頸部血管病変の MRA

秋村 龍夫, 齋藤 研一, 中山 尚登
柏木 史朗*, 加藤 祥一*, 伊藤 治英*

Magnetic Resonance Angiography of the Extracranial Carotid and Vertebral Arteries

Tatsuo AKIMURA, M.D., Kenichi SAITO, M.D., Hisato NAKAYAMA, M.D.,
Shiro KASHIWAGI, M.D.,* Shoichi KATO, M.D.,* and Haruhide ITO, M.D.*

Department of Neurosurgery, Konan Sentohiru Hospital, and

**Department of Neurosurgery, Yamaguchi University, Ube, Japan*

Summary : To evaluate the contribution of magnetic resonance angiography (MRA) in the screening study of the extracranial carotid and vertebral arteries using the conventional head and neck coils, 500 consecutive MRAs of the cervical vessels were performed using 1.5 tesla magnetic resonance unit with circularly polarized head coil. The 5 cm-thick imaging plane was placed in coronal fashion including both carotid and vertebral arteries. The imaging sequence was three-dimensional (3D) fast imaging with steady precession (FISP). In 10 patients with failed head coil examination, 10 patients with possible carotid and vertebral diseases and 10 volunteers, the extracranial carotid and vertebral arteries were examined with the Helmholtz neck coil. Both 3D- and 2D-FISP were performed in each case. The imaging plane was placed in oblique sagittal fashion. In 458 out of 500 cases (91.6%), the extracranial carotid and vertebral arteries were successfully depicted using head coil. In 20 patients with high shoulders, the carotid bifurcations were out of range of the head coil. In these cases, carotid bifurcations and the origins of the carotid and vertebral arteries were successfully revealed using a neck coil. To evaluate the stenotic lesions and tortuous vessels, 2D-FISP sequence seemed to be more suitable than 3D-FISP. Compared with conventional angiography, MRA caused overestimation of the degree of stenotic lesions. For screening examination of the extracranial carotid and vertebral arteries, most cases can be evaluated only with the conventional head coil. If depiction of the carotid bifurcation fails and the examination of carotids or vertebrals down to the aortic arch is needed, neck coil examination is required.

Key words :

- MR angiography
- carotid artery
- vertebral artery
- head coil
- neck coil

はじめに

頸部血管病変の評価は、脳血管障害の診断には欠かせないものであるが、magnetic resonance imaging (MRI) 導入までは従来の脳血管造影に代替できるスクリーニング検査

はなかった。超音波診断法 (duplex ultrasonography) が非侵襲的検査として普及しているが、MRI とは役割分担が異なる⁵⁾。MR による脳血管造影 (MR angiography : 以下 MRA) は、非侵襲的に脳血管の画像情報が得られるという点では画期的な検査法である¹³⁾。

厚南セントヒル病院 脳神経外科, *山口大学 脳神経外科 (受稿日 1994.1.23) [連絡先 : 〒759-02 宇部市厚南区東割 108 厚南セントヒル病院 脳神経外科 齋藤研一] (Mailing address: Kenichi SAITO, M.D., Department of Neurosurgery, Konan Sentohiru Hospital, 108 Higashiwari, Konan-ku, 759-02, Japan)

当科では、脳ドックを主とするスクリーニング検査の一項目としてヘッドコイルを用いた頸部血管の MRA を従来より採用しているため、これが臨床的にどの程度の病変を評価しうるのかを検討した。また、ネックコイルを用いた頸部血管の MRA についても合わせて検討を行った。

