

2DFT fast spoiled GRASS 法を用いた time of flight MRA

五十嵐秀司¹, 村上卓道², 松下正樹¹, 壁田一郎¹,
原田三郎¹, 大井博道¹, 高島庄太夫¹, 岸本陽督¹,
金東石¹, 中村仁信², 岡村純³, 小塚隆弘²

¹大阪通信病院放射線科

²大阪大学医学部放射線医学教室

³大阪通信病院外科

で報告する。

はじめに

Time of flight 効果で血流を高信号に描出し、maximum intensity projection 法（以下 MIP 法）で 3 次元表示する MR angiography (MRA) は、無侵襲な診断法であり、腹部に於いては静脈、門脈系の描出に有用である^{1)~5)}。しかし、従来の腹部 MRA の元画像には、2DFT spoiled GRASS (SPGR) 法等を用いていた為に通常一回の息止めで 1 から 3 枚の画像を撮像する事が限界であり、それらを何度か繰り返して得ていた^{1),4),5)}。このため、1 回 1 回の呼吸停止位置に位置ずれを生じ、MRA を構成する上で血管が不連続に描出される事があった。一方 2DFT fast spoiled GRASS (FSPGR) 法は TR, TE が短く、一枚あたり約 1 秒で撮像することができる。このシーケンスを使用すると、上腹部領域で必要とする MRA の元画像を、一度の息止め時間内で撮像することが可能である。

本検討では、従来の方法で作成した MRA と 2DFT fast spoiled GRASS (FSPGR) 法を用いた MRA を比較し、その有用性を検討したの

対象及び方法

使用装置は 1.5T 超伝導 MRI Signa Advantage version 4.7 である。MRA の元画像の撮像には、新法として FSPGR 法を用い、従来法として spoiled GRASS 法を用いた。新法 FSPGR 法のパラメータは、TR=8.1ms, TE=3.1Frms, flip angle=30 degrees, matrix=128×256, slice thickness=4mm, NEX=1 であり、flow compensation (FC) 法は、TR が延長する為に、用いながったが、従来法に比べて極端に TE が短いため十分な画像が得られている。撮像は、呼吸を最大吸気の時点で止めさせておこない、1 回の呼吸停止 30 秒から 40 秒の間に 25 枚から 35 枚の横断像を撮像した。従来法 SPGR 法のパラメータは TR=40ms, TE=12ms, flip angle=25 degrees, matrix=128×256, slice thickness=4mm, NEX=1 とし、flow compensation 法を用いた。撮像は、呼吸を最大吸気の時点で止めさせて行い、一回の呼吸停止 10 秒から 16 秒の間に 2 枚から 3 枚の撮像を行なっ

キーワード MRI, MR angiography, portal hypertension, venous varix, fast spoiled GRASS

た。これを11回から16回繰り返して計32枚の元画像を得た。これらの元画像をMIP法で処理して-90度から90度まで15度ごとのMRAを作成した。

対象は門脈圧亢進症例24名(肝硬変20,慢性肝炎4),門脈圧亢進症の無い症例7名(肝血管腫4,胃粘膜下腫瘍2,膵臓癌1)の計31名である。男性21名,女性10名,年齢は20才から74才で,平均は52才である。この内,動脈性門脈造影の行われた症例は21例で,動脈性門脈造影上,静脈瘤または側副血行路を伴うものは9例であった。

新法と従来法に於けるMRA画像を以下の点で比較した。

- a) 門脈各分枝の描出能:門脈の左右枝まで描出されていると判断できるものについては1点,右前後区域枝まで描出されていると判断できるものには3点,右垂区域枝まで描出されていると判断できるものには5点与え,4人のレフリーの合計点を4で除した平均点(スコア)によって描出能を評価した。
- b) 門脈静脈系の連続性と平滑性:肝静脈,門脈,静脈瘤の血管を観察し,辺縁がスムーズなもの:5点,ややスムーズなもの:4点,スムーズとは言えないが階段状でもない:3点,階段状に描出された:2点,血管に断裂が見られる:1点,をそれぞれ与え,同じく4人のレフリーの平均点によって評価した。
- c) 門脈系の異常(静脈瘤及び側副血行路)の

Table 1. The Demonstration of the Portal Vein Systems. (N=28)

score	FSPGR	SPGR
4 ≤	11	6
3 ≤ <4	6	7
2 ≤ <3	6	10
<2	5	5

FSPGR: The new MR angiography reconstructed from Fast Spoiled Grass images.

SPGR: The conventional MR angiography reconstructed from Spoiled Grass images.

