

# 一回呼吸停止下三次元肝 bright blood MR angiography

大内泰文<sup>1</sup>, 周藤裕治<sup>1</sup>, 木村敏彦<sup>2</sup>, 加藤卓<sup>1</sup>,  
島谷康彦<sup>1</sup>, 兒玉富美子<sup>1</sup>, 滝沢修<sup>2</sup>, 太田吉雄<sup>1</sup>

<sup>1</sup>鳥取大学医学部放射線科医学教室

<sup>2</sup>シーメンス旭メディテックス

## はじめに

肝内門脈のMR angiography (以下MRA) は一般的に二次元time-of-flight (以下2D-TOF) 法が使用されている<sup>1)-2)</sup>。しかしながら、多数回にわたる息止めを必要とし、血管の位置ずれ等による画像の劣化をきたしやすい<sup>3)</sup>。この欠点を補うために、著者らは、先に呼吸停止下三次元Fast low angle shot image (以下3D-FLASH) 法<sup>4)</sup>をもちいたblack blood MR angiography (以下3D-BBA) を報告したが<sup>3),5)</sup>、門脈の連続性は保たれたものの、肝実質とのコントラストが低く、また画像の切り抜き等の画像再構成法に時間がかかるという問題点があった<sup>3)</sup>。これに対して、本研究ではGd-DTPA急速静注による、逆に血管を白く描出するいわゆるbright blood法にて一回呼吸停止下に3D-MRA<sup>6)</sup> (以下3D-BA) を作成し、肝内門脈枝の描出能について2D-TOF法と比較検討を行った。

## 対象及び方法

対象は、健常者6例、慢性肝炎5例の計11

例で、年齢は25-48歳(平均年齢38歳)である。尚慢性肝炎例は、5例とも、超音波検査にて門脈の閉塞は認められていない。使用装置はMAGNETOM H15 (Siemens 1.5T) を用いた。尚検査の際には、被検者の同意を得て行った。

方法は、右肘静脈より静脈を確保した後、2D-FLASH法にて冠状断撮影を施行(2D-TOF)。続いてGd-DTPA 0.1mmol/kgを急速静注し、20秒後より、一回の呼吸停止下で三次元データ画像収集を冠状断撮影で行った。

3D-BAでは、撮像パルスシーケンスに3D-FLASH法を用いた。この撮像法は、肝実質の信号を低下させるため、スポイラー傾斜磁場パルスを負荷する直前に、持続時間200 $\mu$ s, flip angle (FA) 5°のrectangular RF pulseをnon-selectiveにかけている<sup>5),6)</sup>。主な撮影パラメーターは、TR; 10ms, TE; 3ms, FA; 20°, スラブ厚; 96mm, 16 partition, FOV; 400mm, 撮像マトリックス; 128 $\times$ 256であり、一回の呼吸停止下(撮像時間21s)にて撮影を行った。

2D-TOF法の撮像パルスシーケンスは、GrとGsにgradient moment nulling (GMN) がほどこしてある2D-FLASH法であり、呼吸停止下

キーワード MR angiography, Gd-DTPA, portal vein MRI

撮像 (撮像時間 3s) を多数回行った。主な撮像パラメーターは、TR ; 24ms, TE ; 10ms, FA ; 40°, スライス厚 ; 6mm, FOV ; 400mm, 撮像マトリックス ; 128×256 である。MRA の画像再構成は、いずれも最大値投影法を用いた。冠状断正面を中心に±45°の投影画像を作成し、シネモード正面表示にて読影を行った。尚呼吸停止撮像を無理なく行うため、肝疾患例では酸素を 2l/min 吸引させて行った。

検討は Takayasu 分類<sup>7)</sup>に従って行い、門脈本幹、左右第一次分枝、右第二次、第三次の門脈各枝の描出のされかたを検討した。本検討で、尾状葉枝、左枝二次分枝以降を除いたのは、前者は同定が困難であること、後者は、肝門部から右葉を中心に 3D-BA のスラブの設定がなされ

ているため、領域外となる可能性があるためである。三人の放射線科医により、門脈三次分枝までの各門脈分枝の描出パターンを Fig. 1 に示すような基準に従い、次の如く三段階に分類した。信号が良好で分岐状態も良好なものを A 群 (good), 同定は容易だが信号の連続性にかけるもの、または信号は連続的におえるが分岐状態不良のものを B 群 (fair), 同定できないものを C 群 (poor) である。読影は各々独立して行い、意見の相違が見られた場合は多数決にて決定した。続いて、両撮像法間における門脈描出能の差を検討した。尚検定は、カイ二乗検定で行った。

