



Title	テーブル移動造影3D-MRAにおける造影剤3相注入法の試み
Author(s)	北, 美保; 三谷, 康幸; 谷畠, 博彦 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1999, 59(14), p. 888-890
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17116
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

テーブル移動造影3D-MRAにおける造影剤3相注入法の試み

北 美保¹⁾ 三谷 康幸¹⁾ 谷畠 博彦¹⁾
 佐藤 守男²⁾ 滝沢 修³⁾ Gerhard Laub⁴⁾

1)生長会府中病院放射線科 2)和歌山県立医科大学放射線医学教室 3)シーメンス旭 4)Siemens AG

Three-phase Gadolinium Infusion in Moving-table Three-dimensional MR Angiography

Miho Kita,¹⁾ Yasuyuki Mitani,¹⁾
 Hirohiko Tanihata,¹⁾ Morio Sato,²⁾
 Osamu Takizawa,³⁾ and Gerhard Laub⁴⁾

Moving-table three-dimensional (3D) MR angiography provides images of long segments of arteries. However, deep veins are sometimes superimposed on the arteries below the knee, and peripheral arteries sometimes fail to be visualized. We have developed an imaging method with three-phase gadolinium infusion according to the mean blood flow velocity of the leg. Nineteen patients with various blood flow velocities were studied. Eighteen of the patients had no venous superimposition. All 19 patients showed good configuration of peripheral arteries with 16–18 ml of gadolinium. This method is useful for better visualization of peripheral arteries without venous superimposition.

Research Code No.: 508.9

Key words: Magnetic resonance (MR), vascular studies; Magnetic resonance (MR), contrast enhancement; Arteries, extremities

Received June 29, 1999; revision accepted Sept. 16, 1999

- 1) Department of Radiology, Seichokai Fuchu Hospital
- 2) Department of Radiology, Wakayama Medical College
- 3) Siemens-Asahi Medical Technologies, Ltd.
- 4) Siemens Medical Systems, Inc.

はじめに

テーブル移動を併用した造影3D-MRAは、広範囲の動脈診断に利用されつつあるが、25~40mlの多量の造影剤を用いた報告が多く¹⁾⁻³⁾、患者の負担が大きく、深部静脈の重なりが目立つ場合もある^{2),3)}。しかし、造影剤を減量すると、下腿・足部の末梢動脈の描出が不良となる場合が少なくな⁴⁾。そこで、これらの問題点を解決するために、造影剤の注入と撮像のタイミングを合致させる方法を考案したので報告する。

対象および方法

対象は、閉塞性動脈疾患が疑われた19例(26~82歳、動脈硬化性18例、外傷性1例)である。使用機種は、シーメンス社製Symphony 1.5Tである。パルスシーケンスは、自動テーブル移動を組み合わせた3D-FLASHで、3 step(腹部~骨盤、大腿、下腿~足)を造影剤の投与前後に撮像し、subtraction MIPを行った。撮像条件は、TR = 6.2msec, TE = 2.3msec, flip angle = 30°, 実効スライス厚 = 2~4mm, slab = 96~128mm, スライス補間(+), FOV = 45cm, 撮像matrix = 145~210 × 256, k-space orderingはsequential, 1 step当たりの撮像時間TA = 18~20sec, 1 step当たりのテーブル移動距離L = 38cm, 1回のテーブル移動に要する時間Tm = 5secで、body coilを使用した。

1. 数式の考察

造影剤の注入は、Medrad社製MR injectorを用いた。造影剤の第1チャンネルおよび第2チャンネルの注入速度と注入量の設定をそれぞれ、 v_1 (ml/s), n_1 (ml), および v_2 (ml/s), n_2 (ml)とし、 v_1 (高速) ≥ v_2 (低速)とする。injectorの造影剤の設定は2チャンネルのみ可能であるが、後続する生理食塩水(10ml)のフラッシュの注入速度を再び v_1 (ml/s)とし、付属の延長チューブの容量a(4.6ml)を利用すると、実際に静脈内に注入されるのは3相となる。すなわち、第1相の注入速度と注入量は $v_1(n_1-a)$ 、第2相はそれぞれ v_2 , n_2 、第3相は v_1 , a となり、3相注入法が可能となる。こうして造影剤16~18ml(0.1~0.2mmol/kg)を、高(v_1)→低(v_2)→高(v_1)と

