

下肢のMR Angiography

藤川 隆夫

杏林大学医学部放射線医学教室

はじめに

MRIの最近の進歩はめざましいが、新しい撮像技術にmagnetic resonance angiography (MRA)がある。血流はMRIの各種の画像パラメータの中でも特に重要なものであり、撮像条件を工夫することにより、血流信号を造影剤なしで完全に非侵襲的に画像化するMRAの手法は、MRIの臨床応用として最も期待されるものの一つである。MRAの臨床応用は緒についたばかりであるが、著者は下肢動静脈疾患を対象に中磁場超電導MRI装置を用い、2D rephase-dephase subtraction法によるMRAを施行し、これをデジタルサブトラクション血管撮影(DSA)及び通常血管撮影と比較することにより、下肢動静脈疾患に対するMRAの現状における診断能の評価を試みた。

対象・方法

対象は1989年12月～1990年4月までにMRAが施行された下記症例である。

1) 健常者14例、男性11例、女性3例、年齢は24才～84才で、両側の腸骨動脈領域、大腿動脈領域、浅大腿動脈領域、膝窩動脈領域お

よび下腿部での描出能を検討した。

2) 閉塞性動脈硬化症完全閉塞例11例13件、男性8例、女性3例、年齢は45才～82才で動脈撮影と比較検討した。

3) バイパスグラフト術後18例23件、男性15例、女性3例、年齢は34才～78才で、大動脈一両側大腿動脈グラフト6件、大動脈一両側腸骨動脈グラフト2件、大動脈一大腿動脈グラフト2件、腋窩動脈一大腿動脈グラフト1件、大腿動脈一大腿動脈グラフト5件、大腿動脈一膝窩動脈グラフト7件で、動脈撮影と比較検討した。

4) 深部静脈血栓症が疑われた7例7件、男性4例、女性3例、年齢は27才～84才で、下肢静脈撮影と比較検討した。

使用機器は東芝社製0.5T超電導MRT 50Aで、原則として心電図同期を併用した2D rephase-dephase subtraction法にて、TE:80ms、平均加算回数2、スライス幅80mm、マトリックス数256×256、視野35×35cmを標準として撮像を行った。なお1症例につき、平均して2回の撮像がなされたが、検査時間は全例1時間以内であった。

血管撮影は東芝社製DEP-03A型、Fuji Computed Radiography System (FCR-101、富士フィルム社製)でのデジタルサブトラクショ

塞が12件に認められ、血管撮影と所見の一致を認めた。不一致とした1件ではMRAで下腿三分岐以下の描出が悪く閉塞が疑われたが、客観的な所見が得られなかったものである。結果的には血管撮影で前脛骨動脈閉塞が確認された。

(図1, 2).

3) バイパスグラフト術後のMRAと血管撮影の比較検討の結果を表3に示す。18例23件のうち20件(87.0%)において、MRAと血管撮影の所見が合致していたが、3件(13.0%)は所見の一致を認めなかった。グラフトの種類別では大動脈-大腿動脈2件、腋窩動脈-大腿動脈1件、大腿動脈-大腿動脈5件、大腿動脈-膝窩動脈7件において、全例(15件)MRA

と血管撮影の所見に一致を認めた。大動脈-両側大腿動脈では6件中4件(66.7%)、大動脈-両側腸骨動脈では2件中1件(50.0%)に所見の一致を認めた(図3, 4, 5)。

4) 深部静脈血栓症が疑われた7例7件(表4)のうち5件にMRAで深部静脈に血栓が示唆され、全例下肢静脈撮影で確認された。MRAと下肢静脈撮影の所見が不一致であった1件(症例No. 3)は下肢静脈撮影が先に施行され、右大腿静脈にfilling defectの存在が疑われたが、MRAでは正常であり、経過観察され、臨床的にも正常で、静脈撮影のfalse positive例と考えられた(図6)。

