

Elliptical centric view orderingを用いた頸部造影MRAにおける 撮像タイミングと画像コントラストの検討

齋藤 陽子^{*1} 佐々木泰輔^{*2} 板橋 陽子^{*2} 三浦 弘行^{*2} 野田 浩^{*2}
淀野 啓^{*3} 棟方 護^{*4} 福井 康三^{*4} 福田 幾夫^{*4}

要 旨：頸部造影MRA撮像において，Elliptical centric view orderingを併用した高分解能撮像を施行し，その有用性や問題点について検討した。造影剤注入開始から撮像開始までの時間の決定は非常に重要であり，その決定には慎重を期す必要があったが，本法では撮像時間が44秒と比較的長いにもかかわらず静脈の描出は軽度で良好な動脈像が得られ，臨床的に有用な方法であると考えられた。(J. Jpn. Coll. Angiol., 2003, 43: 289-292)

Key words: MRA, enhanced-MRA, Neck, elliptical centric view ordering

序 言

造影MRAの臨床応用は広まりつつあるが頸部は他の領域に比べ静脈が早期に造影されるため，いかに動静脈を分離するかすなわち静脈の造影を抑制した動脈像を得るかが課題であった。今回われわれは頸部の造影において空間分解能を低下させることなく動脈のコントラストを高めることを目的として，elliptical centric view ordering¹⁾によるk-space上のordering変更を用いた造影MRA撮像を行い，撮像タイミングと動静脈のコントラストやartifactについて検討したので報告する。

対象と方法

1. 対象

対象は，2000年7月から2002年4月までの間に頸部造影MRAを施行された123例で，男性85例，女性38例，年齢は31～78(平均：65.2)歳，検査適応は，開心術前スクリーニング92例，脳梗塞やめまいなどの頸動脈病変疑い31例であった。撮像タイミングの決定方法はソフトウェアを用いたトリガーであるSmartPrep(GE/YMS社)²⁾14例，テスト注入法109例である。

2. 方法

造影MRAは1.5T超伝導装置(GE社製，Signa MRi CV / NV)を用いて行った。コイルはneurovascular array coilを使用した。冠状断の三次元データ収集を行ったが，撮像パラメータは以下の通りである。fSPGR(TR/TE/FA=4.2/1.1/20°)，FOV=30×30cm，データ収集マトリクス=320×256，slice厚=2 mm，slab厚72mm，ZIP=4，データ収集時間=44秒。撮像は造影剤注入前後で行いサブトラクション処理を行った後，Maximum Intensity Projection(MIP)処理を施行してMRA画像を得た(Fig. 1)。

造影剤注入は右肘部または前腕の表在静脈から自動注入器を使用して行い，投与量は0.2ml/Kg，注入速度は2 ml/secで，その後直ちに生理的食塩水20mlでフラッシュを行った。造影剤注入開始から撮像開始までの時間(撮像delay)の決定方法には，1)ソフトウェアを用いたトリガリングであるSmartPrep，2)少量の造影剤注入で動脈の造影されるタイミングを確認して撮像delay時間を決定するテスト注入法の2法を用いた。SmartPrepは動脈に関心領域を設定して信号強度を測定し造影剤到達によって動脈内の信号強度が閾値を越えると自動的にMRAの撮像が開始されるものである²⁾。われわれが行ったテスト注入法は，1 mlの造影剤注入後25mlの生理食塩水でフラッシュを(注入速度 2 ml/sec)行い，注入開始と同時に頸動脈の走行に一致させた斜位冠状断像でi-driveというリアルタイムイメージングを開始して頸動脈の造影ピークの時間を確認するもので，十

^{*1} 弘前大学医学部保健学科放射線技術科学専攻

^{*2} 弘前大学医学部附属病院放射線科

^{*3} 鳴海病院放射線科

^{*4} 弘前大学医学部第一外科

2003年3月3日受付 2003年7月25日受理



Figure 1 Contrast-enhanced MR angiography of the neck with good arterial contrast.



Figure 2 Contrast-enhanced MR angiography of the neck with poor arterial contrast.

分動脈内の造影効果が高まった時間を造影MRAの撮像delay時間とした。装置導入当初は、1)のSmartPrepを用いていたが、誤作動による再検を3例で経験し、かつ末梢の動脈の描出が十分でない症例も経験したので、2000年9月からはSmartPrepを使用せずテスト注入法を利用した。1)SmartPrep利用群：14例、2)テスト注入法：109例である。それぞれの群で造影剤注入開始から撮像開始までの時間や画像のコントラストについて検討した。

得られたMRA画像上で、動脈のコントラストを、1)良好、2)不良、3)失敗(要再検)の3段階に分類評価し(Fig. 1, 2)、静脈の描出は、1)描出なし、2)頭蓋底部までの静脈の描出あり、3)内頸静脈の下方まで描出ありの3段階に分類し評価した(Fig. 3)。

結 果

撮像開始時間が不適切で動脈像が得られず再検となった3例を除いて撮像delay時間の検討を行なった。撮像delay時間の分布は3~31秒と幅が広く、平均19.2秒、標準偏差3.9秒、最頻値21秒で、分布に正規性は見られなかった。

