

## Phase reordering Turbo FLASH 法による multislice dynamic MR imaging during arterial portography

植松秀昌<sup>1</sup>, 山田弘樹<sup>2</sup>, 北川あかね<sup>1</sup>, 井上博志<sup>1</sup>,  
林浩二<sup>1</sup>, 石井靖<sup>2</sup>, 木村敏彦<sup>3</sup>

<sup>1</sup>洛和会音羽病院放射線科  
<sup>3</sup>シーメンス旭

<sup>2</sup>福井医科大学放射線科

### はじめに

肝細胞癌や転移性肝癌の精査として Computed Tomography during Arterial Portography<sup>1)</sup>以下 CTAP が広く用いられているが、今回我々は CTAP の手技を応用した MR Imaging during Arterial Portography 以下 MRAP を高速 MRI 撮像法である Turbo FLASH 法を用いて行い、肝腫瘤性病変の検出能を CT および MRI (SE 法) と比較検討した。なお Turbo FLASH 法には、時間分解能および病変のコントラスト向上のために phase reordering<sup>2)</sup>を併用した。

### 対象と方法

対象は肝細胞癌 12 例、転移性肝癌 2 例である。使用機種は横河メディカル社製 CT スキャナー “Vertex 3000” およびシーメンス社製超伝導 MRI スキャナー “Magnetom SP” (1.0T) である。CT の撮像は matrix size ; 512×512, FOV ; 300~350mm, スライス厚=10mm に設定し、肝臓全体を単純および造影 CT にて息止

めをさせて撮像した。造影剤は非イオン性ヨード造影剤 100~200cc を肘正中皮静脈より用手的にボラス注入した。MRI (SE 法) のシーケンスパラメーターは T<sub>1</sub>強調画像 : 600/15/3 (TR/TE/Acquisition), T<sub>2</sub>強調画像 : 2000/90/2, matrix size ; 128×256, FOV ; 350mm, スライス厚=10mm に設定し軸位断にて撮像した。全例に Gd-DTPA (0.1mmol/kg) 静注後の T<sub>1</sub>強調画像を追加した。MRAP の撮像は 180°パルスを用いた T<sub>1</sub>コントラストの centric view order phase reordering Turbo FLASH 法を用いた。シーケンスパラメーターは 6.5/300/3/1 (TR/TI/TE/Acquisition), flip angle ; 8°, matrix size ; 128×256, FOV ; 500mm, interval delay time (Td) ; 100ms, スライス厚=10mm (撮像時間 ; 約 1.2 s/slice) に設定した。上腸間膜動脈に 5F カテーテルを留置後、MR 室に搬入し MRAP を施行した。全肝臓を含むように 1 シリーズ 14~17 枚のマルチスライス前額断を設定し、1 シリーズ目を造影前の画像とし、2 シリーズ目から用手的に Gd-DTPA (0.1mmol/kg) を急速注入した後、生理食塩水 20ml にてフラッシュし 6~7 シリーズを息止めなしで、撮像した。検討は 14 症例に

キーワード Turbo-FLASH, dynamic MRI, hepatic neoplasms, portography, phase reordering

ついて得られた画像である単純および造影 CT, MRI の SE 法: T<sub>1</sub>強調画像, T<sub>2</sub>強調画像および造影 T<sub>1</sub>強調画像, MRAP について, いずれかの画像にて病変検出可能であれば検出可とし病変の総数を決定し, CT と MRAP および MRI (SE 法) と MRAP についての病変検出能について検討した。なお MRAP の画像においては, 門脈相の画像において低信号を示し動脈相において造影される明瞭な辺縁を持つ円形の領域のみを肝腫瘤性病変と診断し, 門脈相の画像において楔形ないしは桿状の低信号を示す領域は門脈血流の欠損または門脈血灌流の変異と診断し, 病変数からは除外した<sup>3)</sup>。なお MRAP 施行前に MRI (SE 法) が行われなかった症例については CT と MRAP についてのみ検討した。

