

## MP-RAGE 法における頭部 MRI 画像コントラストの検討

河本里美<sup>1</sup>, 天沼 誠<sup>1</sup>, 榎本京子<sup>1</sup>, 長谷川 真<sup>1</sup>,  
水野英明<sup>2</sup>, 水野ひとみ<sup>2</sup>, 渡部恒也<sup>1</sup>, 平敷淳子<sup>1</sup>

<sup>1</sup>埼玉医科大学放射線医学教室 <sup>2</sup>大宮日赤病院放射線科

### はじめに

3次元 magnetization-prepared rapid gradient-echo 法 (以下 MP-RAGE 法と略す)<sup>1)</sup>は組織緩和情報を与える励起パルス (preparation pulse) と画像データの高速収集を目的とする gradient echo 法を組み合わせた超高速撮影法のひとつである。T<sub>1</sub>強調型の頭部 MP-RAGE 画像における組織コントラストを検討したので報告する。

### 対象および方法

頭部 T<sub>1</sub>強調型 MP-RAGE 法を施行した 49 例 (男性 34 例, 女性 15 例, 平均年齢 39.6 歳) を対象とした。静磁場強度 1.5T の超電導撮影装置 (Magnetom H15SP, Siemens) を用い, 全例頭部専用コイルで撮影した。Preparation pulse は 180° (非選択励起), TR/TE/flip angle = 10ms/4ms/10° とし, 絶対値画像を得た。画像データの収集は矢状断面で行ない, FOV は 25cm, 撮像マトリックスは 128, 200, 256 × 256, slab 厚は 17cm, 3次元分割は 128, 実効スライス厚は 1.3 から 1.4mm であった。以下の

3条件を変化とした時の画像の信号雑音比 (以下 S/N) および組織コントラストについて検討した。

可変条件: 1) TI を 10, 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000ms に変化 (正常ボランティア 4 例, 面内の位相エンコード数は 200 に固定) 2) 面内の位相エンコード数を 128, 200, 256 に変化 (35 例で撮像, TI = 200ms) 3) Gd-DTPA 0.1mmol/kg 投与群 10 例 (TI = 200ms, 位相エンコード数 = 200) 得られた画像について白質, 灰白質, 脂肪, 脳脊髄液, 硝子体, 背景の信号輝度を測定し, 組織の信号輝度を背景ノイズで除して S/N を求めた。組織 A, B のコントラストは,  $(A-B) / (A+B)$  値を相対的コントラスト差 (relative contrast difference) と定義し, 評価の手段とした。Gd-DTPA 投与群では造影前後の信号輝度を測定した。また比較検討の目的で Gd-DTPA 投与群 10 例について T<sub>1</sub>強調型スピネコー法 (TR/TE = 500/15) を施行して同様の評価を行なった。

### 結 果

- 1) TI 可変時における S/N の検討 (Fig.1)  
脳脊髄液および硝子体以外では, いずれも TI

キーワード MP-RAGE, brain MRI, image contrast, Gd-DTPA

が200ms以下でS/Nはいったん減少し、その後増加に転じ、TIが1000ms以上でほぼ一定となった。硝子体のS/Nは400ms以下ではほとんど不変、その後ゆるやかな増加を示した。脳脊髄液のS/Nでは300ms付近で小さなピークが認められた。白質と灰白質のコントラスト差は、TI 200msで最大となり、それより長いTIでは減少した (Fig.2)。Fig.3にTIを可変したときのMP-RAGE画像を示す。TI=200において白質と灰白質のコントラストは最大となり、2000msでは両者のコントラストは消失した。

2) 位相エンコード数可変時のS/Nの変化  
位相エンコード数の増加に伴い白質および灰

白質のS/Nは減少したが相対的コントラスト差はほぼ一定であった。

3) Gd-DTPA投与群におけるS/Nの変化

Fig.4にTI 200msで撮像した正常例のMP-RAGE画像を示す。Gd-DTPA投与前後で白質、灰白質、脂肪のS/Nは軽度の低下を示し、硝子体では明らかな変化は認めなかったが脳脊髄液ではS/Nの有意な上昇が観察された (P<0.001) (Fig.5)。S/Nの増加は側脳室体部および三角部において顕著であり、大槽 (cisterna magna) では最も軽度であった。また、左右差はみられなかった。

