

## MR angiography (MRA) 撮像角度の検討 — 斜台平行撮影の有用性 —

村上裕二<sup>1</sup>, 町田好男<sup>2</sup>

<sup>1</sup>福山脳研大田記念病院脳神経外科 <sup>2</sup>東芝那須工場MR技術部

### はじめに

MR angiography (MRA) により非侵襲的脳血管撮影が可能になった。そして今後、脳血管障害のスクリーニングとしてさらに発展普及していくであろうことはいうまでもない。我々は time of flight 効果を基に、field echo 法で3次元データ収集 (3D-TOF 法) を行っているが、この方法は、現在多くの施設で用いられている方法である<sup>1)~9)</sup>。現在の MRA の課題は、撮影時間の短縮、分解能の向上、そして頭蓋内血管の広範な描出ということになるが、その一つの解決策として、狭い撮影領域に目的脳血管が広範囲にその中に入るよう、撮影領域に角度をつけることを試みた。その結果、撮影時間や分解能を犠牲にすることなく、広範囲に目的血管を描出することができ、脳血管障害のスクリーニングとして有効であったので報告する。

### 装置と撮像方法

装置は東芝製超伝導 1.5 T MRT-200/FX を使用し、3 dimensional-time of flight (3D-TOF) 法を基に rephase (flow compensation) 法にて以下の pulse sequence でデータ取

集を行った。repetition time (TR) = 55 ms, echo time (TE) = 7 ms, flip angle (FA) = 15°, スライス厚 = 0.8 mm, matrix = 256 × 256 × 64, 撮影領域は 20.5 cm × 20.5 cm × 5.1 cm で、voxel size = 0.8 mm × 0.8 mm × 0.8 mm となる。データ収集時間は 15.0 分であった。

この撮影領域で健常人のボランティア 1 名により、撮影角度を 1) 頭蓋水平 (図 1 a), 2) OM ライン (nasion と橋下端を結ぶライン) (図 1 b), 3) 斜台に平行 (頭蓋水平より約 40° 傾斜) (図 1 c), と変え、主幹動脈の描出のされ方につき評価した。また別のボランティア 1 名で、4) シルビウス裂平行 (斜台平行撮影に直交) (図 1 d) と 5) 矢状断 (図 1 d) も撮影し評価した。

撮影処理には、単純加算に比べ高コントラストで血管描出能の高い最大値投影法を用いた。投影像は撮影方向及びそれに直交する 2 方向、撮影方向に関するステレオ視像の計 5 方向を MR 装置コンソール上にて作成した。