## 結 果

病変検出能に関しては, CT と MRAP を比較したもので 26 結節すべて MRAP では検出できたが, CT では 4 結節検出できなかった (Table 1)。MRI の SE 法と MRAP を比較したもので 24 結節すべて MRAP では検出できたが, SE 法では 3 結節検出できなかった (Table 2)。

## 症 例

次に実際の画像を提示する。肝細胞癌の症例で造影剤注入後の MRAP の画像である。造影剤は右室に到達しているが, 左室および大動脈は造影されておらず, 純粋な門脈相の画像が得られている (Fig.1a)。動脈血支配を受ける肝細胞癌は defect を示し, 周囲の daughter nodule も明瞭に認められる。動脈相では肝細胞癌は動脈血への造影剤の流入に伴って信号増強を示していることがわかる (Fig.1b)。

次に代表的な症例を提示する。

Table 1. Sensitivity of Diagnostic Techniques According to Number of Lesions

Technique	All Lesions (n=26)
CT	22 (85)
MRAP	26 (100)

Note.-Numbers in parentheses are percentages.

Table 2. Sensitivity of Diagnostic Techniques According to Number of Lesions

Technique	All Lesions (n=24)
MR(SE image)	21 (88)
MRAP	24 (100)

Note.-Numbers in parentheses are percentages.

症例 1: 71 歳男性。肝細胞癌の症例で, 造影 CT (Fig.2a) では, S6 に直径 50mm の HCC を認める。MRAP の門脈相 (Fig.2b) では S6 の直径 50mm の defect の他に dome 直下の S8 に直径 15mm の defect を認めた。この病変は dome 下であり CT (単純および造影) では検出できなかった。

症例 2: 69 歳男性。肝細胞癌の症例で SE 法の T<sub>2</sub>強調画像 (Fig.3a) では, S3 に直径 20mm の high intensity を示す HCC を認める。MRAP の門脈相 (Fig.3b) では, S3 の直径 20mm の tumor の他に S8 に直径 15mm, S6 に直径 20mm の tumor が defect として明瞭に認められる。