診断:動脈性門脈造影を行った21例の門脈像を評価の基準にして,胃食道静脈瘤や臍静脈等の側副血行路が正しく描出されているか否か評価した。

- d) 元画像の門脈,肝静脈,静脈瘤の輝度(Signal intensity)を測定し,両者のコントラスト分解能を下記の式を用いて算出し比較した。

$$CNR = \frac{\text{血管の輝度} - \text{肝実質の輝度}}{\text{人体外 background noise の標準誤差}}$$

結 果

検査時間は,従来法(SPGR)では,7分から10分かかっていたが,新法(FSPGR)ではわずか約1分30秒であった。しかも最大吸気時に呼吸を止めさせているため,約30秒の呼吸停止が全員で可能であった。

- a) 門脈の描出能の判定結果をTable 1に示す。

Table 2. The Shape of the Blood Vessels. (N=31)

score	FSPGR	SPGR
4 ≤	21	5
3 ≤ <4	8	9
2 ≤ <3	2	12
<2	0	5

FSPGR: The new MR angiography reconstructed from Fast Spoiled Grass images.

SPGR: The conventional MR angiography reconstructed from Spoiled Grass images.

Table 3. The Detectability of the Venous Varices and Collateral Pathways.

	SMA-porto	VARIX(+)	VARIX(-)
Fast Spoiled GRASS	varix(+)	8	3
	varix(-)	1	9
Spoiled GRASS	varix(+)	8	3
	varix(-)	1	9

SMA-Porto: Superior mesenteric arterio-portography.
VARIX: Venous varices or collateral venous pathways.

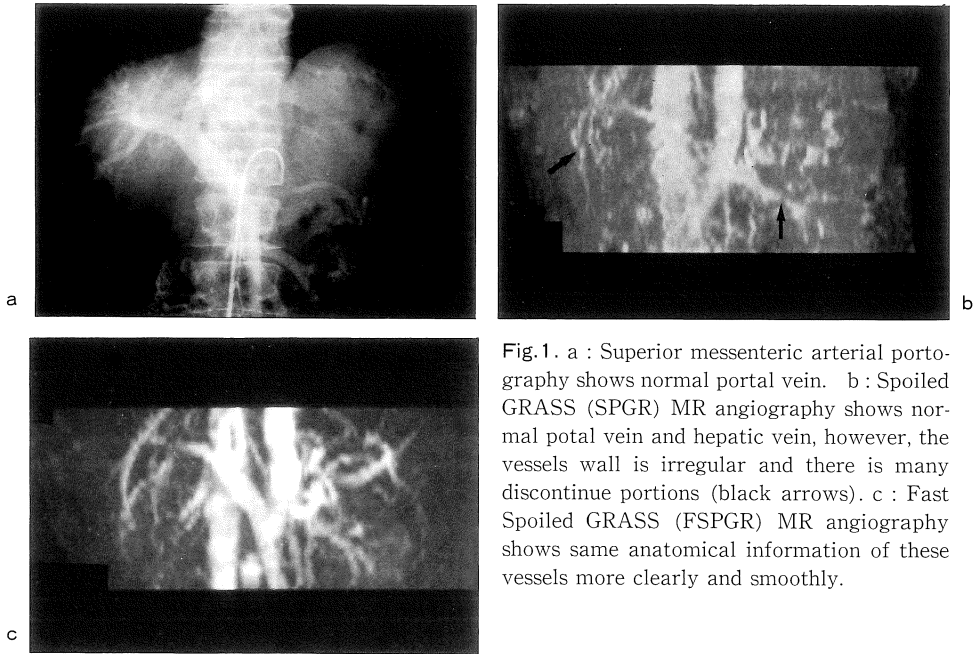


Fig.1. a : Superior mesenteric arterial portography shows normal portal vein. b : Spoiled GRASS (SPGR) MR angiography shows normal portal vein and hepatic vein, however, the vessels wall is irregular and there is many discontinue portions (black arrows). c : Fast Spoiled GRASS (FSPGR) MR angiography shows same anatomical information of these vessels more clearly and smoothly.

