



Title	Magnetization prepared rapid gradient echo(MP-RAGE)法を用いた頭部静脈の造影MR angiography：頭部送信コイルと躯幹部送信コイルによる撮像の比較
Author(s)	松信, 聰; 天沼, 誠; 佃, 俊二
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 2004, 64(1), p. 31-34
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18272
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Magnetization prepared rapid gradient echo(MP-RAGE)法を用いた 頭部静脈の造影MR angiography： 頭部送信コイルと軸幹部送信コイルによる撮像の比較

松信 聰 天沼 誠 佃 俊二

埼玉医科大学放射線医学教室

Contrast-enhanced MR Venography of the Head using Magnetization Prepared Rapid Gradient Echo Imaging: Comparison between head and body radiofrequency transmitter coil systems

Satoshi Matsunobu, Makoto Amanuma,
and Shunji Tsukuda

Purpose: To evaluate the image quality and vascular selectivity of MR venography of the head using an MP-RAGE technique when obtained with a body radiofrequency transmitter coil system.

Materials and Methods: A total of 24 patients were imaged with a head or body RF transmission system. Subtraction MRA was processed with 0.1 mmol Gd-DTPA administration, and signal-to-noise ratios of the vascular system were measured. Venous demonstration and selectivity were also assessed.

Results: MP-RAGE MR venography with a body transmission system showed almost the same signal intensity for the venous and arterial systems, resulting in nonspecific vascular demonstration, while the head transmission system showed semi-selective venograms owing to inflow-induced high signal on precontrast images. However, MRA with a body transmission system provided a 1.5- to 2.5-fold higher signal-to-noise ratios based on higher gradient performance and excellent demonstration of the head veins, especially those below the skull base.

Conclusion: Although selective venography was difficult, MRA with a body transmission coil provided excellent vascular images of the brain.

Research Code No.: 503.9

Key words: MR angiography, Contrast media, Brain, Dural sinus

Received Feb. 28, 2003; revision accepted Oct. 4, 2003

Department of Radiology, Saitama Medical School

別刷請求先
〒350-0495 埼玉県入間郡毛呂山町毛呂本郷38
埼玉医科大学放射線科
松信 聰

はじめに

MP-RAGE 法は高速で頭部全体の高分解能、高コントラスト画像を得られる 3 次元撮像法である^{1), 2)}。反転パルスによる強いT1強調コントラストを生かした撮像法であり、造影剤投与後には血管系の強い増強効果が得られる。また、RF送受信の頭部用専用コイルを用いて撮像を行った場合には血流の流入効果により高い動脈信号が得られる。したがって軸幹部で広く用いられている造影3次元subtraction MRAを応用した場合、造影剤注入後の画像との差分抽出により静脈描出の優勢な画像が得られる³⁾。最近のMRI装置では強い傾斜磁場コイルの使用が可能でより高い画質が期待できる反面でRF送信を軸幹用コイルで行うものが増え、この場合には飽和効果のため動脈の流入効果の影響はほとんどなく、動静脈の信号上の分離は困難となることが予想される。今回この撮像法を最新のMRI装置に応用した場合の利点および問題点につき検討したので報告する。

対象と方法

対象は2002年4月より2002年12月までに埼玉医科大学放射線科にて造影検査を含めた頭部MRI検査を施行した24例(男性16例、女性8例、平均年齢55.2歳)である。使用装置はSiemens社製Magnetom Vision(最大傾斜磁場強度25 mT/m, slue rate 40)およびMagnetom Symphony Sonata(最大傾斜磁場強度40 mT/m, slue rate 200)であり、前者では送受信とともに頭部用専用コイルを、後者では送信を軸幹用、受信を頭部用コイルで行っている。12例はVision、他の12例はSonataで撮像を行い、両者の画像データにおいて動静脈の信号強度、静脈の選択性、得られたMRAの診断能につき比較検討を行った。

撮像は造影剤投与前後の2回でデータ収集を行った。造影剤はGd-DTPA 0.1 mmol/kgを使用し、秒間0.1mlを造影前のデータ収集直後より注入し、30秒後より造影後の画像データ収集を開始した。造影剤は前腕の表在静脈より23 gauge翼状針にて持続静注し、20mlの生理食塩水を追加投与した。