### 結 果

正常ボランティア 2 名での撮影角度の違いによる脳血管描出能を比べた結果は表 1 のごとくであった。最も広範囲に脳血管が描出できたの

キーワード MR angiography, oblique plane, screening of cerebral vascular disease

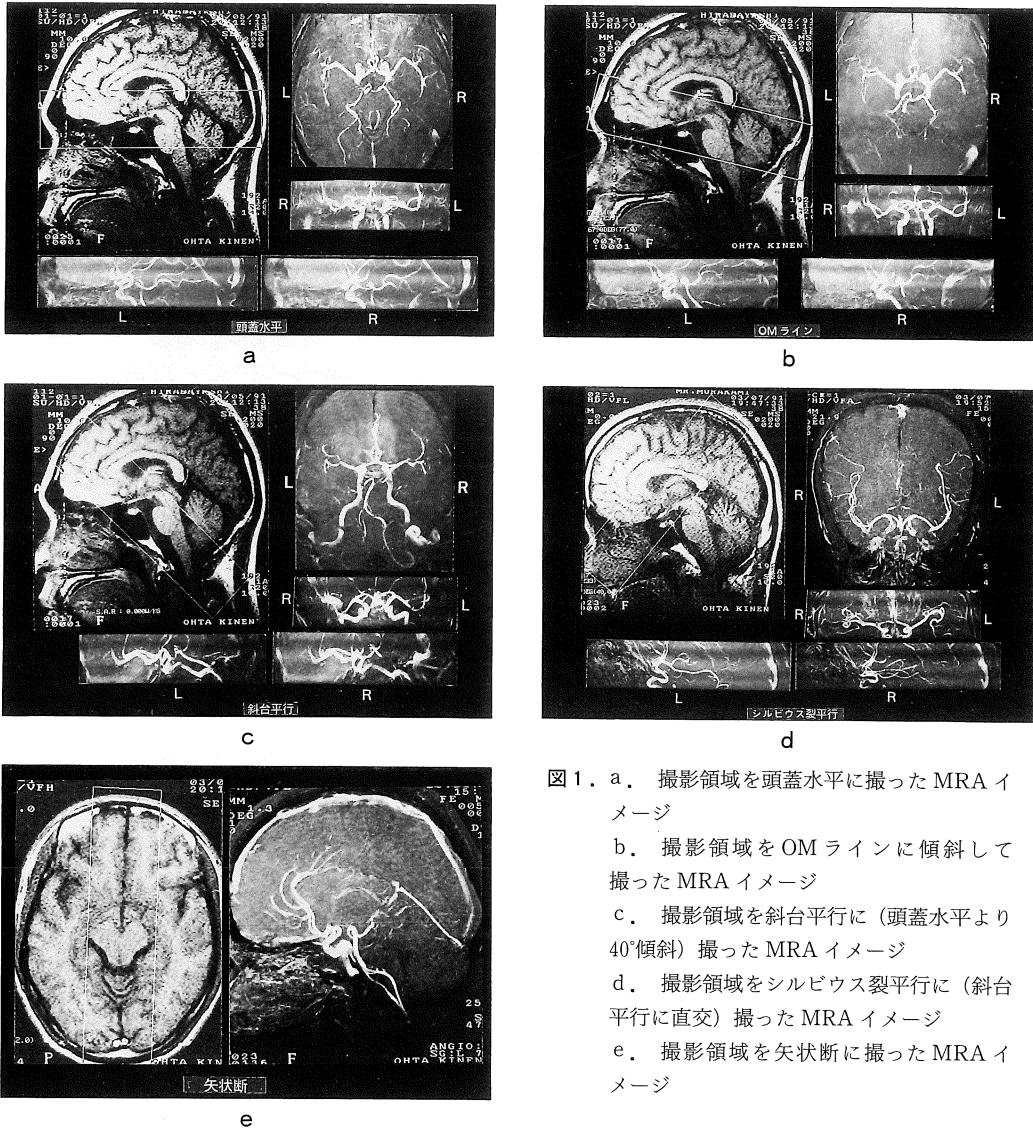


図1. a. 撮影領域を頭蓋水平に撮ったMRAイメージ  
 b. 撮影領域をOMラインに傾斜して撮ったMRAイメージ  
 c. 撮影領域を斜台平行に(頭蓋水平より40°傾斜)撮ったMRAイメージ  
 d. 撮影領域をシルビウス裂平行に(斜台平行に直交)撮ったMRAイメージ  
 e. 撮影領域を矢状断に撮ったMRAイメージ

は、斜台平行撮影であった。それ故現在、脳動脈瘤、閉塞性脳血管障害が疑われた外来患者のスクリーニングとして routine にはこの斜台平行撮影を用いている。現在までこの方法にて 372 例(男性 222 例, 女性 150 例, 4 歳~84 歳, 平均 58.7 歳)施行し, その有用性を認めている。特に椎骨脳底動脈と内頸動脈の描出能にすぐれ

ていると感じている。図2は椎骨動脈後下小脳動脈瘤, 図3は内頸動脈閉鎖例である。また前大脳動脈もよく描出され, 特に前大脳動脈交通部は血管の重なりが少なく, この部の動脈瘤の検出にも有効であった。図4は前大脳動脈瘤例である。中大脳動脈は頭蓋水平やOMラインにとったものに比べ, やや末梢部の描出に劣るよ