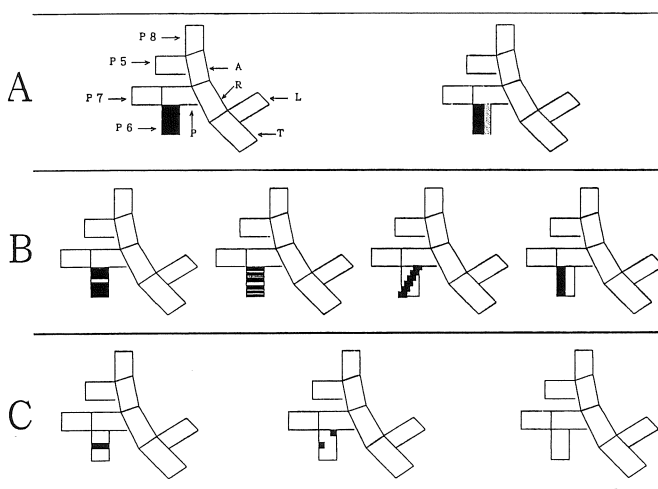


Fig. 1. Schematic presentation of A~B, classification on the visibility of portal venous branch in MRA. (example : P6)

A (good) : portal venous branch is visualized continuously and smoothly.

B (fair) : portal venous branch is visualized discontinuously or pseudostenosis.

C (poor) : portal venous branch isn't visualized.

Portal vein trunk (T), the right main branch (R), the left main (L), the anterior branch (A), the posterior branch (P), and the right 3rd ordered branches (P5~P8).

結 果

3D-BA は左第一次分枝を除き、各門脈枝ともに A 群が過半数を占め、2D-TOF 法では、前区域枝及び、後上区域枝を除く第三次分枝で C 群が過半数を占めた。左第一次分枝、前区域枝、右前上及び前下区域枝では統計学的に有意差が認められた ( $P < 0.01$ ) (Table 1, Fig. 2. 3)。これを各門脈枝において A 群のみで 50% 以上を占めるもの ( $A > 50\%$ )、A 群と B 群を併せて初めて 50% 以上を占めるもの ( $A+B > 50\%$ )、A 群と B 群を併せても 50% に満たないもの ( $A+B < 50\%$ ) とした門脈シェーマに示すと、3D-BA は、左第一次分枝のみ  $A+B > 50\%$  であり、その他の全ての門脈枝で  $A > 50\%$  であった。これに対し、2D-TOF 法では左第一次分枝、前区域枝、及び全ての第三次分枝が  $A+B <$

50% を示し、また後区域枝も  $A+B > 50\%$  であり、末梢にいくほど描出能が低下する傾向にあった (Fig. 2)。

考 察

空間分解能のよい 3D-MRA を肝内門脈系に應用するのに、重要な問題点として、まず、呼吸による画像劣化があげられる。これに対して本研究では、呼吸停止下に撮像することで、途切れない門脈像が得られており、この問題点が解消されている。第二の問題点として肝臓が広範囲に励起されるために、門脈等の流速が遅い血管ではスピンの飽和により血管が高信号として描出されないことである。これに対しては、本研究では Gd-DTPA を急速静注し、血管内の造影剤濃度を高濃度にして撮像することで、血

Table 1. Comparison Between of 3D-BA and 2D-TOF on the Visibility of the Intrahepatic Portal Venous System.

	2D-TOF			3D-BA			p value
	A	B	C	A	B	C	
T	8	0	3	10	1	0	NS
L	0	6	5	5	6	0	**
R	8	1	2	8	0	3	NS
A	0	3	8	9	2	0	**
P	5	4	2	6	3	2	NS
P5	1	4	6	8	3	0	**
P6	1	4	6	6	4	1	*
P7	2	7	2	8	3	0	*
P8	1	4	6	9	2	0	**

group A : good, group B : fair, group C : poor  
 \*\* p<0.01 \* p<0.05

3D-BA : three dimensional bright blood MR angiography  
 2D-TOF : tow dimensional time of flight MR angiography  
 T : portal vein trunk  
 R : right main branch  
 L : left main branch  
 A : right anterior branch  
 P : right posterior branch  
 P5 : right anterior inferior branch  
 P6 : right posterior inferior branch  
 P7 : right posterior superior branch  
 P8 : right anterior superior branch