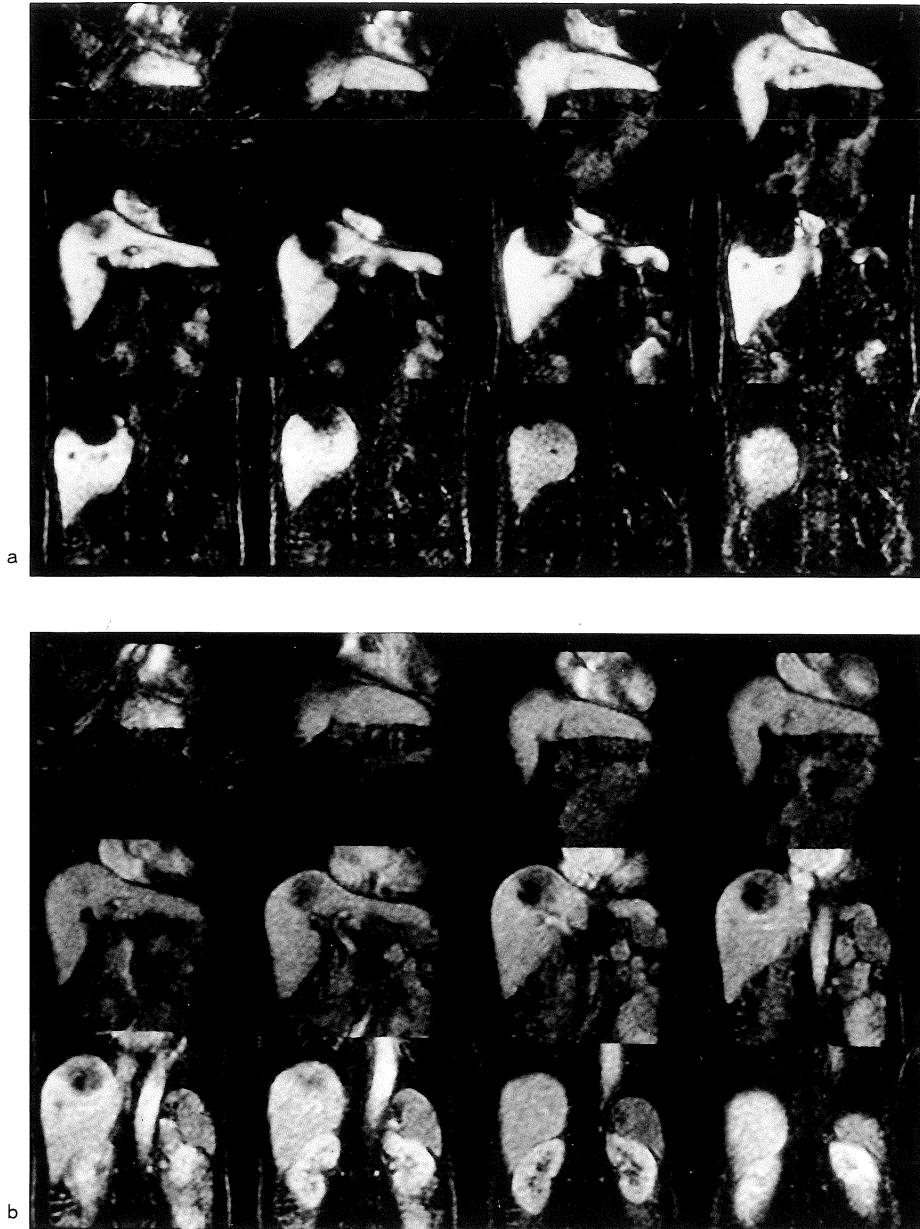


Fig.1. MR images obtained at the same level of section in a patient with HCC. (a) Multislice Turbo FLASH MR images obtained during superior mesenteric artery injection of the Gd-DTPA showed a marked increase in signal intensity of hepatic parenchyma. HCC is clearly demonstrated as unenhanced lesion. Enhancement of blood of left ventricular cavity and aorta are not seen yet. (b) Multislice Turbo FLASH MR images obtained during arterial phase showed increase in signal intensity of HCC.