1991年4月1日受理 1991年5月7日改訂

別刷請求先 〒720 福山市沖野上町3-6-28 福山脳研大田記念病院脳神経外科 村上裕二

表1. 各撮影法に対するそれぞれの脳血管描出能の評価

	horizontal	OM line	clivus	sylvian	sagittal
IC	3	④	⑤	2	2
ACA	2	3	④	2	⑤
MCA	④	④	④	⑤	1
VA-BA	1	3	⑤	1	④
PCA	⑤	④	1	1	2
Willis	④	⑤	④	1	2

5:excellent 4:good 3:fair 2:poor 1:bad  
 horizontal:頭蓋水平撮影 OM line:OMライン平行撮影  
 clivus:斜台平行撮影 sylvian:シルビウス裂平行撮影  
 sagittal:矢状断撮影 IC:内頸動脈 ACA:前大脳動脈  
 MCA:中大脳動脈 VA-BA:椎骨脳底動脈  
 PCA:後大脳動脈 Willis:Willis輪部



図2. 左椎骨後下小脳動脈分岐部動脈瘤例<矢印>(斜台平行撮影)

うに思われたが、M<sub>2</sub> portionまでは充分みえ、脳血管障害のスクリーニングとしては問題ないように思われた。しかし、後大脳動脈は斜台平行撮影では撮影領域外になるため描出されなかった。ボランティアより得られたMRAでWillis輪部を最もよく描出できたのはOMラインに撮影したものであった。内頸動脈から前大脳動脈、中大脳動脈の分岐、後交通動脈、脳底動脈の血

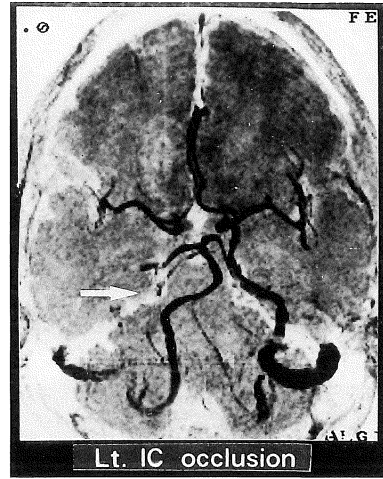


図3. 左内頸動脈閉塞例<矢印>(斜台平行撮影)

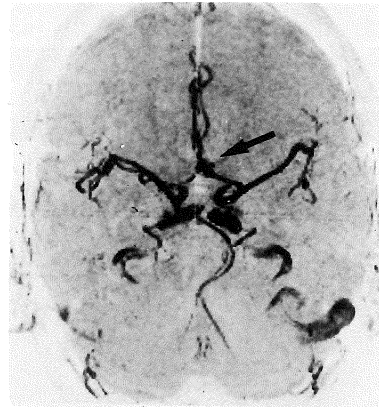


図4. 前交通動脈部動脈瘤例<矢印>(斜台平行撮影)

管構築がよく把握でき、脳動脈瘤の大半がこの部に発生することを考えると、Willis輪部の脳動脈瘤のスクリーニングには有用であろうと思われた。前大脳動脈を末梢までみたい場合あるいは内頸動脈、椎骨脳底動脈の側面像をみたい場合は矢状断に、また中大脳動脈に重点をおく場合は、シルビウス裂平行撮影が適していた。頭蓋水平撮影では、椎骨脳底動脈はaxial像では全く描出されず、またWillis輪もOAライン撮影に比べ血管の重なりがあり、脳血管障害のス