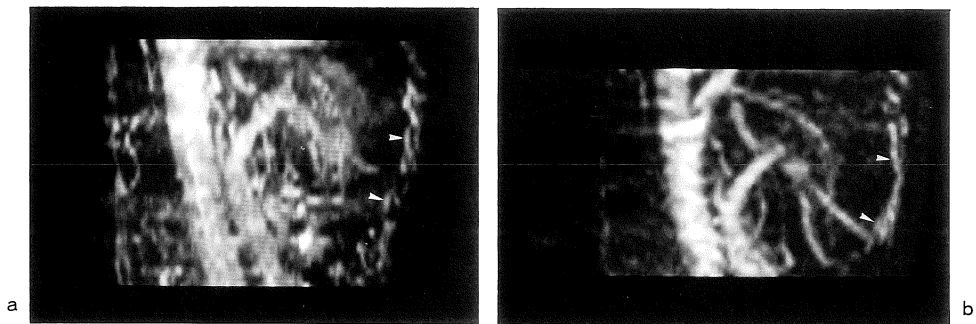


Fig.2. a : Lateral view of SPGR MR angiography shows umbilical recanalization (white arrow heads). b : FSPGR MR angiography shows umbilical vein more smoothly and clearly (white arrow heads).

Table 4. The Contrast to Noise Ratio between the Blood Vessels and the Liver Parenchyma.

	portal vein (N=10)	hepatic vein (N=10)	varices (N=7)
FSPGR	24.8	15.1	15.8
SPGR	15.3	10.5	11.1

FSPGR : The new MR angiography reconstructed from Fast Spoiled Grass images.

SPGR : The conventional MR angiography reconstructed from Spoiled Grass images.

スコア-2 以上 3 未満と、スコア-4 以上の描出率において FSPGR が、SPGR に対して有意 ($p < 0.01$) に優れていた。

b) 門脈静脈系の連続性と平滑性を Table 2 に示す。FSPGR では、スコア-4 以上が 21 例で SPGR 5 例に対して有意に多く、断裂像及び階段状の像として評価されるスコア-3 未満のグ

ループにおいても FSPGR があきらかに少なかった。これらは、FSPGR が SPGR に比較して連続性に優れ平滑な血管像を描出する事が出来ると考えられた。ただし、大動脈は、FSPGR の方は階段状になったが、SPGR では辺縁は smooth であった (Fig.1)。

c) 門脈系の異常の診断を Table 3 に示す。静脈瘤及び側副血行路の描出能は、FSPGR/SPGR 法共に、sensitivity 89% / specificity 82% であった (Table 3)。

d) コントラスト分解能を Table 3 に示す。FSPGR 法では、門脈、肝静脈の血流部分と肝実質のコントラストノイズが SPGR 法に比して有意に高く ($p < 0.01$)、静脈瘤に関しては差はなかった。

考 察

門脈圧亢進症の患者では、側副血行路が血管造影でみられることがある⁶⁾。食動静脈瘤の程度がひどい場合は、破裂出血を予防するために、内視鏡下に静脈瘤内に塞栓物質を注入する硬化療法 (EIS)⁷⁾や経静脈性に門脈と下大静脈間に短絡を作る経静脈性肝内門脈静脈短絡 (TIPS) が行われており⁸⁾、静脈瘤の程度や広がりの評価を経過を追って行くことは、治療法の選択や治療の効果判定に有用である。

MRI の横断像は、脈管系を flow void による無信号の構造物⁹⁾や time of flight 効果による高信号の管状、円状構造物として描出できる²⁾。しかしながら、横断像のみでは、頭側尾側に走行する血管どうしのつながりを把握することが困難なことがあり、複雑な解剖や病的状態の完全な理解が難しいことがある。一方、2次元 MR 画像より MIP 法を用いて構成した MRA が門脈圧亢進に伴ってできる側副血行路の状態の把握に有用とされている^{1),4),5)}。また、MRA は血管造影と比較して、主要な血管解剖の描出では、大きな相違はないとされている^{1),4),5),10)}。しかしながら、MRA の元画像を FLASH, GRASS 法

を用いて撮像した従来の方法では、高速撮像法で一回の呼吸停止下に 1-3 枚の画像を撮像し、それを何度も繰り返して元画像を得ていた^{1),4),5),10)}。このため、一回一回呼吸停止位置のずれが避けられず、MIP 処理後の画像で血管の辺縁が階段状であったり、血管の不連続性が見られる欠点がある。これに対して、我々の用いた FSPGR 法は 1 回の呼吸停止下に全ての元画像が撮像できるため、位置ずれがなく鮮明な MRA を得ることが出来た。また、FSPGR 像から構成した MRA は、より短い検査時間で従来法と同等またはそれ以上の門脈や側副血行路の描出能があった。しかし、大動脈に関しては、新法は階段上となった。これは、新法が TR・TE を短く設定する必要がある為、flow compensation 法を用いてないので、大動脈の血流速度では pulsation flow による phase shift artifact が強くみられたものと考えられる。