Table 1 Protocol of MRA imaging and gadolinium infusion according to mean blood flow velocity

v (cm/s)	TA (sec)	TD (sec)	Gd 1st phase		Gd 2nd phase		Gd 3rd phase	
			rate (ml/s)	dose (ml)	rate (ml/s)	dose (ml)	rate (ml/s)	dose (ml)
1	36	TD ₁ +6	2.0	5.4	2.0	8	2.0	4.6
2	20	TD ₁ +5	1.0	5.4	1.0	8	1.0	4.6
3	18	TD ₁ +2	1.0	5.4	0.5	8	1.0	4.6
4	18	TD ₁	1.0	5.4	0.4	7	1.0	4.6
5	18	TD ₁ -1	1.0	5.4	0.3	7	1.0	4.6
6	18	TD ₁ -2	1.0	5.4	0.3	8	1.0	4.6
7	18	TD ₁ -2	0.8	5.4	0.3	8	0.8	4.6
8	18	TD ₁ -2	0.8	5.4	0.2	6	0.8	4.6
9	18	TD ₁ -2	0.8	5.4	0.2	6	0.8	4.6
10	18	TD ₁ -3	0.8	5.4	0.2	7	0.8	4.6

V: mean blood flow velocity of the popliteal artery, TA: acquisition time per one step of MRA, TD: delay time from the start of gadolinium infusion to the start of MRA imaging, TD₁: delay time from the start of test injection to peak enhancement in the distal end of the abdominal aorta

注入速度を変化させる3相注入法で投与した。

まず造影剤の第1相による造影ピークが、第1step(腹部～骨盤)の撮像のk-space centerに一致するようになる。そのためには、造影剤2mlをv₁(ml/s)の速度でtest injectionし、注入開始から腹部大動脈末端(第1stepのFOV中心)の造影ピークまでの時間TD₁(sec)を症例ごとに実測する。テーブル移動造影MRAにおける造影剤の注入開始から撮像開始までの時間TD(sec)は、下記の数式①から求められる。

$$TD = TD_1 + (n_1 - a - 2)/v_1 + FOV/2V - TA/2 \quad ①$$

ここで、右辺の第2項は、test injectionと第1相との造影剤量の違いによるピーク時間のずれを補正したものである。なぜなら、腹部大動脈が造影され始めてから造影ピークに達するまでの時間は、われわれの経験やこれまでの文献^{5),6)}上の実測値から、造影剤の注入持続時間にはほぼ等しいかそれ以上であると考えられるからである。また、右辺の第3項は、FOVの遠位端まで十分造影するための補正である。これは、test injectionにおける造影ピークの評価が、第1stepのFOV遠位端である大腿動脈では困難で、FOV中心である腹部大動脈末端で行ったため、その間の距離FOV/2を造影剤が移動するのに要する時間である(Vは後述の膝窩動脈の平均血流速度で代用)。

次に、造影剤の第3相による造影ピークが、第3step(下腿～足)の撮像のk-space centerに一致するようになる。造影剤の平均移動速度が下肢の平均血流速度V(cm/s)(膝窩動脈の値で近似)に等しいと仮定すると、数式②が導かれ、1step当たりの撮像時間TA(sec)と造影剤の注入速度や注入量との関係が求められる。

$$n_2/v_2 + a/v_1 = 2TA + 2Tm - 2L/V \quad ②$$

なお、造影剤の第1相と第3相の量がほぼ等しくなるようにn₁は10mlとし、造影剤の総量がtest injectionの2mlを含めて20ml以下となるようにn₂は8ml以下とした。空間分解能を保持するためにTAは18秒以上とした。これらの条件すべ

てを満たすように数式①、②を解くと、TD、TA、v₁、v₂、n₁、n₂の値が膝窩動脈の平均血流速度ごとに求められる。その値を用いたプログラムの一部をTable 1に示す。

2. 臨床応用

まず症例ごとに、膝窩動脈の平均血流速度Vを心電図同期下にphase contrast法にて測定した。左右差がある場合は遅い方の値を採用した。Table 1よりVの値に応じて、造影剤の注入プログラムやTAの値を決定した。

次に、造影剤2mlを先に決定したv₁ ml/sの注入速度でtest injectionし、turbo FLASH法で腹部大動脈のsagittal像を1秒毎に撮像して、注入開始から腹部大動脈末端の造影ピークまでの時間TD₁を求めた。VとTD₁の値を用いて、Table 1よりTDを決定した。

以上のように、Vの値に応じたプログラムに従って造影剤の注入と撮像を行い、動脈の描出能や静脈の重なりの有無について検討した。

結 果

膝窩動脈の平均血流速度が2～9cm/secと種々の値を示した19例全例において、16～18mlの造影剤量で、腹部大動脈から下腿部の動脈のみならず、足部の動脈も良好に描出された(Fig. 1)。

深部静脈の重なりは、下腿部において、血流速度の速い1例に淡く認められたが、動脈とのコントラストは良好であった。その他の18例においては、深部静脈との重なりはみられず、下腿部の動脈の輪郭が鮮明に描出された。

