

閉塞性動脈硬化症における下肢 MR-angiography

齋藤陽子, 竹川 鉦一, 淀野 啓, 佐々木泰輔,
西 直子, 及川茂夫

弘前大学医学部放射線科

はじめに

最近の MR-angiography (以下: MRA) の進歩はめざましく短時間で良好な画像が得られるようになってきており, 臨床応用も急速に進んでいる^{1)~8)}。我々も以前より 0.5T MRI 装置による下肢の閉塞性動脈疾患における MRA の研究を行い報告してきたが^{4)~6)}, その画像は決して満足出来るものではなく, 臨床応用には限界があった。しかし, 最近では, 1.5T MRI 装置の導入により比較的短時間で time of flight (以下: TOF) MRA が施行できるようになり症例の蓄積をしつつあるところである。そこで今回は, 下肢の閉塞性動脈疾患症例における 2D-TOF MRA の問題点・有用性について検討し, その臨床応用の可能性について考察したので報告する。

対象・方法

1) 対象

対象は当科に 1.5T MRI 装置が導入された 1990 年 6 月~92 年 3 月までの 22 カ月間に MRA が施行された閉塞性動脈硬化症 28 例で, のべ 71 回の MRA が施行された。男性 26 例,

女性 2 例で年齢は 55~81 (平均: 68.9) 歳であった。PTA (percutaneous transluminal angioplasty) や PTLA (percutaneous transluminal laser angioplasty) の治療前後に MRA が施行された例が多いが, その他の症例としてバイパス術後例も含まれている。

2) 撮像方法

使用装置は, GE 社 1.5T SIGNA で, MRA は短時間で広い範囲を検索できる time of flight MRA を施行した。

Pulse sequence は GRASS (TR=34, TE=13 ms, flip angle=30°) または SPGR (TR=35, TE=8.5 ms, flip angle=45°) で, FOV は 48cm, slice 厚は 4mm, 撮像マトリックスは rectangular FOV を用い 256×128 とし, NEX は 0.75 または 1 とした。スキャン時間は 1 スライス当り約 3.3~4.7 秒である。大動脈分岐直上から大腿動脈末梢までで約 7 分, 下腿中央まででも約 10 分で撮像できた。なお検査部位が骨盤部以下なので, 息止めはせず安静呼吸下に連続的に撮像を行った。また, スライス下方の presaturation を併用し動脈を強調した。Presaturation pulse はスライス面より少し gap をおいてかけた。

この様にして得られた axial 像から MIP 法で

キーワード MR angiography, angiography, lower extremities, ASO

3次元MRAを作成した。当初の53件は-90°~90°を5°毎に31枚の画像を作成していたが、その後の18件では10°毎19枚のMRAを得ている。これらの画像を回転投影し血管の走行を立体的に把握する助けとした。

3) 検討方法

MRAをconventional angiogramやDSAと比較検討し、以下の項目について検討した。なお、MRAとこれらの血管造影像とは全例で10日以内に施行されている。また、以下の項目を正確に血管造影像と比較するため、MRAの正面投影像で検討した。

a) 動脈の閉塞部や狭窄部の描出のされ方

血管造影像の病変のうち163の狭窄・閉塞部を選び、MRAではどの様に描出されているかを検討した。血管造影像と比較してほぼ同等に狭窄・閉塞部が描出されているものをadequate、過大評価されているものをoverestimate、過小評価されているものをunderestimateとした。また、血管の狭窄部や閉塞部が血管造影より長い範囲で見られるものもoverestimateとした。

b) 側副路などの細血管の描出能

深腸骨回旋動脈・外側大腿回旋動脈上行枝・同下降枝の3血管の描出能を検討した。起始部から3cm以上にわたり良く描出されているものをgood、同定可能なものをfair、同定困難なものをpoor、とした。

c) 術後の評価

血管形成術やバイパス術施行例では術後の血管内腔の変化について検討した。

結 果

1) 撮像方法について

GRASSとSPGRとでは、SPGRを用いたものの方がやや血管のコントラストが良い印象があったが、血管の描出能には大きな違いはなかった。また、回転投影による観察を行う際、31画像でも19画像でも血管走行の把握は十分に可能であった。

