向の SNR が高くなる傾向を示し、動脈によって SNR が高値となる phase エンコード方向は、異なることが確認された。
3. 各 phase エンコード方向と SPE-FBI 法による MR arteriography の比較では、外腸骨動脈、大腿動脈、大腿深動脈の SNR は、いずれも SPE-FBI 法が最も高値を示し、大腿動脈、

大腿深動脈については各 phase エンコード方向と有意な差を認めた。

4. 正常ボランティア群および骨・軟部腫瘍群の 28 例を対象とした各動脈の視覚的評価の結果、いずれの動脈においても SPE-FBI 法が各 phase エンコード方向より有意に高く、動脈間の描出能差および各動脈信号の不均一性、不連続性が改善された。

5. 骨・軟部腫瘍症例では、SPE-FBI 法は、周囲動脈が不定な方向に走行する場合においても明瞭に描出可能で、施行後に dynamic MRI および造影 MRI を連続撮像することもできる有益な検査法であると思われる。

なお、本論文の要旨は第 29 回日本磁気共鳴医学会大会（2001 年 9 月 20 日、つくば）において発表した。

## 文 献

- 1) Miyazaki M, Sugiura S, Tateishi F, et al. : Non-contrast-enhanced MR angiography using 3D ECG-synchronized half-Fourier fast spin echo. JMRI 2000 ; 12 : 776-783
- 2) Urata J, Miyazaki M, Wada H, et al. : Clinical evaluation of aortic diseases using nonenhanced MRA with ECG-triggered 3D half-Fourier FSE. JMRI 2001 ; 14 : 113-120
- 3) Wedeen VJ, Meuli RA, Edelman RR, et al. : Projective imaging of pulsatile flow with magnetic resonance. Science 1985 ; 230 : 946-948
- 4) Meuli RA, Wedeen VJ, Geller SC, et al. : MR gated subtraction angiography : evaluation of lower extremities. Radiology 1986 ; 159 : 411-418
- 5) Miyazaki M, Ichinose N, Sugiura S, et al. : A novel MR angiography technique : SPEED acquisition using half-Fourier RARE. JMRI 1998 ; 8 : 505-507
- 6) Prince MR : Gadolinium-enhanced MR aortography. Radiology 1994 ; 191 : 155-164
- 7) Douek PC, Revel D, Chazel S, et al. : Fast MR angiography of the aortoiliac arteries and arteries of the lower extremity : value of bolus-enhanced, whole-volume subtraction technique. AJR 1995 ; 165 : 431-437
- 8) Quinn SF, Sheley RC, Semonsen KG, et al. : Aortic and lower extremity arterial disease : evaluation with MR angiography versus conventional angiography. Radiology 1998 ; 206 : 693-701
- 9) 山下康行, 満崎克彦, 高橋陸正 : ガドリニウム造影三次元 MR angiography. 日磁医誌 1999 ; 19 : 384-398
- 10) 渡邊祐司 : 最新の造影 MR angiography 診断. 日医放会誌 2000 ; 60 : 3-9
- 11) 市川智章, 荒木 力, 蜂屋順一 : 三次元造影 MRA をいかに用いるか. 日磁医誌 2000 ; 20 : 43-54
- 12) Huston J, Fain S, Riederer S, et al. : Carotid arteries : maximizing arterial to venous contrast in fluoroscopically triggered contrast-enhanced MR angiography with elliptical centric view ordering. Radiology 1999 ; 211 : 265-273
- 13) Ho K, Leiner T, de Haan M, et al. : Peripheral vascular tree stenosis, evaluation with moving-bed infusion-tracking MR angiography. Radiology 1998 ; 206 : 683-692
- 14) Prince MR, Narasimham DL, Stanley JC, et al. : Breath-hold gadolinium-enhanced MR angiography of the abdominal aorta and its major branches. Radiology 1995 ; 197 : 785-792
- 15) Earls JP, Rofsky NM, DeCorato DR, et al. : Breath-hold single-dose gadolinium-enhanced three-dimensional MR aortography : usefulness of a timing examination and MR power injector. Radiology 1996 ; 210 : 705-710
- 16) Holland GA, Dougherty L, Carpenter JP, et al. : Ultrafast 3D time-of-flight MR angiography with gadolinium of the abdominal aorta and renal and other visceral abdominal vessels. AJR 1996 ; 166 : 971-981
- 17) 笠原利之, 高原太郎, 中島康雄, 他 : 骨盤部の高速脂肪抑制付加 3D ダイナミック MRA を用いた選択的動脈, 静脈撮像. 日磁医誌 1997 ; 17 : 149-156
- 18) Semelka RC, Kelekis NL, Thomasson D, et al. : HASTE MR imaging : description of technique and preliminary results in the abdomen. JMRI 1996 ; 6 : 698-699
- 19) Constable RT, Gore JC : The loss of small ob-