方法および対象

使用機種は、Siemens Magnetom SP 1.5 T である。MRA は、すべて time-of-flight (以下 TOF) 法による。

1. ヘッドコイルを用いる方法

CP (circularly polarized) ヘッドコイルを用いた。これは送受信型のコイルであり、従来の LP (linearly polarized) コイルに比べ、円筒部の径が小さい。このため、被検者の頸部が十分入るように深くポジショニングをすることが重要である。頸部血管を含む矢状断を得、これをカバーするような 5 cm 厚の coronal slab を設定した。撮像条件は、以下のように行った。頭頂部に 50 mm の presaturation slab を置き、静脈血流成分を抑制した。撮像系列は、3D-FISP (fast imaging with steady precession), flip angle 20 度, TR 35 msec, TE 7 msec, FOV (field of view) = 200 mm, matrix 192×256, 32 partitions/slab であった。検査時間は、3 分 37 秒であった。maximum intensity projection (MIP) 処理を行い、コンソール上で回転表示あるいはフィルム上で立体視して観察する。また、必要に応じて MIP 処理前の画像も検討する。

対象は、1992 年 7 月から 1993 年 6 月までに頸部 MRA を行った連続の 500 例である。平均年齢は、57 歳であり、男女比はほぼ 1 : 1 であった。症例には、脳ドックをはじめとするスクリーニング目的の症例から、意識障害例などの検査条件の劣悪なものも含まれている。得られた画像を検討し、血管の信号強度が総頸動脈分岐部の近位側および遠位側で差がなく、かつ椎骨動脈が第一頸椎部のループを除き、良好に描出されているものを評価可能例とした。

2. ネックコイルを用いる方法

通常の Helmholtz 型ネックコイルを用いた。頭蓋底部に 5 cm 幅の presaturation band を置く。2D (2 dimensional) -TOF と 3D-TOF の両者を行う。3D-TOF 法は、3D-FISP, flip angle 20 度, TR 35 msec, TE 7 sec, FOV = 200 mm, matrix 192×256, 32 partitions/slab で行った。2D-TOF の場合は、flip angle 20 度, TR 45 msec, TE 10 msec, FOV = 250 (200) mm, 1.5 mm slice, matrix 192×256 の条件で行った。MIP 処理を行って観察し、必要な場合は処理前の画像も検討した。slab 設定は、頸動脈分岐部の評価には、心臓、胸部大動脈の血流を避けた

oblique sagittal slab¹⁰⁾ を用い左右の血管を別個に検査し、頸部血管起始部の評価には、transverse slab を用い両側の総頸動脈、椎骨動脈起始部を評価した。

対象は、ヘッドコイルによる MRA にて、頸動脈分岐部の評価ができなかった 10 例、頸動脈の狭窄あるいは閉塞が疑われた 8 例、椎骨動脈起始部の狭窄が疑われた 2 例、健常者 10 例の、計 30 例である。平均年齢は 55 歳、男女比は 2 : 1 であった。

結 果

1. ヘッドコイルを用いた検査

総頸動脈分岐部より頭側の、両総頸動および両椎骨動脈の 4 血管がすべて評価可能であった症例は、500 例中 458 例 (91.6%) であった (Fig. 1)。頸部血管病変としては動脈硬化による蛇行 38 例、IC occlusion 7 例、IC stenosis (50% 以上狭窄) 11 例が検出された (Fig. 2)。評価不能であった原因は、体型とコイルの不適合が 20 例 (47.6%) (Fig. 3)、体動による artifact 10 例 (23.8%)、動脈の蛇行による slab からの逸脱 5 例 (5 例いずれもが左内頸動脈の後方への蛇行であった)、分岐部が低位と思われた 2 例である。

2. ネックコイルを用いた検査

内頸動脈閉塞 3 例、狭窄 (50% 以上) を 2 例に認めた (Fig. 4)。動脈起始部の描出は、oblique sagittal slab, transverse slab とともに良好であった (Fig. 5)。3D-TOF では健常者 10 例中 3 例で、complex flow によると思われる carotid bulb の描出不良を認め、2D-TOF との併用が必要であった。この現象は、内頸動脈が分岐後後方に蛇行している症例で顕著であった (Fig. 6)。閉塞病変や高度狭窄病変の症例では、3D-TOF MRA では、総頸動脈の信号低下、狭窄部の信号欠損が顕著にみられ、2D-TOF を主体として評価を行う必要があった (Fig. 7)。