2) Conventional angiogramまたはDSAとの比較検討について

a) 動脈の閉塞部や狭窄部の描出のされ方

Angiogram上の狭窄・閉塞部がMRAではどの様に描出されているのかを検討した。狭窄率50%未満ではMRAで過小評価された例が多く、狭窄率50%以上、特に75%以上では過大評価された例が多かった (Table 1)。

b) 側副路などの細血管の描出能

次に細血管の描出の目安として深腸骨回旋動脈、外側大腿回旋動脈上行枝および下行枝の3本の動脈の描出能を検討した。good, fair, poorがそれぞれ深腸骨回旋動脈では、25.9, 33.3, 40.8%, 外側大腿回旋動脈上行枝では53.0, 44.1, 2.9%, 同下降枝では42.4, 45.5, 12.1%であった (Table 2)。Angiogram上径が2mm

Table 1. Estimation of the lesions on MRA depending on the degree of stenosis.
Number of lesions (%)
Total number=163

Lesions on MRA	Degree of stenosis on angiogram				Totals
	~49%	50~74%	75~99%	100%	
underestimate	59 (64.2)	10 (25.6)	3 (14.3)	0 (0)	72 (44.2)
adequate	20 (21.7)	10 (25.6)	5 (23.8)	9 (81.8)	44 (27.0)
overestimate	13 (14.1)	19 (48.8)	13 (61.9)	2 (18.2)	47 (28.8)
					(%)

1993年1月21日受理 1993年7月23日改訂
別刷請求先 〒036 青森県弘前市本町53 弘前大学病院放射線科 斎藤陽子

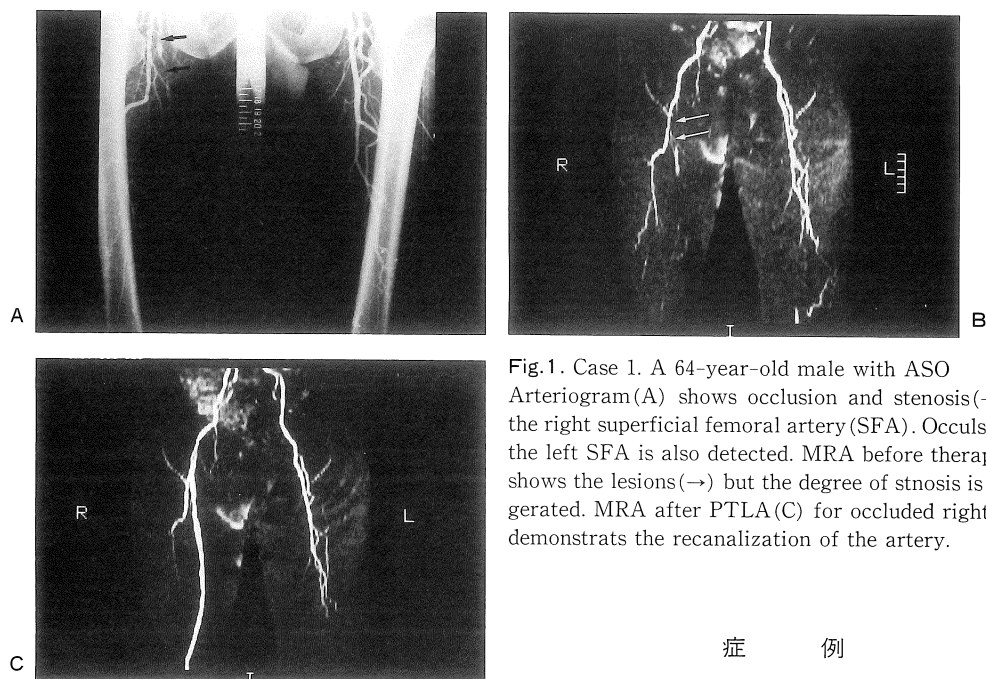


Fig.1. Case 1. A 64-year-old male with ASO Arteriogram(A) shows occlusion and stenosis(→) of the right superficial femoral artery (SFA). Occlusion of the left SFA is also detected. MRA before therapy (B) shows the lesions(→) but the degree of stenosis is exaggerated. MRA after PTLA (C) for occluded right SFA demonstrates the recanalization of the artery.