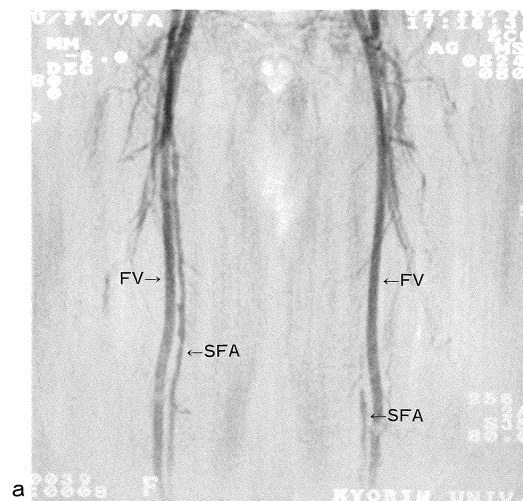
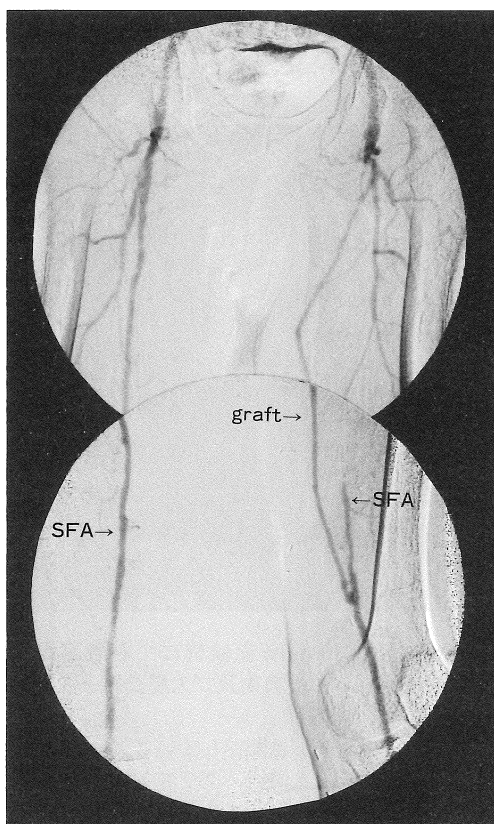


図2. 76才男性 閉塞性動脈硬化症

- a) MRA: 左浅大腿動脈に完全閉塞を認める。右浅大腿動脈に壁不整像と狭窄を認める。
- b) DSA: 左大腿動脈-膝窩動脈バイパスグラフト術後(MRAの所見のみで手術施行) 右浅大腿動脈にMRAと同様の所見を認める。

SFA: 浅大腿動脈, FV: 大腿静脈



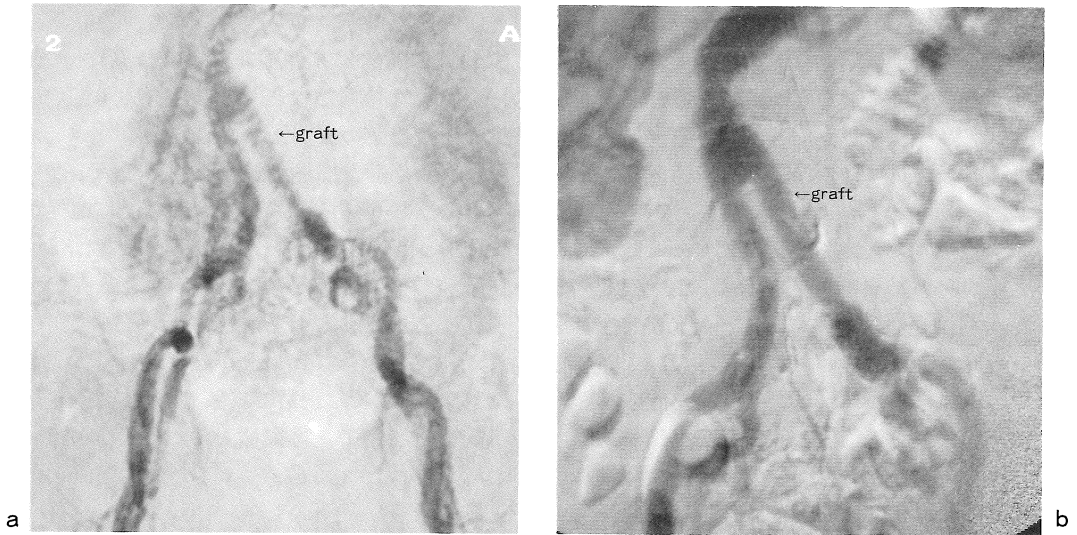


図3. 78才男性 腹部大動脈瘤にて大動脈—両側腸骨動脈バイパス術施行
 a) MRA : グraftに良好な血流が証明され, 開存と判断できる.
 b) DSA : MRAの所見と同様, グraftに閉塞を認めない.