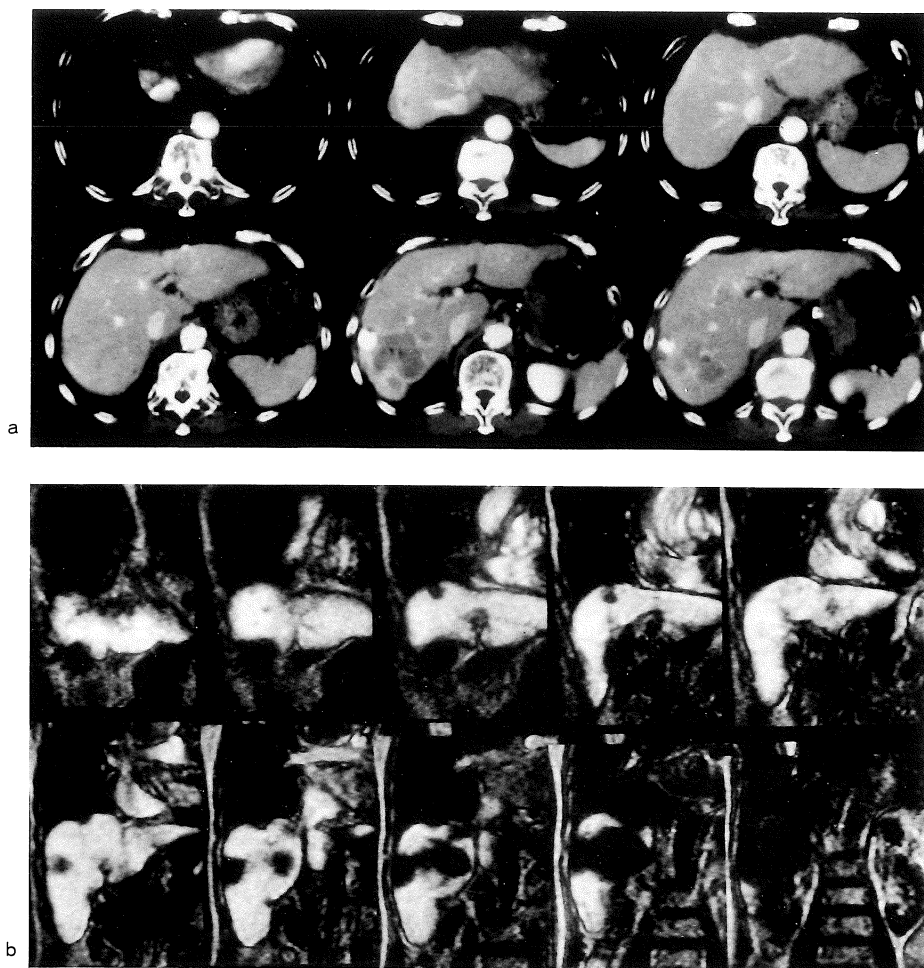


Fig.2. Images obtained in a 71-year-old man with HCC. (a) Enhanced CT demonstrates only one HCC in the S6. (b) Multislice MRAP images demonstrate two tumor (S6 and S8).

### 考 察

以前より血管造影 CT のひとつである CTAP<sup>1)</sup>が知られているが、Graf らは造影剤注入後 18 秒から 62 秒後までの間に門脈相を撮像する必要があり、そのためには spiral CT を用いる必要があると報告している<sup>4)</sup>。一方高速 MRI 撮像法である FLASH 法を用いて MRAP を行い腫瘍の存在診断に非常に有用とする報告もある<sup>5)</sup>。今回、我々が Turbo FLASH 法に併用した phase

reordering<sup>2)</sup>とは、位相エンコード傾斜磁場の順番を入れ替えることであり、画像のコントラストを支配する K-space 上の低周波成分<sup>6)</sup>である central phase encode に  $\alpha$  トレインの 1 発目が来るように位相エンコード傾斜磁場の順を入れ替えた。また Turbo FLASH 法においては、180°パルス付加後の回復曲線において縦磁化が 0 になるタイミングから位相エンコード傾斜磁場を変化させると目的とする組織を黒く描出させることが可能である (Table 3)。今回 interval