症 例

症例 1. 64 歳, 男性.

右大腿浅動脈の閉塞に対し PTLA を施行した例である。PTLA 前の MRA では動脈の閉塞部分が描出されており, PTLA 後の MRA では再開通が確認できた (Fig. 1)。なお左大腿浅動脈も起始部で閉塞しているが大腿深動脈の分枝が発達していて症状がないため治療は行っていない。

症例 2. 78 歳, 男性.

右大腿浅動脈の閉塞および左大腿浅動脈の狭窄例で, MRA では右側の閉塞部が血管造影像に比べ長めに描出された。左側の狭窄部も閉塞様に描出された (Fig. 2)。

症例 3. 66 歳, 男性.

左大腿浅動脈起始部の閉塞と膝窩動脈直上の末梢の狭窄例である。

通常の血管造影像では閉塞部の末梢では浅大腿動脈の描出は悪く, 閉塞や狭窄が疑われる。閉塞部の末梢に進めたカテーテルからの造影では大腿浅動脈内腔は比較的 smooth で軽度の狭窄のみであった。

MRA では閉塞部・狭窄部以外の大腿浅動脈は比較的 smooth で閉塞後の血管内腔の開通状態

Table 2. Detectability of small vessels on MRA

	good	fair	poor
Deep iliac circumflex a.	25.9	33.3	40.8
Ascending branches of lateral femoral circumflex a.	53.0	44.1	2.9
Descending branches of lateral femoral circumflex a.	42.4	45.5	12.1%

以上の血管では poor はなく, 細い血管の描出率が良くなかった。これらの描出能には側副路として発達している場合の血流の方向等も関与している可能性があるが, 細血管の描出能は十分とはいえなかった。

c) 術後の評価

バイパス術後例ではバイパスの開存状態がよく把握できた。吻合部の評価も可能であった。血管形成術後例では, 術前に比べ径の拡張を確認出来た。

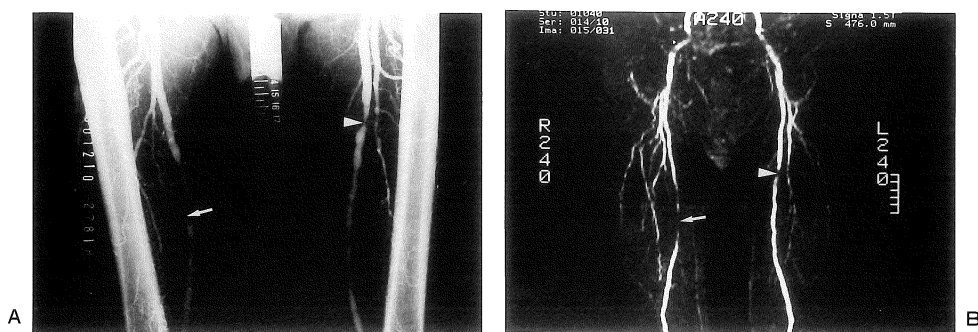


Fig.2. Case 2. A 78-year-old-male with ASO. Arteriogram(A) shows occlusion of right SFA (→) and severe stenosis(▼) of left SFA. On MRA (B) the length of occlusion(→) is longer than on angiogram. Stenosis of the left SFA is demonstrated as occlusion(▼).

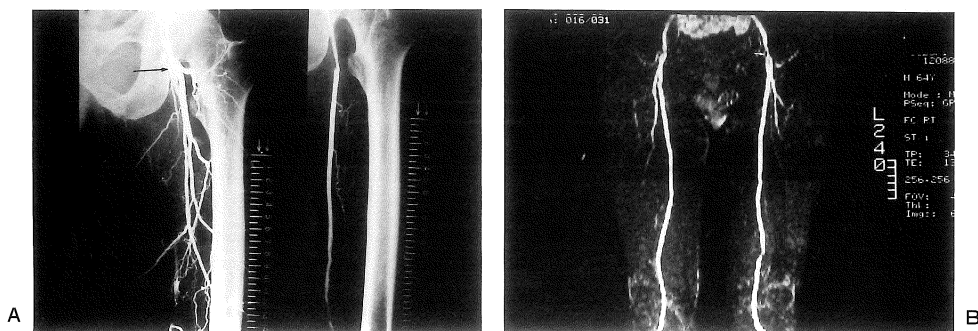


Fig.3. Case 3. A 66-year-old-male with ASO. Conventional arteriogram(A) shows occlusion of left SFA at the proximal portion(→). SFA distal to the occlusion is not clearly demonstrated. Contrast material injection(B) from the distal portion to what appeared to be occlusion reveals good patency of the left SFA. MRA(C) well demonstrated the stenotic lesion and patent left SFA.