SmartPrep利用群14例中3例(21%)で誤作動のため動脈像が得られず、再検となった。再検時にはテスト注入法で行い3例ともに良好なMRA像が得られた。テスト注入群では要再検となった失敗例はなかった。動脈の描出状態の検討では、動脈の描出が良好、不良、が

それぞれSmartPrep群(14例)では7例(50%)、4例(29%)、テスト注入法(109例)では105例(96%)、4例(4%)であった。paradoxical enhancement artifactはテスト注入法群の1例で認められた。静脈の描出は、描出なし、頭蓋底部まで、内頸静脈ほぼ全域がそれぞれSmartPrep群では9例(82%)、2例(18%)、(0%)、テスト注入法では27例(25%)、55例(50%)、27例(25%)であった(Table)。なお、テスト注入法では静脈の描出割合が高かったが、静脈は淡く読影の妨げにならないようなものが多く、MIP像で動静脈の分離困難例は心不全や大動脈弁輪部拡張症の3例のみであった。

考 案

頸部MRAは脳梗塞などの脳血管障害や椎骨脳底動脈血流不全などの場合のみならず、開心術前のスクリーニングとしても広く行われるようになってきている。MRAの撮像方法には非造影TOF法や造影MRAなどがあるが、TOF法では屈曲蛇行する血管の信号低下が起こるので頸部血管の評価には問題となることが多い。造影MRAでは蛇行する血管は良く描出されるが、内頸静脈が造影されないうちに撮像を終了するように撮像時間の短縮を図ると空間分解能を低下させる必要が生じるので、細血管の描出は十分でなく狭窄程度の評価にも問題があると考えられた。そこで、elliptical centric view orderingを用いて空間分解能を低下させることなく動脈のコントラストが良好な造影MRAの撮像を試み

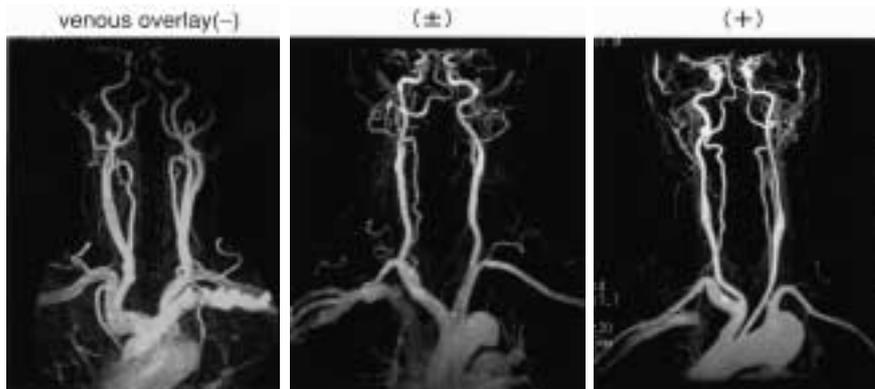


Figure 3 The degree of the overlay of veins in CE-MRA of the neck.

- : No venous overlay
 ± : Venous overlay only in the intracranial region
 + : Venous overlay in the neck

Table 動脈・静脈の描出状態

	SmartPrep	テスト注入法
動脈の描出：		
良好	7/14(50%)	105/109(96%)
不良	4/14(29%)	4/109(4%)
失敗	3/14(21%)	0
静脈の描出：		
なし	9/11(82%)	27/109(25%)
頭蓋底部	2/11(18%)	55/109(50%)
頸部全体	0	27/109(25%)

た。elliptical centric view orderingとは三次元データ収集において立体的にk-spaceの中心からデータを充填する手法¹⁾で、この方法を用いると画像のコントラストは全データ収集時間中の最初の11%に収集されたデータに依存(通常は50%のデータに依存)するとされている(GE社内資料による)。したがって、撮像時間が数十秒であっても動脈の造影効果が良好な時相に撮像を開始し静脈が描出されるまでの数秒間にコントラストに寄与するデータ収集が完了すると撮像時間が長くても良好な動脈コントラストが得られると考えられる。

ただし、elliptical centric view orderingを使用した場合には撮像タイミングが適切でないとparadoxical enhancement³⁾やringing artifact⁴⁾が生じることも知られており留意が必要である。SmartPrepは非常に簡便な方法で高い成功率も報告⁵⁾されているが、信号強度のみのモニタリングであり血管の閉塞部では無効であるなどの問題点があり、テスト注入法やリアルタイムで動脈

の造影効果を確認して直ちに造影MRAの撮像に切り替えが可能であるfluoroscopic triggeringに比べ確実性が低いと考えられる。われわれの検討では症例数に偏りがあるものの、テスト注入群とSmartPrep群とで動脈の描出状態に有意差が見られた($p < 0.03$)。