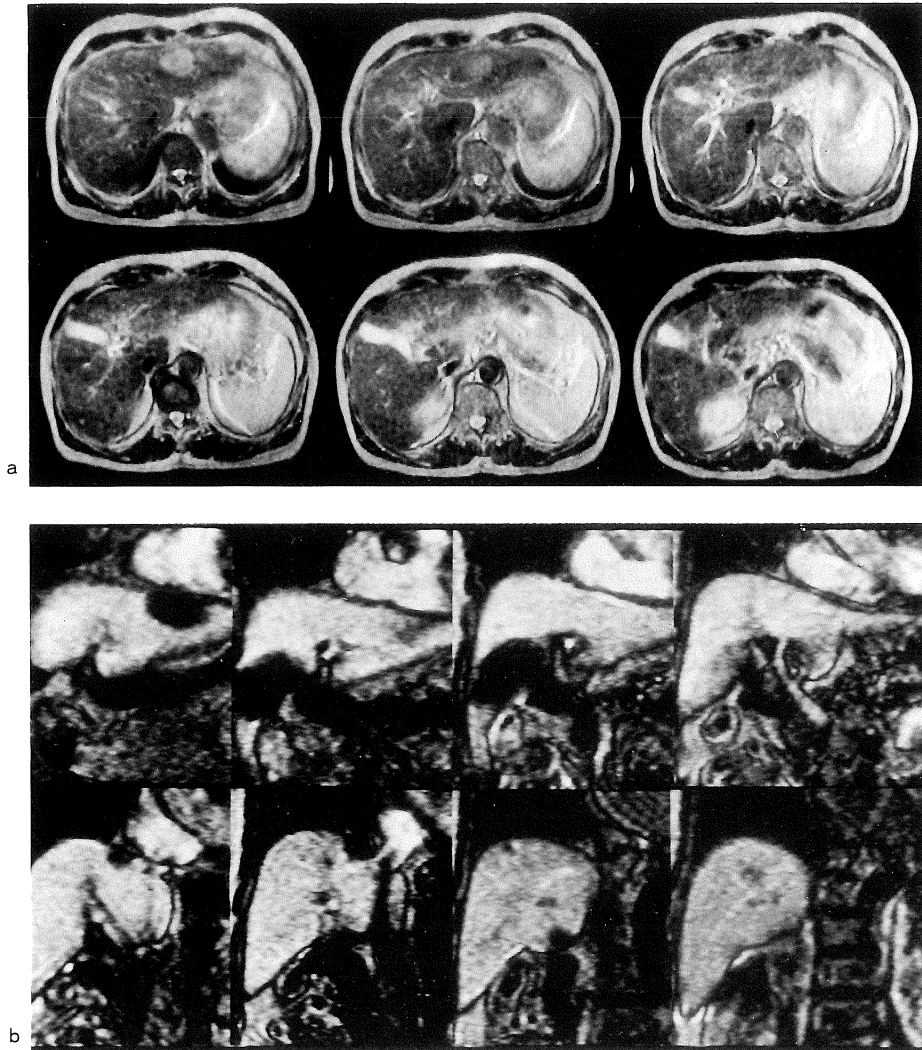
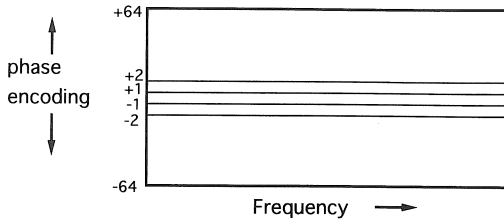


Fig.3. Images obtained in a 69-year-old man with HCC. (a) T<sub>2</sub>-weighted SE image demonstrates only one tumor in the S3. (b) Multislice MRAP images demonstrate three tumors (S3, S6 and S8).

delay time を設定上最短の 100ms に設定し、phase reordering を用いて inversion time を 50-800ms と段階的に変化させて撮像し、肝および腫瘍の信号強度が最も低下する TI=300ms の撮像条件を選んだ。撮像時間は 1 スライスあたり 1.2 秒となった。通常の phase sampling order の Turbo FLASH 法では、造影前後の肝臓の信

号強度の変化率が最大となるようにパラメーターを設定すると、1 スキャン毎に inversion pulse を用いるために連続スキャンを行うとき、inversion time のみならずスキャン間隔である delay time がコントラストに大きく影響し、よりよいコントラストを得るためには、2000ms もの interval delay time が必要であり<sup>7),8)</sup>、撮像時間は 1

Table 3. Schema of MR Sequence Performed with Use of Centric View Order Phase Reordering.



スライスあたり 2.9 秒必要であり時間分解能が損なわれていた。Phase reordering を用いることで同様のコントラストで門脈相にて肝臓全体が scan され肝腫瘍性病変の検出に有利と考えられる。以上のことより phase reordering Turbo FLASH 法による MRAP では、FLASH 法と同程度に時間分解能が良く、また CTAP に比べて用手的に 10cc 程度の少量の造影剤を注入することで肝動脈血流の全く関与しない門脈相が証明できる。また造影前後の肝臓のコントラストが最大となるように TI および TD を設定することで非常にコントラストの優れた画像が得られるので、SE 法による通常の MRI や FLASH 法を用いた MRAP は無論、空間分解能に優れた CT に比べても充分対抗可能と考えられる。マルチスライス撮像により時間分解能が低下するものの、病変検出には非常に有用であった。また比較的呼吸運動に影響を受けにくいと考えられる前額断で撮像可能なことも CT に勝ると考えられた。経静脈性造影 CT および CTAP は現在 Helical CT を用いて行われ始めており<sup>4),9)</sup>、空間分解能、時間分解能およびコントラストに優れたものとなっているが、phase reordering を併用した Turbo FLASH 法による MRAP はコントラストにおいて、はるかに勝っているので空間分解能の低さにもかかわらず、十分な病変検出能を有すると考えられた。