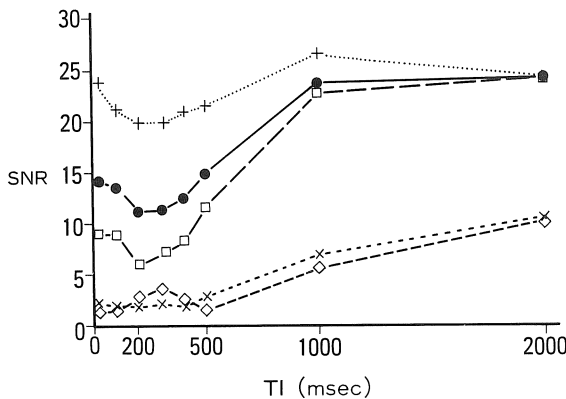


Fig.1. SNRs with varying TI

SNRs of the white matter, gray matter and fat become minimal at a TI of the about 200ms. With increasing TI, they are improved. SNR of CSF shows a slight increase at a TI of 300 ms. WM : white matter ; GM : gray matter ; VB : vitreous body.

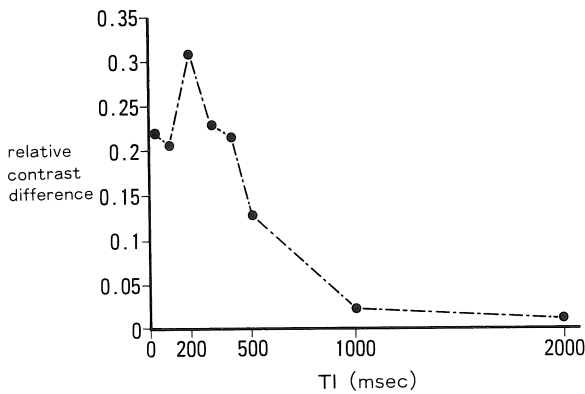


Fig.2. Relative contrast difference between white and gray matter with varying TIs

Relative contrast difference between white and gray matter is maximal at a TI of about 200 ms. With increasing TI, it becomes lower.

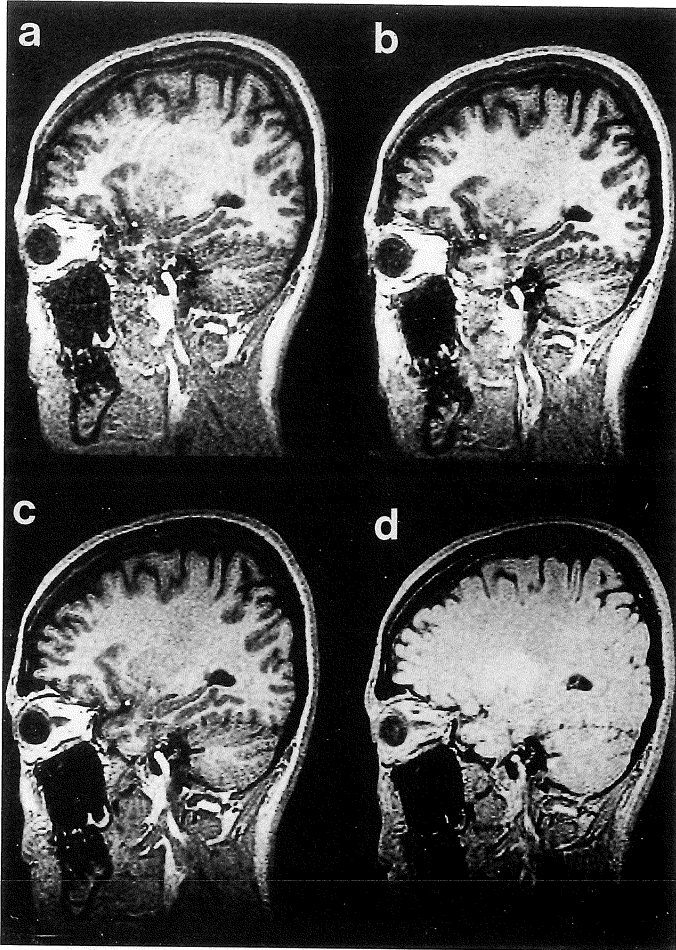


Fig.3. Sagittal images of a volunteer, obtained with TIs of 10 (a), 200 (b), 500 (c) and 2000ms (d).

