

オープンMRIにおける造影MRAの有用性

Evaluation of contrast-enhanced 3D MRA using open MRI

五味 達哉 ¹⁾	Tatsuya Gomi	桑島 章 ¹⁾	Akira Kuwajima
山口 晶 ¹⁾	Akira Yamaguchi	平松 慶博 ¹⁾	Yoshihiro Hiramatsu
中畠 倫子 ¹⁾	Michiko Nakajima	原田 桐靖 ²⁾	Hisanobu Harada
角尾 美果 ¹⁾	Mika Tsunoo	角田 和代 ²⁾	Kazuyo Tsunoda
春日 美和 ¹⁾	Miwa Kasuga	阿部 貴之 ³⁾	Takayuki Abe
寺田 一志 ¹⁾	Hitoshi Terada	渡部 滋 ³⁾	Shigeru Watanabe
村上 省吾 ¹⁾	Shougo Murakami	石渡 美雪 ⁴⁾	Miyuki Ishiwata

¹⁾ 東邦大学医学部 第二放射線科

²⁾ 東邦大学医学部附属大橋病院 放射線部

³⁾ 株式会社日立メディコ 技術研究所

⁴⁾ 株式会社日立メディコ CT・MRI 営業本部

MRAの進歩により、短時間での造影3D MRAやテーブル移動MRAが施行されているが、これらを撮影できるのは限られた高磁場装置である。今回我々は、0.3TのMRI装置を用いて造影3D MRAを施行し、その有用性を検討した。下肢では造影剤を分割投与することにより、下肢全体の撮影も試み、腹部および下肢ともにほぼ良好なMRAを撮影することができた。今回の検討により、0.3T MRI装置でも診断に有用な造影MRA像が得られると考えられた。

Recent advances in MRA techniques have allowed contrast-enhanced 3D MRA and MRA with moving table to be performed in a short time. However, these techniques have been applied only with the limited high-field MRI.

We have performed contrast-enhanced 3D MRA by using the 0.3T MRI and evaluated its clinical usefulness. Also by injecting contrast agent in split volume into lower limb, an entire region of lower limb was imaged, and favorable results have been obtained both in abdominal and lower limb MRA. These studies have shown that even the 0.3T MRI system can provide MRA images useful for diagnosis.

Key Words: contrast enhanced MRA, open MRI

1. はじめに

MRA計測技術の急速な進歩により造影3D MRA¹⁾²⁾が盛んに施行されている。これは従来のMRAに比べ撮影の短時間化により、呼吸や体動によるアーチファクトの少ない画像を得ることができ、原理面からも血流の影響を受けずに血管内腔の描出が可能である。また最近では1回の造影剤の注入で広範囲の撮影ができるテーブル移動MRA³⁾が登場し、盛んに施行されるようになってきている。しかし、短時間での造影MRAの撮影やテーブル移動MRAは、おもに限られた高磁場装置でのみ可能であった。最近では0.5T装置でのテーブル移動MRA⁴⁾の報告も散見されるが、わずかである。今回我々は、広く普及している0.3TのMRI装置で、造影3D

MRAを撮影し、その有用性を検討した。また、下肢の造影3D MRAの一部の症例では、造影剤を分割投与することによる下肢全体の撮影も試みた。

2. 対象および方法

対象は下肢の動脈あるいは静脈に病変が疑われた症例および下大静脈に異常が疑われMRAの対象になった症例である。これらの症例のうち静脈に異常が疑われた症例では、診断に用いる静脈相に加えて造影早期の画像も取得し、動脈の描出能の評価を行った。

撮影では、まず位置決めのために高速 T2 強調画像の横断像を取得し、この横断像から MRA に最適な冠状断面を設定した。造影 3D MRA は RS-SARGE (TR 10-13ms、TE 3.2ms、flip angle 40-45 °、FOV 320-350mm、matrix 125-192 × 120-160、NEX 1、slice thickness 3.5-5.0mm、number of slice 30-40) で、撮影時間は 17-42 秒である。また phase ordering は sequential とし、脂肪抑制は行っていない。いずれも造影像から元画像の subtraction を行った後に、MIP 画像を作成した。