クリーニングとしては特にメリットはないように思われた。ただ後大脳動脈のみは他の撮影方法に比べよく描出された。

## 考 察

現在よく使われている MRA の撮像方法は、time of flight 法を基にした 3 dimensional field echo 法である<sup>1)~9)</sup>。課題は分解能の向上、撮影時間の短縮、より広範囲に脳血管をとらえることにあるが、現時点ですべて満足させることは困難である。分解能に関しては次の原理に基づいており、現在のところほぼ限界に達している。すなわち、位置情報のサンプリングでは、勾配磁場の強さ  $G_r$  (mT/cm)、測定領域  $L$  cm のとき、matrix の大きさ  $n$  を得るには、 $L G_r / n > \Delta H_0 / H_0$  でなければならない。(  $\Delta H_0 / H_0$  は主磁場の不均一性である<sup>10)</sup>。) したがって分解能を上げるためには、主磁場の不均一性を少なくすること、強力な勾配磁場が必要である。頭部専用の、小型で強力な勾配磁場が得られ、かつ磁場の均一性の高い MRA 装置が開発されれば、さらに分解能の向上が期待できるが、現在の全身性 MRA 装置ではどうしても  $x \cdot y$  平面 (axial 面) での matrix は  $256 \times 256$  が限界である<sup>1)</sup>。

撮影時間に関しては、現在我々は  $20.5 \text{ cm} \times 20.5 \text{ cm} \times 5.1 \text{ cm}$  の撮影領域を scan matrix =  $256 \times 256 \times 64$ , voxel size =  $0.8 \text{ mm} \times 0.8 \text{ mm} \times 0.8 \text{ mm}$  で撮影しているが、イメージング時間は  $T_s = N_y \cdot N_z \cdot TR \cdot NEX$  ( $N_y = y$  軸方向の位相エンコード数,  $N_z = z$  軸方向 (スライス方向) の位相エンコード数) となるため、rephase 法では  $256 \times 64 \times 55 \text{ ms} \times 1 = 15.0$  分となり、分解能を落とすか、撮影領域をせばめるかしなければ時間を短縮することはできない。

また脳血管をより広範囲にとらえるため撮影領域をスライス方向に拡大しようとするれば、スライス方向の分解能を落とすか、撮影マトリックスを大きくして撮影時間を延長するかしなければならない。分解能を落とすことはスクリー

ニングとしての意味を低下させることであり、また撮影時間の延長は患者の苦痛を増大させ、現在の 15 分はほぼ静止時間の限界であろう。

そこで、分解能、時間どちらも犠牲にすることなく頭蓋内血管を広範囲に描出するため、撮像領域に角度をつけ、頭蓋底脳血管ができるだけ撮像領域内に入るよう試みた。その結果、斜台平行撮影は、後大脳動脈以外の主幹動脈が従来の頭蓋水平撮像に比べ広範囲に描出され、しかも血管同士の重なりが少なく、Willis 輪の描出も良好であり、脳血管障害全般のスクリーニングに最も適していた。

TOF 法の原理からして、血管が撮像断面に平行であると、下流域の信号低下がおこる<sup>11)</sup>が、現在使用している pulse sequence では臨床上それほど信号低下による描出不良は認めなかった。斜台平行撮影のデータ収集の際の注意点としては、脳血管が撮像領域外にはみださないようにすることである。特に内頸動脈のサイフォン部、中大脳動脈水平部は不用意に撮像すると領域外に出て、あたかも閉塞、狭窄と誤診することがある (図 5)。脳および頭蓋に対する血管の位置関係を十分理解し、撮像の際の位置決めを慎重にすることはもちろんであるが、読影の際、sagittal 像, coronal 像で、脳血管が撮像領域外に出ていないかよく確認することも大切である。

また脳動脈瘤に限ってスクリーニングする場合は、OM ラインに撮影するほうがよいように思われたが、椎骨動脈領域の動脈瘤までは検出不可能である。対象血管が予め決まっている場合には、それぞれに応じて撮像角度を適切に設定することが必要で、矢状断撮影、シルビウス裂平行撮影も有効であるが、外来での脳血管障害のスクリーニング (主幹動脈の閉塞性病変が疑われる場合、動脈瘤、もやもや病、動静脈奇形が疑われる場合、あるいは人間ドックの一環として MRA 検査を行う場合など) としては、まず斜台平行撮像がもっとも多くの情報をもたらす有用であろうと思われた。