使用したパルス系列はMP-RAGE法でいずれの装置でも撮像断面は矢状断とし, FOV230cm, slab thickness 140mm, スラブ分割数128とした。TR/TE/flip angleはVisionでは9.7msec/4.0msec/25°, Sonataでは7.4msec /3.9msec/15°であり, 反転時間はともに300msecとした。反転パルスはいずれの装置も非選択励起パルスを使用した。データ収集マトリクスは前者で 256×256 , 後者で 256×225 であるが後者での表示マトリクスは 512×512 である。MP-RAGEの撮像時間はVisionで5分18秒, Sonataで3分33秒であり, 撮像間隔と造影剤投与前後のすべてデータ収集時間を含めた撮像時間は前者で11分6秒, 後者で7分36秒である。

おのおのの撮像において以下の測定を行った。

1) 造影剤投与前の画像における動脈および静脈のSN比

造影剤投与前の画像において頸動脈分岐レベルにおける総頸動脈および内頸靜脈, 中大脳動脈水平部, 下大脳靜脈, 上矢状洞頭頂部および両側横靜脈洞中央部の信号強度を測定。信号強度の比較にはt検定を用いた。

2) 造影剤投与後の画像における動脈および静脈のSN比

造影剤投与後の画像において上記と同レベルの信号を測定。

3) subtraction MRAにおける静脈の描出能

上矢状洞, 下矢状洞, 直靜脈洞, 横靜脈洞, 下大脳靜脈, 内頸靜脈, 外頸靜脈の描出能の主観的評価を4段階で行った。

3:信号が均一で連続的に描出, 2:信号が不均一だが連続的に描出, 1:信号が不均一で静脈が非連続的に描出, 0:静脈の同定が不能。

4) subtraction MRAにおける静脈の選択性

MIP像において以下の基準により動脈と静脈の分離について算定した。3:静脈のみの選択的画像が得られている, 2:両者の描出がみられるが信号強度の差から分離が可能, 1:両者の描出がみられ, 解剖学的知識なしには分離困難, 0:動静脈の分離不能。

なお, 視覚評価の判定は2名の放射線科医の合議により行い, 有意検定にはMann-Whitney testを用いた。

結 果

1) 造影剤投与前の信号。造影剤投与前には動脈はVisionでのMP-RAGE像では動脈が静脈に比較して有意に高い信号を呈した(Fig. 1)。この現象はSonataでは観察されず, 両者の信号に有意差を認めなかった。

2) 造影剤投与後の画像ではVision, Sonataいずれの装置で得られた画像でも動脈と静脈の信号は同程度の信号強度を呈した。Visionにおける動脈および静脈の信号には有意差を認めなかった。一方, SonataではVisionで同様の方法で得られた信号に比較して1.5倍ないし2.5倍高い血流信号を得ることが可能であった(Fig. 2)。特に横靜脈洞よりも末梢領域における静脈構造の信号はほぼ2倍以上のSN比が得られていた。

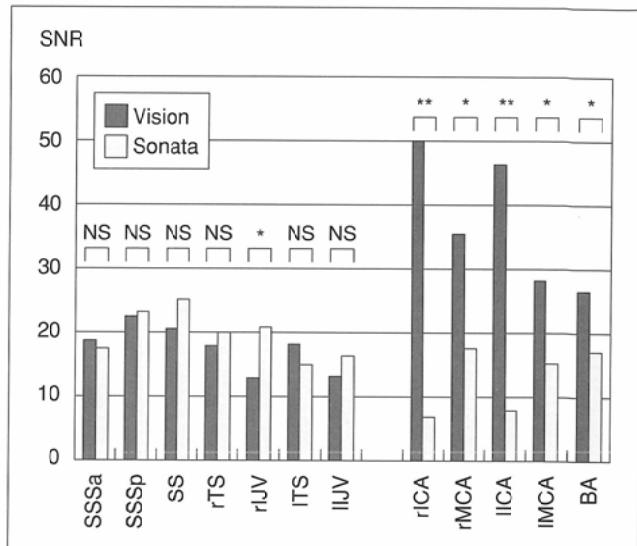


Fig. 1 SNR of vascular structures on precontrast studies. SSSa: anterior part of the superior sagittal sinus, SSSp: posterior part of the superior sagittal sinus, SS: straight sinus, TS: transverse sinus, IJV: internal jugular vein, ICA: internal carotid artery, MCA: middle cerebral artery, BA: basilar artery. (t-test: NS: no significant difference, * p<0.05, **p<0.01)