At a TI of 200 ms, contrast between white and gray matter depends on T1 values of each tissue, that decreases with increasing TI.

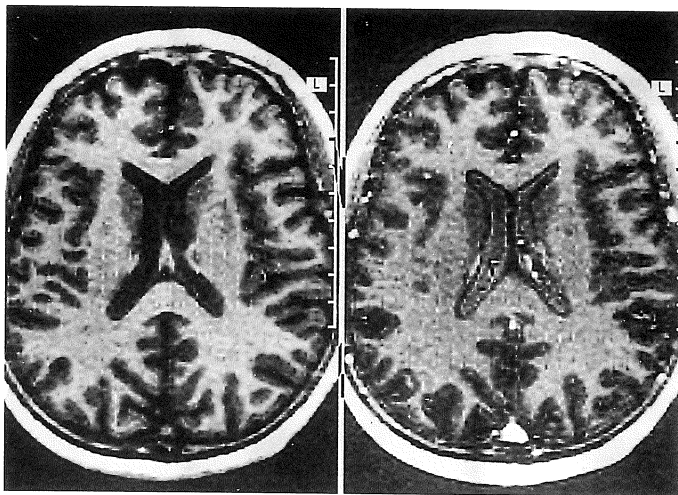


Fig.4. MP-RAGE images before (a,c) after (b,d) Gd-DTPA administration.

Axial reformation obtained from original sagittal data. After Gd-DTPA administration, CSF in the lateral ventricle is more hyperintense than before.

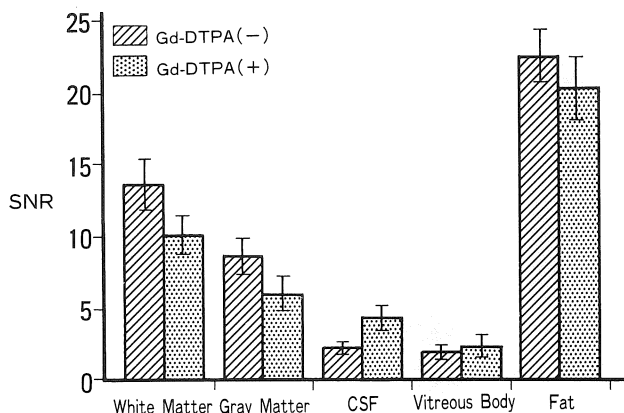


Fig.5. The effect of Gd-DTPA on MP-RAGE

After Gd-DTPA administration, SNRs of white matter, gray matter and fat become slightly lower. SNR of vitreous body remains almost unchanged. SNR is elevated in the CSF space.

### 考 察

頭部の  $T_1$ 強調型 MP-RAGE 画像では TI が 200ms 以下で組織の  $T_1$  値によるコントラストが強調され、TI 1000ms 以上ではおもにプロトン密度にもとづくコントラストが強調された。TI と信号輝度の関係は組織の  $T_1$  値に依存すると考えられ、snapshot-FLASH 法<sup>3)</sup>と同様に IR 法類似の結果が得られた。ただし MP-RAGE 法についてはデータ取集中にも縦緩和の回復が生じるため、通常位相エンコーディング方法では信号最強点を k 空間の中心点で得ることが困難になる。この問題の解決にはいわゆる reordered phase encoding<sup>3)</sup>が必要となるが、今回はこの方法は撮像パルス系列のプログラミングの理由から適用できなかった。

脳脊髄液では TI が 10, 100ms のとき S/N は小さく、TI が 300ms 付近で小さなピークを示したが、この原因については今後の検討が必要である。

白質と灰白質の相対的コントラスト差は TI が 200ms で  $0.309 \pm 0.028$  と最大となった。  $T_1$ 強調型スピネコー法でのコントラスト差は  $0.047 \pm 0.028$  であり、MP-RAGE 法はスピネコー法に比較して良好な白質と灰白質のコントラストが得られた。

臨床的には病変部と正常部位とのコントラスト問題となるが、  $T_1$ コントラストに優れた MP-RAGE 法、特に白質内に存在する  $T_1$  値の長い低信号を示す病変に対して検出能がよいことが予測される。 Brant-Zawadzki らも、スピネコー法に比較して腫瘍、血管障害、多発性硬化症等の頭蓋内病変に対し、MP-RAGE 法はその検出能が優れていると報告している<sup>4)</sup>。