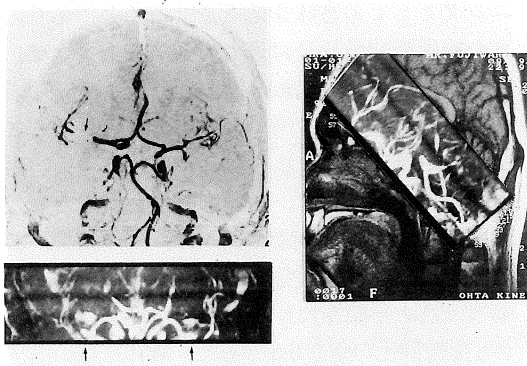


図5. 斜台平行撮影の場合、不用意に撮ると内頸動脈サイフォン部、中大脳動脈水平部が撮影領域外にはみだし、あたかも閉塞、狭窄と誤診することがあるので〈矢印〉撮影の際の位置決めを慎重にしなければならない。

#### ま と め

現在のMRAで到達しうる分解能を維持し、かつ撮像時間を外来レベルで可能な15分程度におさえ、広範囲に脳底部主幹動脈を描出するため撮像角度を斜台にほぼ平行にとる方法は、脳血管病変のスクリーニングに有用であったので報告する。

#### 文 献

- 1) 大内敏宏, 徳丸阿耶: 中枢神経系におけるMR angiographyの臨床的有用性. 神経進歩 34: 756-777, 1990.
- 2) D. G. Nishimura: Time-of-flight MR angiography. Magn Reson in Med 14: 194-201, 1990.
- 3) 青樹 毅, 宮坂和男: 頸部及び頭蓋内血管病変でのMR angiographyと血管造影. 画像診断 10, 169-175, 1990.
- 4) R. R. Edelman, H. P. Mattle, D. J. Atkinson, et al.: MR angiography, AJR 154: 937-946, 1990.
- 5) J. N. Lee, S. J. Riederer, N. J. Pelc: Flow-compensated limited flip angle MR angiography. Magn Reson in Med 12: 1-13, 1989.
- 6) G. Marchal, H. Bosmans, Fraeyenhoven, et al.: Intracranial vascular lesions: Ultimization and clinical evaluation of three-dimensional time-of-flight MR angiography, Radiology 175: 443-448, 1990.
- 7) T. J. Masaryk, M. T. Modic, J. S. Ross, et al.: Intracranial circulation; Preliminary clinical results with three-dimensional (volume) MR angiography. Radiology 171: 793-799, 1989.
- 8) J. S. Ross, T. J. Masaryk, M. T. Modic, et al.: Intracranial aneurysm; Evaluation by MR angiography. AJNR 11: 449-456, 1990.
- 9) 武田定典, 貞本和彦, 中村 貢ほか: Cerebral MR angio imaging (脳血管磁気共鳴画像法)の研究—第3報—. CT研究 11: 535-540, 1989.
- 10) 永井輝夫: MRI臨床診断学—基礎と臨床—. 朝倉書店, 東京, 1988.

## Utility of MR Angiography in an Oblique Plane — Setting the Imaging Area Parallel to the Clivus —

Yuji MURAKAMI<sup>1</sup>, Yoshio MACHIDA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Dept. of Neurosurgery, Fukuyama Research Institute for Brain and Blood Vessels, Ohta Memorial Hospital  
3-6-28 Okinogami-cho, Fukuyama-shi, Hiroshima 720*

<sup>2</sup>*MR Engineering Dept. Nasu Works. Toshiba*

MR angiography (MRA) is a possible noninvasive diagnostic modality in evaluating cerebral vessels and will further play a significant role as an efficient modality for screening cerebral vascular disease.

The present objective of MRA is to acquire a broad range of data in main cerebral arteries, with high resolution, within a short time.

As a solution, we attempted to use oblique planes as the imaging area and the parameters are set so that even a narrow imaging area can cover a wide field of the cerebral arteries of interest.

As a result, if an imaging area is set parallel to the clivus, the data of the main arteries in the skull base can be broadly acquired without either increasing scan time or sacrificing resolution.

When outpatients are screened for cerebral disease, this imaging technique would be helpful because it provides the greatest amount of information.