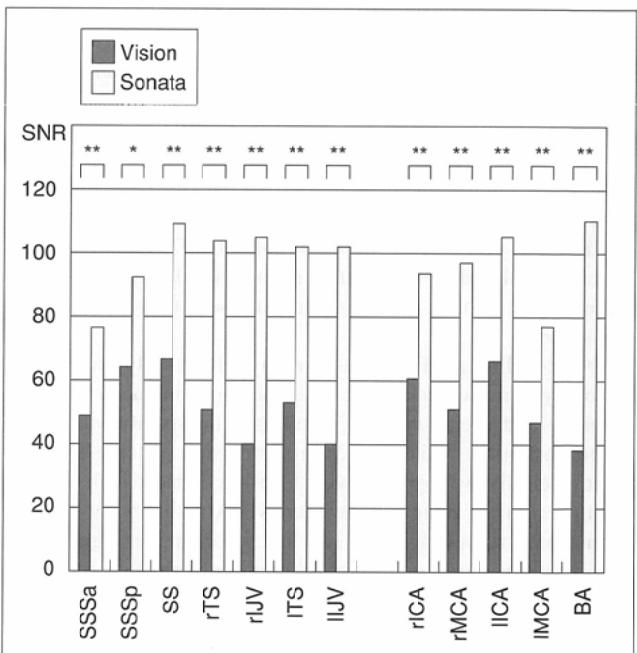


Fig. 2 SNR of vascular structures on precontrast studies. There was no significant difference between the venous and arterial signals. Abbreviations are the same as those of Fig. 1.

3) Table 1にSubtraction像における静脈描出能の比較を示す。上矢状洞から横靜脈洞までの構造は両者の方法で描出能に明らかな差は認められなかった(Fig. 3)。しかしS状静脈洞より下位の静脈系, 脳底部の小さな静脈系は, SonataでのMRAが明らかに優れており(Fig. 4), 統計学的に有意差を認めた($p < 0.05$)。

4) Visionにおいて動脈信号は相対的に小さく, 特に体幹側

でこの傾向が強かった。ただし動脈描出の程度には個人差があり、静脈信号の分離が困難な症例も存在した。一方、Sonataでは信号強度からの動静脈分離は困難で両者の区別には解剖学的な知識を必要とした(Table 2)。

考 察

頭部MRAにおいて動脈の描出にはこれまで多くの技術が蓄積され、3D time-of-flight(TOF)法を中心に日常診療でスクリーニング検査として使用されている。反面で静脈系の描出は2D TOF法⁴⁾やphase contrast法⁵⁾などが用いられているが静脈信号が血流の方向や速度の影響を受けやすく、多方向の静脈の安定した描出には適していない。造影剤を併用した3次元MRAは躯幹部領域に比較して頭部ではMRDSA⁶⁾などの限定した使用方法を除くと必ずしも普及していない⁷⁾⁻⁹⁾。この最大の原因是血管径の小さい頭部においては急速静注と撮像のタイミングを重視する従来の方法では高分解能の撮像を行うのに十分な撮像時間をかけられないことがあげられる。一方で頭部の造影MRAが他の領域と異なる点として脳には血液脳関門が存在するために水溶性のガドリニウム製剤は脳実質の造影効果を生ずることはなく、ある程度の撮像時間をおいても背景信号の上昇による血管描出能の低下が小さ

Table 1 Subjective scoring of venous demonstration

		0	1	2	3	mean
Vision	SSS	0	0	2	10	2.8
	ISS	0	1	3	8	2.5
	SSS	0	0	2	10	2.8
	rTS	0	0	2	10	2.8
	ITS	0	0	2	10	2.8
	ICV	0	0	4	8	2.7
	rIJV	2	3	6	1	1.5
	IIJV	2	3	6	1	1.4
	rEJV	6	5	1	0	0.6
	IEJV	6	5	1	0	0.6
Sonata	SSS	0	0	0	12	3.0
	ISS	0	0	1	11	2.9
	SSS	0	0	1	11	2.9
	rTS	0	0	0	12	3.0
	ITS	0	0	0	12	3.0
	ICV	0	0	2	10	2.8
	rIJV	0	0	2	10	2.8
	IIJV	0	0	3	9	2.7
	rEJV	0	0	3	9	2.8
	IEJV	0	1	3	8	2.5