を忠実に現わしていた (Fig. 3).

症例4. 58歳, 男性.

Aorto-bifemoral bypass, 左 F-P bypass 施行例で, graft の血流は良好であるが末梢の吻合部に閉塞が認められた。これらの所見は MRA でよく確認できた (Fig. 4).

考 察

MRA の臨床応用は広く行なわれてきているが, その方法には大別して phase contrast (PC) 法と TOF 法とがある⁸⁾. PC 法は良好な画像が得られるが, 動きによる画像の劣化が強く 3D 法で

は撮像時間が長いなどの欠点がある。3D-TOF 法では volume 内を走行する血管は信号低下をきたすため広い範囲の検索では multi slab とするのが望ましい等の問題がある。2D-TOF 法は PC 法に比し撮像時間が短く, 乱流 (広義の意味での乱流) による信号低下も軽度とされている。このように MRA の方法にはそれぞれ特徴があり, 目的や部位によって使い分けられている。ところで, 骨盤～下肢は呼吸の影響が少なく, 頭部と同様に MRA に適した部位と考えられる。さらに, 下肢では上下方向に presaturation pulse をかけることで動静脈を分離しやすいこと

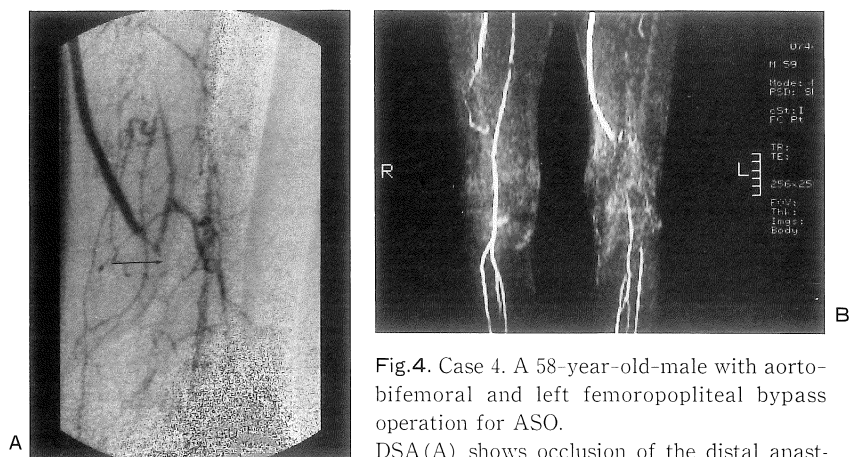


Fig.4. Case 4. A 58-year-old-male with aorto-bifemoral and left femoropopliteal bypass operation for ASO. DSA(A) shows occlusion of the distal anastomosis of the bypass graft(→). MRA(B) well corresponded to DSA, but stenosis of the distal SFA is exaggerated as occlusion.

も MRA が有利な要因である。以前我々が行っていた方法では presaturation を併用できなかったため動静脈の重なりを避けるために多断面の撮像を行っていたが^{4),6)}, presaturation 併用により動静脈の分離が撮像時間の延長なしに可能で、臨床上大変有用であった。

下肢の閉塞性動脈硬化症は病変が多発することが多く、治療方針の検討には広い範囲の検索が必要である。2D-TOF 法では比較的短時間で広い範囲の検査が可能で、閉塞性動脈硬化症における下肢 MRA に適していると考えられた。実際、今回の撮像条件では、腹部大動脈下部から膝関節直上までを約 7 分で、下腿中央までも約 10 分で検索可能であり、当施設での DSA よりも検査時間は短かった。また、造影剤使用の必要がなく、腎機能低下者や、ヨード造影剤過敏の患者でも安心して検査ができ、患者の負担は軽かった。