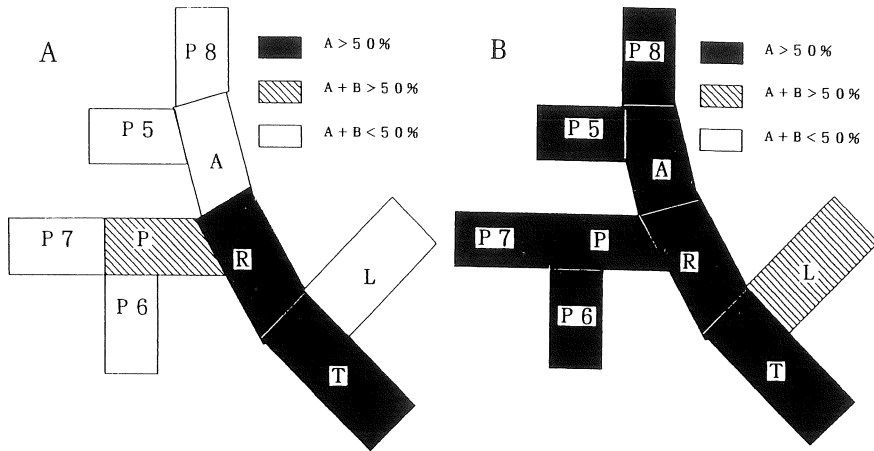


Fig.2. Schematic presentation of the portal venous branches on MR angiographic classification. (A : 2D-TOF, B : 3D-BA ; portal vein trunk (T), the right main branch (R), the left main (L), the anterior branch (A), the posterior branch (P), and the right 3rd order branches (P5 ~P8).

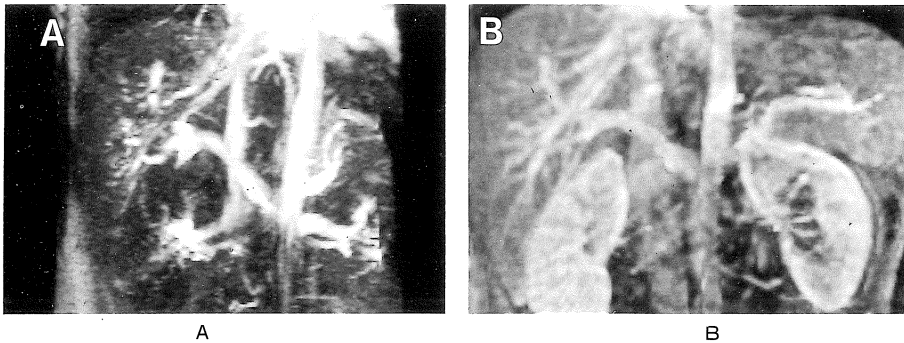


Fig.3. In 3D-BA, the portal vein from the trunk to the 3rd order branch was visualized continuously, the 2nd and the 3rd order branch were highly definable than 2D-TOF method. (A : 2D-TOF, B : 3D-BA)

管の T<sub>1</sub>値を短縮させて静脈系の描出能を上げている<sup>6)</sup>。

このような造影剤を急速静注しながら、呼吸停止下撮像を行う 3D-MRA の方法は主に肺の MRA に使用されている<sup>8)</sup>。この場合、血管の周囲組織つまり肺野の信号は、造影剤を使用しても低信号のまま、造影される肺血管とのコントラストが高く、結果として明瞭な血管像が得られる。

しかしながら門脈像を得ることを目的として

いる本研究の場合、造影剤を投与することで正常肝の信号強度も上昇し、血管と周辺組織のコントラストの低下するおそれがある。

我々はこの点に関しては二つの工夫を行い、血管と周辺組織間のコントラストを保っている。第一に先に著者らの超高速 MRI での造影剤急速静注後の門脈と肝実質の信号強度の推移の予備実験<sup>9)</sup>の結果から、正常肝の信号強度が peak に達しない造影剤急速静注後 1 分以内に撮像を行っている。第二に通常のスライス選択的 RF に

加えて非選択的に RF 波を余分に負荷させて、volume 全体を飽和効果により信号を低下させ、結果的に血管周辺組織の信号強度を低下させている<sup>9)</sup>。しかし、描出された血管と肝実質のコントラストにおいては、2D-TOF 法と比べて低い。

本検討において、3D-BA が左第一次分枝を除いた三次分枝まで途切れがない画像が得られたのに対し、2D-TOF 法では二次分枝以降、特に前区域枝以降に描出力の低下が認められた。