## 結 論

- 1) Phase reordering を併用した Turbo FLASH 法による Multislice Dynamic MR Imaging during Arterial Portography (MRAP) を肝腫瘍性病変の検索に用いた。
- 2) 造影前の肝臓および肝腫瘍の信号強度をバックグラウンドと同程度になるようにパラメータを設定することで大変コントラストの良い画像を得ることが可能となった。

## 文 献

- 1) Matsui O, Kadoya M, Suzuki M, Inoue K, Itho H, Ida M, Takashima T : Work in Progress : Dynamic sequential computed tomography during arterial portography in the detection of hepatic neoplasms. *Radiology*, 146 : 721-727, 1983.
- 2) Chien D, Atkinson DJ, Edelman RR : Strategies to improve contrast in Turbo FLASH imaging : Reorderd phase encoding and K-space segmentation. *JMRI*, 1 : 63-70, 1991.
- 3) Peterson MS, Baron RL, Dodd GD, et al. : Hepatic parenchymal perfusion defects detected with CTAP : Imaging-pathologic correlation. *Radiology*, 185 : 149-155, 1992.
- 4) Graf O, Dock WI, Lammer J, et al. : Determination of optimal time window for liver scanning with CT during arterial portography. *Radiology*, 190 : 43-47, 1994.
- 5) Soyer P, Laissy J, Silbert A et al. : Hepatic metastasis : Detection with multisection FLASH MR imaging during gadolinium chelete-enhanced arterial portography. *Radiology*, 189 : 401-405, 1993.
- 6) Holisinger A, Riederer S : The importance of phase-encoding order in ultra-short TR snapshot MR imaging. *Magn Reson Med*, 16 : 481-488, 1990.
- 7) 山田弘樹, 佐藤あかね, 井上博志, 林 浩二 : Turbo FLASH 法による MRAP. *日磁医誌*, 13 : S, 353, 1992.
- 8) 佐藤あかね, 山田弘樹, 井上博志, 林 浩二 : Turbo FLASH 法を用いた肝疾患の Gd-DTPA dynamic study—最適な撮像条件の検討. *日磁医*

## Multislice Dynamic MR Imaging during Arterial Portography Using Phase-reordered Turbo FLASH Sequence

Hidemasa UEMATSU<sup>1</sup>, Hiroki YAMADA<sup>2</sup>, Akane KITAGAWA<sup>1</sup>,  
Hiroshi INOUE<sup>1</sup>, Koji HAYASHI<sup>1</sup>, Yasushi ISHII<sup>2</sup>,  
Toshihiko KIMURA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Department of Radiology, Rakuwakai Otowa Hospital*

<sup>2</sup>*Otowa Chinji-cho, Yamashina-ku, Kyoto 607*

<sup>2</sup>*Department of Radiology, Fukui Medical School*

<sup>3</sup>*Siemens-Asahi Medical Technologies Ltd.*

Dynamic MR Imaging during Arterial Portography (MRAP) of the entire liver was performed in 14 patients in an attempt to improve the detection of hepatic neoplasms. Because Turbo FLASH (fast low-angle shot) sequence with reordered phase encoding steps shortened scan time than monotonically ascending phase encoding steps, multislice MRAP imaging was performed with a number of sections encompassing the entire liver in the portal phase without breath hold. As compared with nonionic iodinated contrast medium in CT during Arterial Portography (CTAP), small amount of meglumine gadopentetate (0.2cc/kg) was injected into a superior mesenteric artery in MRAP. Multislice MRAP detected more hepatic lesions than were detected by other imaging methods, including Computed Tomography (CT) and SE sequence of MR imaging. We concluded that multislice MRAP is useful in detecting the tumor of the entire liver.