今回の検討ではテスト注入群の方がSmartPrep群よりも静脈の描出割合が高い結果となったが、これはringing artifactやparadoxical enhancement artifactの出現を避けるために動脈の造影効果が十分高まった時点を撮像delay時間に設定したためと考えられる。このような場合も静脈の描出は淡く通常読影の妨げにはならなかったので、artifactの出現や末梢動脈の描出不良と比較すると臨床的には有用であると考えている。

paradoxical enhancementは大動脈や総頸動脈などの比較的径の太い血管のコントラストが低いにもかかわらず、椎骨動脈や内頸動脈などのやや細い動脈のコントラストが良好であるという現象で、撮像タイミングが早すぎた場合、すなわち動脈のコントラストがまだ十分でない時期に撮像を開始した場合に生じると考えられている。その理由はk-spaceの中心のデータはコントラストと大まかな形に関与し、k-spaceの辺縁のデータは画像の細部の情報を有するので、撮像タイミングが早すぎて動脈のコントラストが十分でないうちに撮像を開始した場合には大血管のコントラストが不良である一方、細部の情報を反映するk-spaceの辺縁のデータ収集時には動脈の造影効果が良好となり細血管の描出が良好になるためと解釈されている。したがって、このような現象を避けるためには造影剤濃度が十分高まった時期に撮像を開始すべきなので、われわれはテ

スト注入法で動脈の造影効果がピークに達した時間に合わせて造影MRA撮像を開始している。今回の検討症例では1例でparadoxical enhancement artifactが見られた(Fig. 2)が、初期の症例で後に再検討したところ撮像開始が1~2秒早すぎたと考えられた。このような観点からもelliptical centric view orderingを用いた場合には、簡便ではあるが誤作動やartifactを来す可能性があるSmartPrepよりも動脈の造影効果は十分に高まった時点判定できるテスト注入法の方がより望ましいと考えられた。ただ手技が多少煩雑であるので、簡便かつ確実な方法であるfluoroscopic triggeringの早期導入が望まれる。

開心術前などのスクリーニングとして本法を施行した症例では、動脈閉塞や高度狭窄がある例ではoff-pumpで手術を施行するなど、本検査の結果が治療計画に反映されているが、臨床的有用性については今後検討したい。

結 論

頸部の造影MRAにおいてelliptical centric view orderingを併用高分解能撮像法で良好な頸部の動脈像が得られた。ただし静脈のオーバーラップやartifactを避けるためには撮像タイミングを慎重に決定する必要がある

り、テスト注入法で撮像delayを決定するのが望ましいと考えられた。

文 献

- 1) William AH, Riederer SJ, Houston J et al: Arterial phase carotid and vertebral artery imaging in 3D contrast-enhanced MR angiography by combining fluoroscopic triggering with an elliptical centric acquisition order. *Mag Reson Med*, 1998, **40**: 24-35.
- 2) Prince MR, Chenevert TL, Foo TK et al: Contrast-enhanced abdominal MR angiography: Optimization of imaging delay time by automating the detection of contrast material arrival in the aorta. *Radiology*, 1997, **203**: 109-114.
- 3) 高橋光幸, 高原太郎, 栗原泰之他: Elliptical centric view orderingを用いた頸部造影MRA - paradoxical enhancement artifactの実験的検討 - . *日磁医誌*, 2000, **20(S)**: 145 .
- 4) Watts R, Wang Y, Redd B et al: Recessed elliptical-centric view ordering for contrast-enhanced 3D MR angiography of carotid arteries. *Mag Reson Med*, 2002, **48**: 419-424.
- 5) Isoda H, Takehara Y, Isogai S et al: Technique for arterial-phase contrast-enhanced three-dimensional MR angiography of the carotid and vertebral arteries. *AJNR*. 1998, **19**: 1241-1244

Contrast-enhanced MR Angiography of the Neck with Elliptical Centric View Ordering: Evaluation of the Imaging Delay Time and Image Contrast.

Yoko Saito^{*1}, Taisuke Sasaki^{*2}, Yoko Itabashi^{*2}, Hiroyuki Miura^{*2}, Hiroshi Noda^{*2}, Hiraku Yodono^{*3}, Mamoru Munakata^{*4}, Kozo Fukui^{*4} and Ikuo Fukuda^{*4}

^{*1} Department of Radiological Technology, School of Health Science, Hirosaki University

^{*2} Department of Radiology, Hirosaki University Hospital

^{*3} Department of Radiology, Narumi Hospital

^{*4} First Department of Surgery, Hirosaki University School of Medicine

Key words: MRA, enhanced-MRA, Neck, Elliptical centric view ordering

In contrast-enhanced MRA, one of the most important and crucial factors is the determination of imaging delay time especially when an elliptical centric view ordering technique is used. With use of triggering software such as SmartPrep, arterial enhancement on MRA was sometimes not good enough, and in 3 cases, arteries were not visible. Therefore, we now use a test injection method. This technique is more reliable and useful. In CE-MRA of the neck, combination of the test injection and the elliptical centric view ordering technique enabled the high-resolution neck MRA with minimal venous overlap. Those obtained images were very good and can be highly useful in clinical settings.

(*J. Jpn. Coll. Angiol.*, 2003, **43**: 289-292)