MRA の画像を評価する場合、血管-周囲組織のコントラスト自体の高低よりも、中枢から末梢までの描出に重点がある。従って、3D-BA が 2D-TOF 法に比して肝内門脈系を評価するのに優れた方法と思われる。

二種類の MRA の検討で門脈本幹、右第一次分枝、右後区域枝に有意差が認められなかったのは冠状断面の撮像であり、スライス面に対する垂直な血流成分が多く結果として、IN-FLOW 効果が強くなり、2D-TOF 法でも良好な描出が得られたからと思われる。

3D-BA は、途切れのない肝内門脈像を一回の呼吸停止で、かつ短時間で撮像可能であり、現在中心的な撮像法である 2D-TOF 法と比較し、有意に途切れのない門脈像が得られることが確かめられた。今後の腹部の MRA の有力な方法の一つとなり得る可能性があると考えられる。

本論文の要旨の一部は、第 1 回日本 MRA 研究会 (1993 年 5 月, 大阪), 第 21 回日本磁気共鳴医学会 (1993 年 9 月, 筑波) にて発表した。

## 文 献

- 1) Edelman RR, Zhao B, Liu C, et al. : MR angiography and dynamic flow evaluation of the portal venous system. *Am J Roentgenol*, 153 : 755~760, 1989.
- 2) 周藤裕治, 山根武史, 藤原裕之, 他 : Gd-DT PA 併用化学塞栓術による肝細胞癌の MR angiography : 腫瘍血管同時描出の臨床応用. *日磁医誌*, 12: 135-140, 1992.
- 3) 周藤裕治, 松尾敏和, 加藤照美, 他 : 呼吸停止下三次元肝 black blood MRA の試み. *日磁医誌*, 12: 364-369, 1992.
- 4) 木村敏彦, 山田 実, 松浦 元, 他 : 息止め三次元撮像法. *日磁医誌*, 11 (S-1) : 289, 1991.
- 5) Suto Y, Ohuchi Y, Kimura T, et al. : Three dimensional black blood magnetic resonance angiography of the liver during breath-holding. : A comparison with two-dimensional time-of-flight MRA. *Acta Radiol (Dian)*, (in press).
- 6) Suto Y, Ohuchi Y, Shimatani Y, et al. : A preliminary report of three dimensional magnetic resonance angiography of the liver with bolus injection of Gd-DTPA. *Int Hepatol Commun*, (in press).
- 7) Takayasu K, Moritama N, Muramatsu Y, et al.: Intrahepatic portal vein branches studied by percutaneous transhepatic portography. *Radiology*, 154 : 31-36, 1985.
- 8) 戸上 泉, 三谷政彦, 北川直弘, 他 : 3 次元撮像法を用いた肺の MR angiography. *日本医放医誌*, 52 : 1602-1604, 1992.
- 9) 神波雅之, 周藤裕治, 加藤照美, 他 : 超高速 MRI による Gd-DTPA dynamic study の肝細胞癌への応用. *肝臓*, 581-582, 1992.

## Three-dimensional Bright Blood MR Angiography of the Liver with Single Breath Hold

Yasufumi OHUCHI<sup>1</sup>, Yuji SUTO<sup>1</sup>, Terumi KATO<sup>1</sup>,  
Toshihiko KIMURA<sup>2</sup>, Takashi KATO<sup>1</sup>, Yasuhiko SHIMATANI<sup>1</sup>,  
Fumiko KODAMA<sup>1</sup>, Osamu TAKIZAWA<sup>2</sup>, Yoshio OHTA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Department of Radiology, Tottori University School of Medicine  
36-1 Nishimachi, Yonago, Tottori 683*

<sup>2</sup>*Siemens Asahi Medical Technologies LTD.*

In 6 healthy volunteers and 5 patients with chronic hepatitis, three-dimensional bright blood MR angiography (3D-BA) was reconstructed from 3D-fast low angle shot image (3D-FLASH) with Gd-DTPA administration during single breath-holding. Two-dimensional time of flight (2D-TOF) MR angiography were also obtained in the same patients. Visibility of the intrahepatic portal branches was compared between these two MR angiographic techniques. In 3D-BA, the portal system from the trunk to the 3rd order branches was visualized continuously, and the 2nd and the 3rd order branches were highly definable than 2D-TOF method.

In conclusion, 3D-BA may be useful in the evaluation of the intrahepatic portal branches.