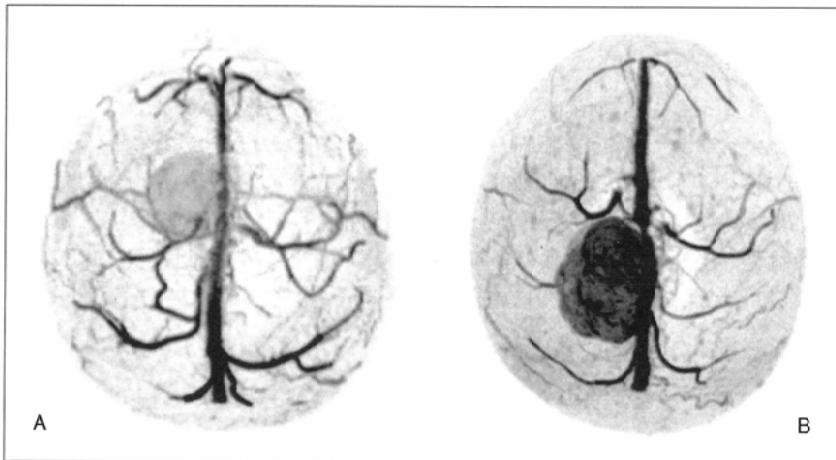


Fig. 3 Target MIP images of the superior sagittal sinus and cortical veins processed with head coil (A) and body coil (B) RF transmission. Venous structures are clearly demonstrated on both images. Meningioma of the patient is demonstrated as well.

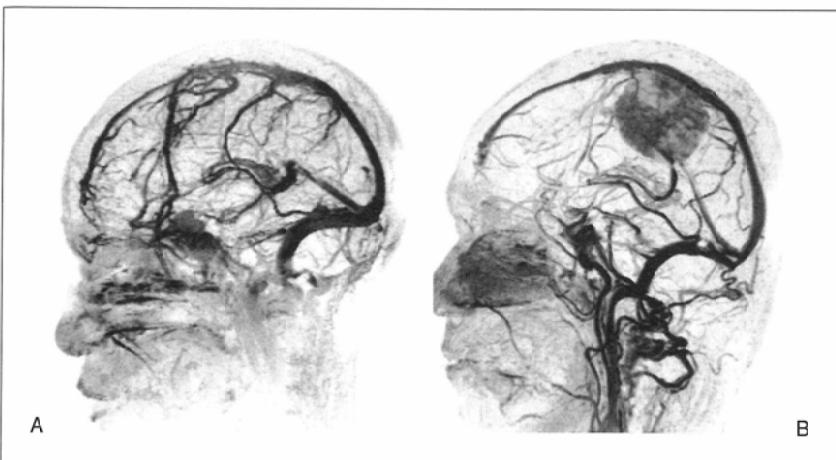


Fig. 4 Sagittal MIP images of whole brain with head coil (A) and body coil (B) RF transmission. Venous structures below the skull base are more clearly demonstrated with a higher gradient performance machine. Note effective arterial signal suppression with head coil RF transmission owing to inflow signal on precontrast study.

いことがあげられる。撮像時間を長くした3次元撮像法においては、造影剤の単位時間あたりの注入量を小さくして注入時間を長くすることにより、血管系と背景信号とのコントラストを高く保ちながら高い空間分解能を維持することが期待できる。ただしこれは正常な脳の環境にはあてはまるが、病的な状態においてはしばしば血液脳関門のメカニズムは破綻し、血管と正常脳および病変とのコントラストが低下することも予想される。この点については今後症例の蓄積とともに詳細な検討が必要であろう。

MP-RAGE法と頭部用の送受信コイルを併用することの利点は造影前の画像においても流入効果により動脈の高い信号が得られることである²⁾。造影後の動脈および静脈の信号は同程度であるために、造影前後の画像でサブトラクション処理を施した場合には特別な処理を加えないでも静脈優位の画像が得られる³⁾。しかし最近のparallel imagingなどを前提としたMR装置では頭部撮像の場合でも送信コイルは軀幹用コイルを用いる場合が多く、この場合には飽和効果のため動脈の流入効果による信号上昇はほとんどみられない。結果として得られるMRA像は動脈と静脈が同程度の信号を有する特異性のない画像となる。