以上のような問題はありますが、施行した 30 例いずれも、総頸動脈分岐部、各動脈起始部の描出はおおむね良好であり、評価可能であった。

考 察

頸部血管の MRI での評価については、大別してヘッドコイルを用いる方法と、ネックコイルを用いる方法とがある。ヘッドコイルを用いる方法は、通常の SE 像の撮像に前後して、コイルを変更するという必要がなく、MR unit の占有時間が短縮できるという点でよりスクリーニング検査に適している。しかし、本来、検査範囲とする領域外に近いところに総頸動脈の分岐部が位置するため、ある程度の信号低下を考慮する必要がある²⁾。また、大動脈に近い

Fig. 1 Routine maximum intensity projections (MIPs) of carotid and vertebral arteries from 3D-TOF MRA using head coil. Bilateral carotid bifurcations are well depicted. The vertebral arteries are successfully visualized.

Fig. 2 Left internal carotid stenosis (*arrow*). 3D-TOF MRA. Head coil.

Fig. 3 Failed head coil examination. 3D-TOF MRA. Bilateral carotid bifurcations are low in the neck. They are out of homogeneous volume of head coil.

Fig. 4 Left internal carotid artery stenosis. 3D-TOF MRA. Neck coil. *Top*: The MIP images reveal stenosis of the left carotid artery. *Bottom*: The single partitions show atheromatous plaques (arrow heads).

起始部領域は検査できない。ネックコイルを用いる方法は領域として頸部血管の評価に適しているが、頭蓋内のSE像やMRAの撮像と同時に施行しにくい。臨床症状や、先行するX線CT、MRIで内頸動脈、椎骨動脈起始部を含めた頸部血管病変が強く疑われる例でヘッドコイルでの評価が十分できなかった例に適応となり、スクリーニング検査でのルーチンとしては施行していない。いずれのコイルでの検討でも、TOF-MRAの画像データ収集、後処理(MIP)に伴うアーチファクトを十分に考慮に入れた読影をしなければならないことは言うまでもない⁹⁾¹¹⁾。

Fig. 5 Normal common carotid artery. 3D-TOF MRA. Neck coil. The carotid bifurcations and the origins of the common carotid and the vertebral arteries are depicted.

1. ヘッドコイルを用いた検査

当科で行っているヘッドコイルを用いる頸部血管病変のスクリーニングは、5 cm slabを用いる acquisition time が3分37秒という、非常に短い検査である。このため、この検査を追加しても検査時間の延長は少なく、スクリーニングに適している。診断能力であるが、91.6%がこの検査のみで診断可能であり、有効な検査であると思われる。ヘッドコイルはコイルの性質上、総頸動脈分岐部より心臓側の評価はできないが、病変の存在頻度からみて妥当であろう。体型とコイルの不適合例および総頸動脈分岐部低位例は、ネックコイルで再評価が必要であったが、体動アーチファクト、slabからの逸脱例は、ヘッドコイルの再検のみで解決可能であった。すなわち、スクリーニング目的では現状のヘッドコイルによるMRAで十分であると考えられる。

2. ネックコイルを用いた検査

最初からネックコイルのみを適応とする症例は少なく、ヘッドコイルによる検査である程度の診断がなされている例がほとんどであった。検査能力としては、おおむね満足のできるものである。3D-TOFと2D-TOFを両方施行するのは、互いの短所を補うためである²⁾。3D-TOFの場合空間分解能は良いが、乱流の影響を受けやすい。このため内頸動脈分岐部の carotid bulb の乱流¹⁴⁾により、この部の

Fig. 6 Top: 3D-TOF images failed to delineate the edge of the lumen of the carotid bulb (arrow). Bottom: 2D-TOF images show good opacification of the vessel lumen.