- jects in variable TE imaging : implication for FSE, RARE, and EPI. Magn Reson Med 1992 ; 28 : 9-24
- 20) Hinks RS, Constable RT : Gradient moment nulling in fast spin echo. Magn Reson Med 1994 ; 32 : 698-706
- 21) Erlemann R, Sciuk J, Bosse A, et al. : Musculoskeletal neoplasms : static and dynamic Gd-DTPA-enhanced MR imaging. Radiology 1989 ; 171 : 763-773
- 22) Miyazaki M, Takai H, Wada H, et al. : Improvement in separation of arteries from veins in peripheral MR angiography using flow-dephasing pulses in ECG-triggered three-dimensional half-Fourier FSE. RSNA 2001 : 1497

## MR Arteriography of the Pelvis and Femurs with Swap Phase Encoding FBI

Atsushi ONO<sup>1</sup>, Satoru TAKADA<sup>1</sup>, Akira KAWAI<sup>2</sup>,  
Yukio KAWAKAMI<sup>3</sup>, Toshitaka TANIGUCHI<sup>4</sup>, Osamu SHIBUTANI<sup>5</sup>,  
Kazuo SANOU<sup>6</sup>, Mitsue MIYAZAKI<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Department of Medical Technology, Okayama Kousei Hospital  
3-8-35 Kousei-cho, Okayama-shi, Okayama 700-0985

<sup>2</sup>Department of Orthopaedic Surgery, Okayama University Medical School

<sup>3</sup>Department of Orthopaedic Surgery, Okayama Kousei Hospital

<sup>4</sup>Department of Radiology, Okayama University Medical School

<sup>5</sup>Department of Radiology, Mitsubishi Mizushima Hospital

<sup>6</sup>Department of Surgery, Okayama Kousei Hospital

<sup>7</sup>MR Engineering Department, Medical Systems Division, Toshiba

Fresh blood imaging (FBI) is known as non-contrast-enhanced MR angiography using ECG-triggered 3D half-Fourier fast spin echo (FSE). A new method, swap phase encoding FBI (SPE-FBI), is proposed to access better image quality in MR arteriography. SPE-FBI uses two sets of subtraction images, and it is possible that the flow dephasing due to the gradient amplitude for the read-out direction contributed to both directions in the imaging plane.

Ten healthy volunteers and 18 patients with bone and soft-tissue neoplasms in the pelvis and femurs participated in the study. They underwent SPE-FBI and FBI examinations with both H-F and R-L phase encoding directions. The acquired images were then compared quantitatively and qualitatively. The analysis was performed by a comparison of all arterial branches acquired from the different methods. In the results, a higher mean SNR was obtained with the SPE-FBI than with the H-F and R-L phase encoded directions. The score of the SPE-FBI was clearly superior to those of both phase encoded directions upon visual assessment. Signal defects were seen in various arteries with both the phase encoded direction images, but a clear depiction in those same arteries was confirmed with SPE-FBI. In conclusion, SPE-FBI improves delineation of arteries in MR arteriography and provides clinically useful image quality.