考 察

テーブル移動造影3D-MRA^{1)～4)}は、広範囲の動脈を連続して撮像する手法であるが、撮像と造影剤到達のタイミングのずれが第3stepの下腿・足部で大きく現れることがある。これは、血流速度すなわち造影剤の到達速度⁶⁾の個人差が大

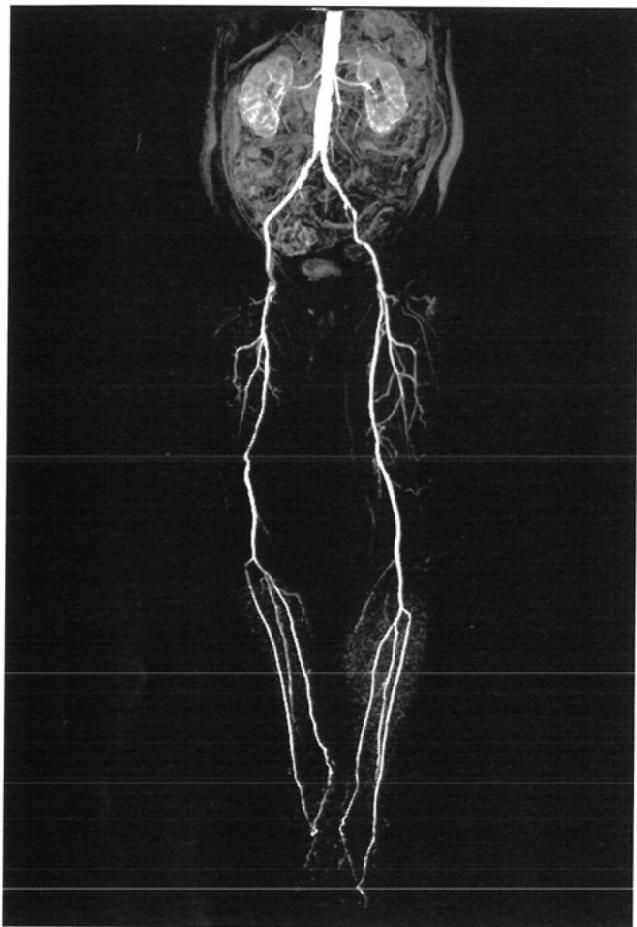


Fig. 1 A 62-year-old male patient with atherosclerotic disease. The mean blood flow velocity of the popliteal artery is 3 cm/s. TA: 18 sec, TD: 32 sec. The injection profile of three-phase gadolinium infusion in the cubital vein was as follows: (1) 1.0 ml/s, 5.4 ml, (2) 0.5 ml/s, 8.0 ml, (3) 1.0 ml/s, 4.6 ml. This image shows no venous superimposition and reveals good configuration of peripheral arteries in the lower legs and feet.

きいためと考えられる。

今回考案した、症例ごとの血流速度に合わせた3相注入法は、造影ピークが各stepの撮像領域の動脈に到達した時に撮像するよう工夫した方法である。第1相の高速注入により、まず高い動脈血中濃度を得る。次の第2相でそれを維持できる程度の低速注入に切り替えることにより、静脈への還流を抑制し、かつ造影剤の使用量を少量に抑えることができる。第3相で再び高速注入することにより、下腿・

足部の細い動脈の描出能の向上が得られる。

血流測定に数分、test injectionとその評価に数分を要するのが難点であるが、Table 1にinjectorのチャンネル設定値の一覧を付け加えた表を装置の横に掲示しておけば、その後のプログラム決定は直ちに行える。

本法により、少量の造影剤で、静脈の重なりを避けて、広範囲の動脈を末梢まで良好に描出することが可能と思われる。

文 献

- 1) Lee HM and Wang Y: Dynamic k-space filling for bolus chase 3D MR digital subtraction angiography. MRM 40: 99–104, 1998
- 2) Meaney JFM, Ridgway JP, Chakraverty S, et al: Stepping-table gadolinium-enhanced digital subtraction MR angiography of the aorta and lower extremity arteries: Preliminary experience. Radiology 211: 59–67, 1999
- 3) 林 宏光, 石原眞木子, 中原 圓, 他: Moving-table MR angiographyによる大血管・末梢血管病変の診断. 日磁医誌 18(suppl) : 182, 1998
- 4) 中島寛人, 南部敦史, 青木茂樹, 他: 3D撮像によるstepping MRDSA. 日磁医誌 18(suppl) : 183, 1998
- 5) Schoenberg SO, Bock M, Knopp MV, et al: Renal arteries: Optimization of three-dimensional gadolinium-enhanced MR angiography with bolus-timing-independent fast multiphase acquisition in a single breath hold. Radiology 211: 667–679, 1999
- 6) Wang Y, Lee HM, Avakian R, et al: Timing algorithm for bolus chase MR digital subtraction angiography. MRM 39: 691–696, 1998