信号が不均一となる。このことは、検査部位に流入する血流の saturation effect と、CP ヘッドコイルに比しての S/N 低下により強調される。また、遅い血流の検出に劣り、狭窄を閉塞と診断する率が高くなると考えられる。これは、シネモードで観察したり²⁰⁾、Gd-DTPA 投与(通常より低濃度を用いる)によりある程度改善される。この 3D-TOF の欠点を補うため、2D-TOF を併用し両者を比較検討する必要がある。2D-TOF は、マルチスライスによる撮像となるため、空間分解能は劣るが、スライス毎の TOF 効果は保たれるため、slow flow が描出しやすい⁹⁾。

3D-TOF では、空間分解能の良さを利用して、MIP 処理前の画像で血管壁の atheromatous plaque の検出も可能である²⁾。

slab 設定に際しては、受信専用であるネックコイルの

Fig. 7 Top: 2D-TOF images show signal void in the left carotid bulb (arrow heads). Bottom: Xray angiography reveal only 60% stenosis (arrow heads).

特性を考慮する必要がある。すなわち、血流の saturation effect を小さくし、血流の流入効果を強くするため、心臓および大動脈を避けるような slab 設定が必要となる。我々は oblique slab を採用している¹⁰⁾。現在では、頭頸部 MRA 専用の送受信型コイルが入手できるようになり、頸部血管起始部から頭蓋内まで同時に検査可能となっている。特に、頸部血管の画質の向上が期待される²⁾。

現在の頸部血管の画像診断法の中で MRA が果たす役割は、最終診断のためではなく、スクリーニング目的が大勢と思われる。これは、主として MRA が狭窄病変の程度の評価が正確にできない、すなわち、severe stenosis と complete occlusion の鑑別ができないという弱点があるためと思われる³⁾⁷⁾⁸⁾。特に MRA にて signal void を示すような高度狭窄病変をどの程度まで正確に評価できるかが論議の対象になる。signal void を示す場合、その長さは流速と atheromatous plaque の長さにより決定される⁷⁾。す

なわち, peak systolic velocity が増加すると signal void が長くなる. また, atheromatous plaque が長く, 狭窄の程度が強くなると signal void が延長する. このため, MIP 処理前の画像を子細に検討することは, 常に必要である.

MRA については, おおむね X 線血管造影と比較しての sensitivity, specificity に満足すべき数値はでており^{4) 6) 11) 12)}, MIP 処理に伴うアーチファクトなどに注意すればかなり正確な評価ができると考えられる. このようなことから, 一部の施設では MRA が通常の脳血管造影の代用として, 血栓内膜剝離術の術前検査に用いられている^{16) 17)}.

今回の検討でも, ヘッドコイルおよびネックコイルを用いた頸部血管の MRA は, スクリーニング目的には十分使用可能であった. 現行の MR 装置のままでも, 検査時間の延長を気にしなければ, TR を調整したり, マトリックスを増やしたり, slab の位置を調節したりして画質の向上を計ることは可能である. しかし, 血栓内膜剝離術の手術適応とされる X 線脳血管造影での 70% から 99% 狭窄¹⁵⁾の正確な評価は TOF-MRA では原理的に困難な点があるため, 将来, TE をさらに短縮したり, 空間分解能が改善されないかぎり, 即座に X 線脳血管造影の代用とすることはできないだろう.

MRA がスクリーニング検査として常に二次的な検査としての脳血管造影を必要とするのであれば, それは不必要な検査ということになる. 非侵襲的に脳血管の画像情報を得るという最大の利点を生かすためにも, 今後, さらに画質, 診断の質の向上を目指さねばならない.むしろ, 脳血管造影の代用としてでなく MRA 独自の診断基準が確立されていくかもしれない¹⁸⁾.

謝 辞

稿を終えるにあたり, 検査を担当していただいた厚南セントヒル病院 MRI 室上野由美子さん, 下田総美さん, 吉田万寿子さんの三氏に深謝いたします.