TR 間に多断面に RF パルスを印加する multislice technique では nonselective RF pulse を使用するために、同時に撮像する断面の間隔を開けないと、他の断面に印加された RF pulse の presaturation 効果でその下流側の断面の血流信号が低下する場合がある。しかし我々の用いた新法では、各スライス面を別々の時相で短時間 (約 1 s) に撮像するために、各スライス面に対して RF パルスが selective に印加されている。ゆえに、他の断面の血流信号への presaturation 効果が少なく TOF 効果の高い、MRA の良好な元画像が撮像できたと考えられた。

FSPGR を用いた MRA は、従来の 2DFT-time of flight 法に比較してコントラスト分解能が高く、又呼吸変動による位置ずれがないので、良好な MRA が得られ、静脈瘤などの門脈系の診断に有用と考えられる。

文 献

- 1) Edelman RR, Wentz KU, Mattle H, Zhao B, Liu C, Kim D, Laub G: Projection arteriography and venography: Initial clinical results with MR.

- Radiology, 1989 ; 172 : 351-357.
- 2) Edelman RR, Wentz K, Zhao B, Liu C, Mattle H, Finn JP, McArdle C : Magnetic resonance angiography and flow quantitation in the portal venous system. AJR, 19-89 ; 153 : 755-760.
 - 3) Lewin JS, Laub G, Hausmann R : Three dimensional time-of-flight MR angiography : Applications in the abdominal and thorax. Radiology, 1989 ; 171 : 277-280.
 - 4) Johnson CD, Ehman RL, Rakela J, Ilstrup DM : MR angiography in portal hypertension : Detection of varices and imaging techniques. J Comput Assist Tomogr, 1991 ; 15 : 578-584.
 - 5) Finn JP, Edelman RR, Jenkins RL, Lewis WD, et al. : Liver transplantation : MR angiography with surgical validation. Radiology, 1991 ; 179 : 265-269.
 - 6) Cirrhotic and portal hypertension in Gastrointestinal angiography. 3rd edition, ed, by Reuter SR, Redman HC, Cho KJ. WB Saunders company, Philadelphia 1986. 382-445.
 - 7) 仲尾宣雄 食道静脈瘤に対する経皮経肝静脈瘤塞栓術の適応, 方法と成績. 消化器セミナー18, 門脈圧亢進の病態と治療最近の進歩. 165, へるす出版, 東京, 1985.
 - 8) Richter GM, Noeldge G, Palmatz JC, et al. : Transjugular intrahepatic porto caval stent shunt : Preliminary clinical results. Radiology, 1990 ; 174 : 1027-1030.
 - 9) Ohtomo K, Itai Y, Makita K, et al. : Portosystemic collateral on MR imaging. J Comput Assist Tomogr, 1986 ; 10 : 751-755.
 - 10) Litt AW, Eidelman EM, Pinto RS, et al. : Diagnosis of carotid artery stenosis : Comparison of 2DFT time of flight MR angiography with contrast angiography in 50 patients. AJNR, 1991 ; 12 : 149-154.

Time of Flight MR Angiography Using 2DFT-Fast Spoiled GRASS Technique

Hideshi IGARASHI¹, Takamichi MURAKAMI², Masaki MATUSHITA¹,
Ichiro KABETA¹, Saburo HARADA¹, Hiromichi OI¹,
Shodayu TAKASHIMA¹, Youtoku KISHIMOTO¹, Tonsoku KIN¹,
Hironobu NAKAMURA², Jun OKAMURA³, Takahiro KOZUKA²

*¹Department of Radiology, Osaka Teishin Hospital
2-6-40, Karasugatsuji, Tennoji-ku Osaka 543*

²Department of Radiology, Osaka University Medical School

³Department of Surgery, Osaka Teishin Hospital

MR angiography using a fast spoiled GRASS (FSPGR) technique was performed in 24 patients with portal hypertension and seven normal subjects on a 1.5-T MR unit (GE Signa). The results were compared to those for conventional 2D time-of-flight MR angiography obtained with a spoiled GRASS (SPGR) technique (40/12/25, TR/TE/flip angle). Twenty five to 30 section were obtained by FSPGR (8.1/3.1/30, TR/TE/flip angle) within a 25-30 second single breath-hold technique. SPGR images were obtained with repeated breath-holds within 20-30 seconds. Thy projection MR angiography was reconstructed from these images with maximum intensity projection technique. Signal-to-noise ratios for FSPGR images that were measured on the vessel and the liver were significantly superior to those for SPGR images ($P < 0.01$). Anatomical details such as portal veins or other vessel were better delineated with FSPGR than with SPGR. MR angiography using a FSPGR is useful in evaluating the portal veins and collateral vessels in patients with portal hypertension.