位相エンコード数の増加に伴い画像の S/N は減少したが、組織間の相対的コントラスト差には変化を認めなかった。

Gd-DTPA は正常の脳実質、眼窩内脂肪では造影効果はみられず<sup>5)</sup>、正常例では脳脊髄液の造影効果はないものとされている。今回の検討では TI が 200ms の時、Gd-DTPA 投与値後の撮像した画像の白質、灰白質、眼窩内脂肪の S/N は投与前と比較して軽度の減少を認めた。また、硝子体の S/N はほぼ不変であったが、脳脊髄液では S/N の有意な上昇を認めた。この減少については、脳脊髄液の流入成分による一種の time of flight 効果、Gd-DTPA の脳脊髄液への移行<sup>6)</sup>などいくつかの可能性が考えられるが、いまのところ原因は不明である。

### 結 語

$T_1$ 強調型 MP-RAGE 法のコントラストについて検討した。本法では空間分解能、 $T_1$ コントラストに優れた 3 次元画像が得られるが、パラメータによるコントラストの違いを理解し、疾患に応じて至適条件を選ぶ必要性が示唆された。

## 文 献

- 1) Mugler JP, Brookeman JR ; Three-dimensional magnetization-prepared rapid gradient-echo imaging (3D MP RAGE). *Magn Reson Med*, 15 : 152-157, 1990.
- 2) Hasse A : Snapshot FLASH MRI. Application to  $T_1$ ,  $T_2$ , and chemical-shift imaging. *Magn Reson Med*, 13 : 77-89, 1990.
- 3) Norris DG, Bottcher U, Leibfritz D : A simple method of generating variable  $T_1$  contrast images using temporally reordered phase encoding. *Magn Reson Med*, 15 : 483-490, 1990.
- 4) Brant-Zawadzki M, Gillan GD, Nitz WR : MP-RAGE : A three-dimensional,  $T_1$ -weighted, gradient-echo sequence-initial experience in the brain. *Radiology*, 182 : 769-775, 1992.
- 5) Hesselink JR, Press GA : MR contrast enhancement of intracranial lesions with Gd-DTPA. *Radiol Clin North Am*, 26 : 873-887, 1988.
- 6) Knutzon RK, Poirier VC, Gerscovichi EO, et al. : The effect of intravenous gadolinium on the magnetic resonance appearance of cerebro-spinal fluid. *Invest Radiol*, 26 : 671-673, 1991.

## Assessment of Optimal Contrast for Brain Tissues with a Magnetization-Prepared Rapid Gradient-Echo Technique

Satomi KAWAMOTO<sup>1</sup>, Makoto AMANUMA<sup>1</sup>, Kyoko ENOMOTO<sup>1</sup>,  
Makoto HASEGAWA<sup>1</sup>, Hideaki MIZUNO<sup>2</sup>, Hitomi MIZUNO<sup>2</sup>,  
Tsuneya WATABE<sup>1</sup>, Atsuko HESHIKI<sup>1</sup>

*Department of Radiology, Saitama Medical School  
38 Morohongo, Moroyama, Iruma-gun, Saitama 350-04*

A three-dimensional Magnetization-Prepared Rapid Gradient-Echo (MP-RAGE) sequence, a new imaging method developed recently, is based on the combination of a fast gradient echo (FLASH) sequence and a 180-degree preparation pulse. We made a preliminary study to evaluate optimal contrast between different brain tissues using this method.

Forty-nine subjects including four volunteers were examined to estimate the influences with varying TI (inversion time) values, phase encoding steps and the use of Gd-DTPA, focusing on SNRs and tissue contrast in MP-RAGE images.

The results were as follows : (1) SNRs with varying TIs depended on the  $T_1$  of tissues and were similar to that on an inversion recovery sequence : SNRs of white matter, gray matter and intraorbital fat were minimal approximately at a TI of 200ms, although the difference between gray and white matter intensities was maximal at it. Image contrast between white and gray matter was superior with the MP-RAGE sequence compared with a  $T_1$ -weighted spin-echo sequence. (2) The increase of phase encoding steps gave no influence on the contrast difference between the gray and white matter, but gave a loss in SNR. (3) After Gd-DTPA administration, the SNR in the CSF space significantly elevated on MP-RAGE at a TI of 200ms.