文 献

- 1) Anderson C, Saloner D, Tsuruda J, *et al*: Artifacts in maximum intensity-projection display of MR angiograms. *AJR* **154**: 623-629, 1990
- 2) Anderson CM, Saloner D, Lee RE, *et al*: Assessment of carotid artery stenosis by MR angiography: Comparison with x-ray angiography and color-coded Doppler ultrasound. *AJNR* **13**: 989-1003, 1992
- 3) Buijs PC, Klop RB, Eikelboom BC, *et al*: Carotid bifurcation imaging: Magnetic resonance angiography compared to conventional angiography and Doppler ultrasound. *Eur J Vasc Surg* **7**: 245-251, 1993
- 4) Chiesa R, Melissano G, Castellano R, *et al*: Three dimensional time-of-flight magnetic resonance angiography in carotid artery surgery: A comparison with digital subtraction angiography. *Eur J Vasc Surg* **7**: 171-176, 1993
- 5) Furst H, Hartl WH, Jansen I, *et al*: Color-flow Doppler sonography in the identification of ulcerative plaques in patients with high-grade carotid artery stenosis. *AJNR* **13**: 1581-1587, 1992
- 6) Heiserman JE, Drayer BP, Fram EK, *et al*: Carotid artery stenosis: Clinical efficacy of two-dimensional time-of-flight MR angiography. *Radiology* **182**: 761-768, 1992
- 7) Huston J, Lewis BD, Wiebers DO, *et al*: Carotid artery: Prospective blinded comparison of two-dimensional time-of-flight MR angiography with conventional angiography and duplex US. *Radiology* **186**: 339-344, 1993
- 8) Kido DK, Barsotti JB, Rice LZ, *et al*: Evaluation of the carotid artery bifurcation: Comparison of magnetic resonance angiography and digital subtraction arch aortography. *Neuroradiology* **33**: 48-51, 1991
- 9) Laster JR, Acker JD, Halford HH III, *et al*: Assessment of MR angiography versus arteriography for evaluation of cervical carotid bifurcation disease. *AJNR* **14**: 681-688, 1993
- 10) Li W, Kramer J, Kleefield J, *et al*: MR Angiography of the extracranial carotid arteries using a two-slab oblique 3-D acquisition. *AJNR* **13**: 1423-1428, 1992
- 11) Litt A, Eidelman E, Pinto R, *et al*: Diagnosis of carotid artery stenosis: Comparison of 2DFT time-of-flight MR angiography with contrast angiography in 50 patients. *AJR* **12**: 149-154, 1991
- 12) Masaryk A, Ross J, DiCello M: 3DFT MR angiography of the carotid bifurcation: Potential limitations as a screening examination. *Radiology* **179**: 797-804, 1991
- 13) Masaryk TJ, Modic MT, Ruggieri PM, *et al*: Three-dimensional (volume) gradient-echo imaging of the carotid bifurcation: Preliminary clinical experience. *Radiology* **171**: 801-806, 1989
- 14) Motomiya M, Karino T: Flow patterns in the human carotid artery bifurcation. *Stroke* **15**: 50-56, 1984
- 15) North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators: Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. *N Engl J Med* **325**: 445-453, 1991
- 16) Polak JF, Bajakian RL, O'Leary DH, *et al*: Detection of internal carotid artery stenosis: Comparison of MR angiography, color Doppler sonography, and arteriography. *Radiology* **182**: 35-40, 1992
- 17) Polak JF, Kalina P, Donaldson MC, *et al*: Carotid endarterectomy: Preoperative evaluation of candidates with combined Doppler sonography and MR angiography. Work in progress [see comments]. *Radiology* **186**: 333-338, 1993
- 18) Sitzler M, Furst G, Fischer H, *et al*: Between-method correlation in quantifying internal carotid stenosis. *Stroke* **24**: 1513-1518, 1993
- 19) Tsuruda J, Saloner D, Norman D: Artifacts associated with MR nuroangiography. *AJNR* **13**: 1411-1422, 1992
- 20) Yamane K, Shima T, Okada Y, *et al*: Hemodynamic study on flow patterns in the carotid bifurcation before and after carotid endoarterectomy using cine magnetic resonance imaging. *Neurol Med Chir (Tokyo)* **33**: 753-757, 1993