また 3D 表示により血管走行の立体的把握が容易で、動脈硬化症での血管の蛇行状態を 3 次元的によく確認できた。特に腸骨動脈は蛇行が強く血管造影の際にも正確な走行を把握するためには正面像のみならず側面や斜位像の撮像が必要となる。MRA の 3D 表示を用いると撮像時間の

延長なしに血管走行を容易かつ正確に把握できる。これは血管拡張術の際にガイドワイヤーやカテーテルを進める手助けとなり、血管内膜損傷を避けられることもあり臨床的に有用であった。さらに、正面の血管造影像では見過ごし易い、いわゆる“spotty or ragged density of the opaque column”⁹⁾も MRA を施行して多方向から観察すると容易に指摘できることもありこれも MRA の利点の一つであった。

我々の検討では、閉塞部・再開通部は全例で描出でき、閉塞に関しては false negative はなかった。さらに閉塞部より末梢の血管に関しては、症例 3. の様に table top sliding 方式の angiogram よりも MRA が内腔の状態を正確に描出していた例もあった。一般に行なわれる table top sliding 方式の angiogram や DSA では、閉塞部より末梢の血流が極端に遅いような症例において造影剤の流入が不十分なため造影が悪くなることがある。これは血管造影の陥り易い pitfall で、診断の際に大いに注意すべき点である。一方、MRA では造影剤を用いずに血流を直接画像化するので、閉塞部より末梢でも血管内腔の状態をよく現していることが多かった。これは、現時点で MRA の大きな利点の一つと

考えられる。

狭窄部については狭窄率 50%以下では過小評価された例が多かったが 50%以上特に 75%以上では過大評価された例が多かった。

狭窄部が過小評価された原因は主に空間分解能が悪いためと思われ、今後は FOV やスライス厚を小さくし空間分解能を向上させる必要があると思われた。現在はこれまでの検査に加えて治療の対象となる病変部を空間分解能を上げて撮影したものを追加するようしており、今後症例を蓄積し検討したい。

過大評価例は狭窄部で生じた乱流による信号低下が主因と考えられた。

また、5例・7狭窄部を動脈の閉塞と診断したが、いずれも非常に高度の狭窄であった。これらの中には側副路の走行に留意すれば診断可能な例もあり、今後症例を重ねることによってさらに診断能は上がると考えられた。

一般には血流が低下するのは狭窄率が約 70%以上になった場合とされていて、治療の対象となるのもこのような状態と考えられる。従って、現時点でも治療の適応となるような病変を MRA で見逃すことはほとんどないと考えられた。

また、coiling 状の走行では信号低下の著しいものが多く、これも強い乱流のためと考えられた。水平に近い走行の血管は 4mm 以上の径である程度の長さ（約 3cm 以上）であれば、描出されており、スライス面と血流方向が平行でも軽度の信号低下を示すのみであった。

細かい側副路の描出は DSA に比しやや劣っていた。空間分解能があまりよくないことが主因と考えられるが、流速が非常に低下していると TOF 効果が弱く血流の信号低下を来すことがあること、側副路の血流方向は一定でなく flow の方向が slice 面に平行であると信号が低下すること、スライス下方の presaturation により血流が上向きの側副路は信号が抑制されることや全体的な信号低下を来す可能性があること、MIP 処理により画像が劣化する可能性がある¹⁰⁾こと、なども要因として考えられた。今後は、空間分解

能のよい撮像で側副路の描出状態がどの程度改善するかについてもあわせて比較検討したい。

バイパス術後や血管形成術後の MRA では、バイパスの開存や動脈の狭窄の改善や再開通の状態などがよく描出され、治療効果の確認に有効であった。また、治療後の経過観察にも十分臨床応用可能と考えられ、経過観察のための DSA を省略できる場合も多かった。

以上、閉塞性動脈硬化症における下肢の MRA は空間分解能がまだ良くない、高度の狭窄部は過大評価されることが多い等の問題点はあるものの、治療適応となる病変を拾い上げたり、治療後の経過観察には応用可能と考えられた。当施設ではまだ MRA 以外の検査の省略には至っていないが、必ずしも DSA や血管造影を必要としない場合もあり、今後も画像の改善と症例の蓄積に努め、末梢血管病変における MRA の適応を検討したい。