造影剤は、肘静脈より用手法にて急速注入した後に生理的食塩水 20ml でフラッシュした。下肢造影 3D MRA は目的に応じて1回の検査時間内に 1～3 部位を撮影した。2～3 部位を撮影する場合、造影剤は 20ml の造影剤を分割して使用した。すべての部位で造影剤注入後、2～3 フェイズの撮影を行い、造影剤の厳密な出現時間がわからなくても MRA が撮影できるように対処した。このためテストインジェクションは行っていない。

部位別に造影 3D MRA の撮影方法を下記に示す。

- ・1部位撮影：目的部位のみを撮影。造影剤量は10ml あるいは20ml 使用。
- ・2部位撮影：骨盤部および大腿部、あるいは大腿部および膝窩部を撮影。造影剤は各々 10ml ずつ使用。
- ・3部位撮影：骨盤部、大腿部および膝窩部を撮影。造影剤は骨盤部 6ml、大腿部 6ml、膝窩部 8ml 使用。

造影剤注入後、撮影開始までのおよその時間は骨盤部は 20 秒、大腿部は 25 秒、膝窩部は 30 秒とした。使用機種は AIRIS -II(日立メディコ社製 0.3T)である。



図1：55才 男性。下大静脈閉塞疑い
静脈造影の早期動脈相である。腹部の動脈の描出が明瞭である。

3.結果

今回は造影3D MRA と血管造影との対比は行っておらず、それぞれの動脈の描出能のみを検討した。動脈の評価では、ほぼ7割の症例で良好な造影3D MRA を撮影することができた。

1部位撮影および2部位撮影の場合、動脈の造影増強効果に問題は無く、大動脈、総肝動脈、上腸間膜動脈、腎動脈、総腸骨動脈、外腸骨動脈などの主要な動脈の良好なMRA 像が得られた(図1、図2)。3部位撮影の場合は、若干動脈の造影増強効果が低くみられたが、総腸骨動脈から膝窩動脈まで描出することができた(図3)。失敗例は設定時間よりも撮影開始が遅れてしまったもの、差分残余が生じたもの、膝窩部において撮影時間を長く取り過ぎたために、静脈が描出されたものであった。

4.考察

中低磁場装置を用いた造影MRA を評価するにあたり、高磁場装置と比較した際の長所・短所を考察した。まず長所としては、装置価格や維持費のメリットを背景に広範囲に普及した装置であるために検査が受けやすいこと、また、開放的な構造となっているために、患者へのアクセスが容易で造影手技が行いやすいことが挙げられる。これに対して短所としては、造影増強効果が低いことと脂肪抑制の併用が困難であることが考えられる。造影増強効果に関しては、特に3部位撮影時に膝窩部以下の領域で問題となる。この問題に対しては、膝窩部以下では造影剤の動脈内貯留時間が中枢側より長いということが、血管造影の経験からも判っているため、



図2：62才 女性。Buerger 病疑い
骨盤部の動脈の描出が明瞭である。

あえて撮影時間を長くして、S/N比を向上させることで克服できると考えられた。高磁場装置においても少量の造影剤を用いた分割撮影による描出の試みがなされている⁵⁾⁶⁾が、0.3T MRI装置でも造影剤の少量分割による多部位の撮影で良好なMRA像が得られたため⁷⁾、テーブル移動MRAが撮影できない場合の選択肢として、分割注入による分割撮影でも広範囲の撮影が可能と考えられた。



a



b



c

図3：73才 女性。ASO 疑い

3 部位撮影である。骨盤部(a)、大腿部(b)および膝部(c)の動脈の描出がほぼ明瞭である。

今回の評価における失敗例は、腸管が高信号として描出されたもの、動きにより差分残余が生じたものであった。これらは脂肪抑制撮影の適用により避けられる問題と考えられるが、中低磁場装置ではこうした撮影技術を適用できず障害となった。しかし、この問題に対しても、ブスコパンの使用や患者固定を確実に行うことで避けることができると考えられた。また腹部に関しては、造影前後の各撮影において同じ腹壁レベルでの息止めの指示を実施することで良好な画像が得られた。このように、今回の評価を通じて、懸念されたいくつかの問題点も克服できる目処が立ち、普及型0.3T MRI装置における造影3D MRAの現時点での適応部位も明確となった。