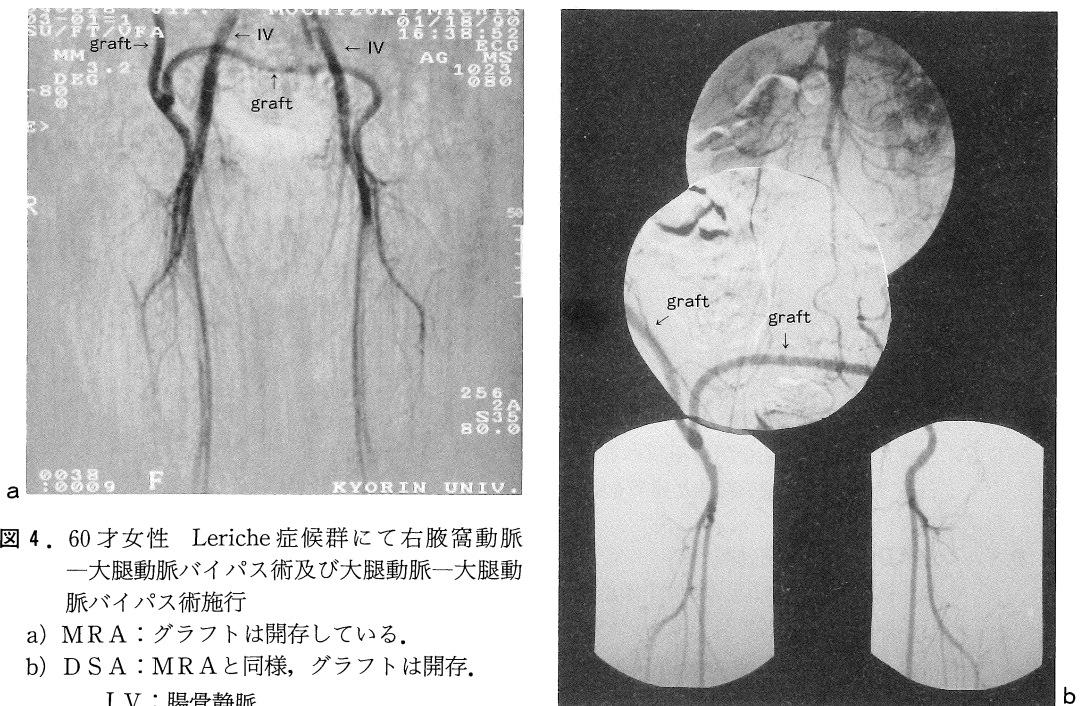


図4. 60才女性 Leriche 症候群にて右腋窩動脈—大腿動脈バイパス術及び大腿動脈—大腿動脈バイパス術施行
 a) MRA : グraftは開存している.
 b) DSA : MRAと同様, グraftは開存.
 I V : 腸骨静脈

下肢のMR Angiography

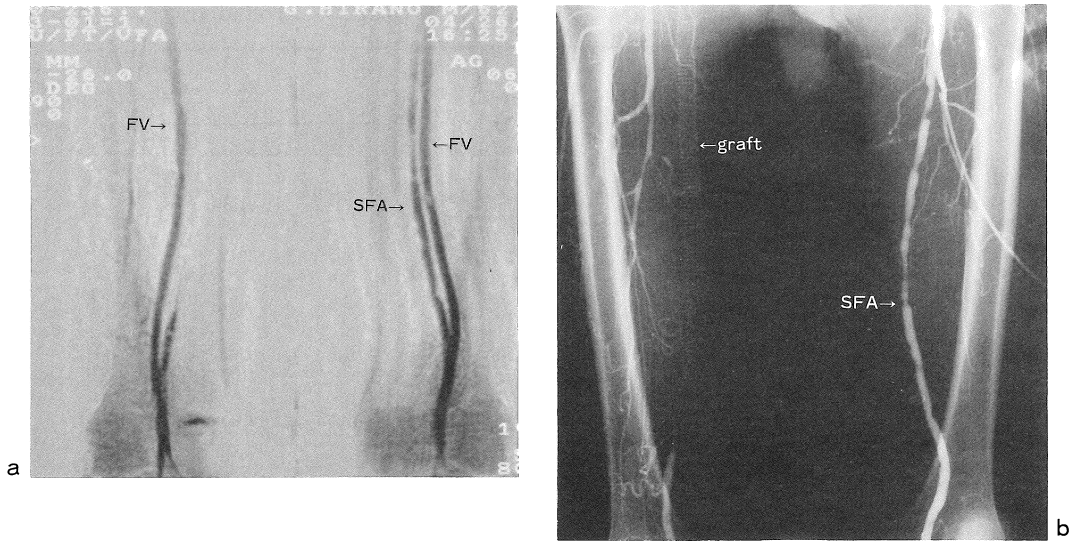


図 5. 62 才男性 閉塞性動脈硬化症にて右大腿動脈—膝窩動脈バイパス術後。
 a) MRA：グラフト内に血流を認めず閉塞していると考えられた。
 左浅大腿動脈に狭窄を認めた。
 b) 通常血管撮影：MRA と同様，グラフトは閉塞し，左浅大腿動脈に狭窄を認めた。
 SFA：浅大腿動脈， FV：大腿静脈