今回の検討ではこの点に着目し、RF送信を軀幹用および頭部用の異なるコイルで行っているMRIの画像を比較した。本来は同一機種で同一条件で比較すべき内容であるが、頭部コイルの送信方法そのものを変化させることはできないため、異なる機種での比較となった。静磁場の均一性が高く、傾斜磁場強度が大きい最近の装置では高い血流信号が得られることが予想される。実際に軀幹用コイル送信を用いた最新の装置では頭部用送受信コイルを用いた従来の装置に比較して造影後の血流からは2倍近く高い信号雑音比を得ている。この影響は特に脳底部から頸部にかけての静脈の描出に有利で従来の装置で得られていた画像と比較して内頸静脈などの描出ははるかに優れている。ま

Table 2 Subjective scoring of venous selectivity

	0	1	2	3	mean
Vision	0	2	8	2	2.00
Sonata	1	11	0	0	0.92

た、脳の表面では描出されている太い血管はほとんど静脈であり、頭頂部などの選択された領域ではほぼ静脈に特化したMRAを作成することが可能であること、静脈洞などの構造はその走行や大きさから判定が明らかなこと、脳底部領域でも血管解剖を熟知しておけば動静脈の分離は必ずしも困難ではない^{10), 11)}ことなどを併せるとたとえ血管の選択性が乏しくとも新しい装置での造影MRAは有用な手段になると考えられる。この方法は静脈洞をはじめとする静脈構造の安定した描出が得られ、かつ臨床での評価に適した高い分解能が得られるため、静脈洞血栓症や動静脈奇形などの評価での有用性が期待できる。同時にMR angiographyの評価においては原画像における画像評価が重要であることは言を待たないが、本法では特にコントラストにすぐれた造影前後の高分解能T1強調画像が得られているため、原画像のもつ診断上の意味合いは従来のMRA以上に大きいことことが予想される。

結論

MP-RAGE法を併用した頭部造影MRAにより静脈描出の程度を評価した。最近の全身用コイルでのRF送信を用いた場合では動静脈の選択性は低下するものの、血流信号の高いSN比が得られる。頭部静脈系の解剖を熟知することにより動静脈の分離は可能であり、この方法は最近のMR装置でも積極的に施行されるべきと考えられた。

文 献

- Brant-Zawadzki M, Gillan CD, Nitz WR: MP RAGE: a three-dimensional, T1-weighted, gradient echo sequence: initial experience in the brain. Radiology 182: 769–775, 1992
- Brant-Zawadzki M, Gillan CD, Atkinson DJ, et al: Three-dimensional MR imaging and display of the intracranial disease: improvements with the MP-RAGE sequence and gadolinium. JMRI 3: 656–662, 1993
- Stevenson J, Koppe E, and Litte AL: MP-RAGE subtraction venography: A new technique. JMRI 239–241, 1995
- Mattle H, Wentz K, Edelman E, et al: Cerebral venography with MR. Radiology 178: 453–458, 1991
- Patrick JT, Fritz JV, Adamo JM, Dandonna P: Phase-contrast magnetic resonance angiography for the determination of cerebrovascular reserve. J Neuroimaging; 6(3): 137–143, 1996
- Isoda H, Takehara Y, Isogai S, et al: Software-triggered contrast-enhanced three-dimensional MR angiography of the intracranial arteries. AJR 174 (2): 371–375, 2000
- Kurihara N, Takahashi S, Higano S, et al: Evaluation of large intracranial aneurysm with three dimensional MRI. JCAT 19 (5): 707–712, 1995
- Okumura A, Araki Y, Nishimura Y, et al. The clinical utility of contrast-enhanced 3D MR angiography for cerebrovascular disease. Neurol Res 23 (7): 767–771, 2001
- Suzuki I, Matsui M, Ueda F, et al: Contrast-enhanced MR angiography (enhanced 3-D fast gradient echo) for diagnosis of cerebral aneurysms. Neuroradiology 44(1): 17–20, 2002
- Shukla V, Hayman LA, Ly C, et al: The adult cranial dura: I. Intrinsic vessels. J Comput Assist Tomogr 26: 1069–1074, 2002
- Shukla V, Hayman LA, Taber KH. The adult cranial dura: II. Venous sinuses and their extrameningeal contributions. J Comput Assist Tomogr 27: 98–102, 2003