今後開発が期待されるのは、(1)k空間オーダリングの最適化、(2)Time Resolved計測の適用、(3)マルチアレイコイルとベッド自動送り機能によるマルチステーション撮影機能、である。第1の“k空間オーダリングの最適化”は頸部、胸部など静脈のリターンが早い部位において、画質を劣化させずに動静脈を分離描出するために必要である。一般に、動静脈を分離するためには撮影時間を短くすることが要求されるが、単にマトリクス数を落として撮影時間を短くしたのでは、高い空間分解能を必要とする頸部で临床上実用的な画像を得ることができない。これを解決するために、k空間データを有効に取得することで実効的に動静脈分離をする方法が提案されており、AIRIS-IIにおいても独自の方法が既に開発されている。今後評価したいと考えている。

上記部位では単に静脈へのリターンが問題となるだけでなく、ボース性を高めた Injection が実施されることにより、タイミングの厳密性が問われる。この厳密性により、タイミングを逃した場合の画質劣化は救いがたいものとなる懸念がある。これを緩和する手段が、第2の“Time Resolved 計測の適用”であり、高い時間分解能を有するダイナミック撮影を行うことで、Test Injection を不要とし、確実に動脈相を捉えることができる。また形態画像だけでは判らない動静脈の血行動態を捉えることも可能となる。このTime Resolved MRA 計測機能は、胸部領域では必須の機能と考えている。

第3の“マルチステーション撮影機能”は、上記分割注入による1部位当たりの造影剤量減少を解決するために強く求められる機能である。現在の装置では下肢全体をカバーするマルチアレイコイルを備えていないことと、ベッド自動送りを遠隔制御する機構がないために、今回は造影剤の分割注入による下肢全体の描出を試みたが、1回の造影剤注入により目的の範囲を全て画像化できれば、領域あたりの造影剤量を増すことができ、効果的な造影を行える。これを達成するためには上記コイルのスイッチングと同時にベッド送りを行い、連続的に複数領域を撮影する機能が強く求められる。現在この機能に対しても共に検討を加えており、間もなく実現できるものと期待している。

5. 結語

0.3T MRI 装置における造影 3D MRA の有用性を検討した。少ない造影剤および多部位の撮影を含め、診断に有用な画像が得られると考えられた。今後、k空間オーダリングの最適化やTime Resolved 計測機能の実現により一層の発展が期待される。

参考文献

- 1) Lossef SV, et al : Gadolinium enhanced magnitude contrast MR angiography of popliteal and tibial arteries. Radiology 184 : 349-355, 1992
- 2) Prince MR : Gadolinium-enhanced MR angiography. Radiology 191 : 155-164, 1994
- 3) Ho KYJAM, et al : Peripheral vascular tree stenosis : Evaluation with moving-bed infusion-tracking MR angiography. Radiology 206 : 683-692, 1998
- 4) 松村憲太郎、ほか：腹部大動脈、下肢動脈の3D造影 subtraction MR angiography の検討—0.5T 装置を用いたテーブル移動法の有用性—、日磁医誌 19 : 549-556, 1999
- 5) Rofsky NM, et al : Peripheral vascular disease evaluated with reduced-dose gadolinium-enhanced MR angiography. Radiology 205 : 163-169, 1997
- 6) Watanabe Y, et al : Dynamic subtraction MR angiography : First-pass imaging of the main arteries of the lower body. AJR 170 : 357-360, 1998
- 7) 五味達哉、ほか：0.3T MRI 装置における下肢造影 three-dimensional MR angiography. (now printing). 画像医学誌 19 : 2000