また、MRA は単なる血管像のみでなく、血流速度の測定もある程度可能¹¹⁾で、生理的情報を引き出すことができるという大きな利点もある。MRA は今後もさらに発展を続けるものと思われ、より臨床的重要性を増すと期待される。

ま と め

- 1) MRA は空間分解能がやや劣り狭窄部の評価や側副路の描出には問題があるものの、病変部の描出状態は血管造影像と比較的良く一致していた。
- 2) 閉塞性動脈硬化症例において MRA はスクリーニングや術後の経過観察に臨床応用が可能であると思われた。特に閉塞部の末梢では通常の血管造影よりも血管内腔をよく描出している場合もあった。

文 献

- 1) Alfidi RJ, Madaryk TJ, Haache EM, et al. : MR angiography of periferal, carotid, and coronary arteries. AJR, 149 : 1097-1109, 1987.

- 2) Haacke EA, Masaryk TJ : The salient feature of MR angiography. *Radiology*, 173 : 611-612, 1989.
- 3) 大内敏宏 : MR angiography. *画像診断*, 9 : 918-926, 1989.
- 4) 斎藤陽子, 竹川鉦一, 淀野 啓, 他 : 0.5T MRI 装置を用いた下肢の位相コントラスト MR アンギオグラフィ. *日磁医誌*, 9 : 37-44, 1989.
- 5) 斎藤陽子, 淀野 啓, 樽沢孝二, 他 : Gd-DTPA を利用した MR アンギオグラフィの研究. *日本医放会誌*, 49, 134-136, 1989.
- 6) 斎藤陽子, 淀野 啓, 竹川鉦一, 他 : 0.5T MRI 装置を用いた下肢の位相コントラスト MR アンギオグラフィ—第 2 報 : Gd-DTPA の有用性について—. *日磁医誌*, 10 : 371-379, 1990.
- 7) 藤川隆夫 : 下肢の MR angiography. *日磁医誌*, 10 : 537-545, 1990.
- 8) 湯浅祐二 : MR angiography. *画像診断*, 11 : 14-22, 1991.
- 9) Lipchik EO, Rogoff SM : The abnormal abdominal aorta : Arteriosclerosis and other disease, in *Abrams angiography vascular and interventional radiology*, 3rd edition, ed. by Abrams HL, Little, Brown and Company, Boston, 1983. pp1057-1078.
- 10) Anderson CM, Saloner D, Tsuruda JS, et al. : Artifacts in maximum-intensity-projection display of MR angiograms. *AJR*, 154 : 623-329, 1990.
- 11) Mohiaddin RH, Lowell DG, Underwood RS, et al. : Diagnosis of femoral arteriovenous fistula by MR imaging with velocity mapping. *J Comput Assist Tomogr*, 15 : 697-699, 1991.

MR Angiography of the Lower Extremities in Arteriosclerosis Obliterans

Yoko SAITO, Shoichi TAKEKAWA, Hiraku YODONO,
Taisuke SASAKI, Naoko NISHI, Shigeo OIKAWA

*Department of Radiology, Hirosaki University Hospital
53 Honcho, Hirosaki, Aomori, 036*

2D-TOF MRA of the lower extremities with a 1.5T MRI unit was performed and its clinical evaluations are discussed. Seventy-one studies of MRA from twenty-eight patients, 55~81 (mean : 68.1) years of age were examined. MRA was compared with DSA or conventional angiography, and detectability of collateral pathways, and degrees of arterial stenosis demonstrated on MRA were discussed.

On MRA, detectability of small vessels, such as deep circumflex femoral artery, deep circumflex iliac artery were not so good.

45% of the severe (over 75%) stenotic lesions were overestimated on MRA. 64% of the mild (under 50%) stenotic lesions were underestimated on MRA.

Underestimation of stenosis on MRA may be due to low spatial resolution.

Overestimation of degrees of arterial stenosis is mainly due to turbulent flow.

All Stenoses of arteries and bypass grafts were easily detected on MRA.

MRA is thought to be sufficient for follow-up examinations after bypass graft surgery or angioplasty.