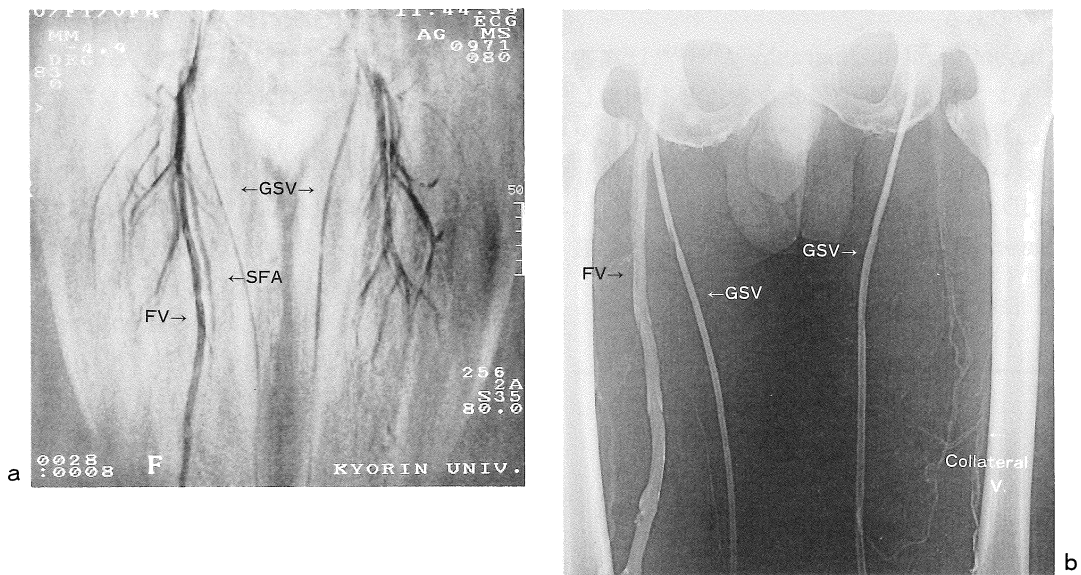


図 6. 77 才男性 肺梗塞
 a) MRA：左大腿静脈は描出されず，深部静脈血栓症と考えられた。
 b) 通常血管撮影：MRA 同様の所見を認めた。
 FV：大腿静脈， GSV：大伏在静脈， SFA：浅大腿動脈

表3. バイパスグラフト例におけるMRAと血管撮影のcorrelation

graft 18例 (n=23)	correlation	合 致	不 一 致
大動脈—両側大腿動脈 n=6		4/6 (66.7%)	2/6 (33.3%)
大動脈—両側腸骨動脈 n=2		1/2 (50.0%)	1/2 (50.0%)
大動脈—大腿動脈 n=2		2/2 (100.0%)	0/2 (0%)
腋窩動脈—大腿動脈 n=1		1/1 (100.0%)	0/1 (0%)
大腿動脈—大腿動脈 n=5		5/5 (100.0%)	0/5 (0%)
大腿動脈—膝窩動脈 n=7		7/7 (100.0%)	0/7 (0%)
		20/23 (87.0%)	3/23 (13.0%)

考 察

MRAは頭頸部領域¹⁾、胸腹部領域²⁾や下肢の脈管描出⁹⁾に施行され、臨床的な有用性が認識されつつある。

MRAの方法としてはtime-of-flight angiographyとphase contrast angiographyが代表的なものである。

Time-of-flight angiography法^{3),4),5),6)}は高速スキャンで血流が高信号となることを利用して、血管の画像を作成する方法であるが、二次元あるいは三次元のデータ収集の違いにより、2D, 3D time-of-flight angiography法がある。

Phase contrast angiography^{3),4),7)}は傾斜磁

場内を血液が移動するときの血流のスピンの位相の変化を検出して画像化する方法で、これにも2D, 3D-phase contrast angiography⁸⁾がある。

著者らの方法は2D rephase-dephase subtraction法で、具体的には血流の位相を揃えて血流を高信号として描出するrephasing画像と、通常のspin echo法でみられるように血流信号がflow voidとして低信号に描出されるdephasing画像の2画像間でsubtraction画像を作成する方法である。

Time-of-flight angiography法は種々な角度からの画像再構成が可能で、立体的な血管の把握が容易であるという利点があるが、画像再構成に時間がかかるという欠点を有している。これに対し、rephase-dephase subtraction法及びphase contrast angiography法の利点は撮影後、ただちに画像が得られるということである。

今回我々は下肢動静脈疾患に対し、前述した心電図同期2D rephase-dephase subtractionを利用して下肢動静脈疾患、バイパスグラフト術後の評価、及び健常者のMRAについて検討を行った。健常者における各領域でのMRA評価は膝窩動脈(94.4%)、浅大腿動脈(82.1%)において描出良好であるが、腸骨動脈(77.3%)、大腿動脈(61.5%)では描出能が他の部位に比

表4. 深部静脈血栓症が疑われた7例のMRAと下時静脈撮影

No.	M R A	下肢静脈撮影
1.	左深部静脈血栓症	左深部静脈血栓症
2.	左深部静脈血栓症	左深部静脈血栓症
3.	正 常	右大腿静脈に血栓疑
4.	左下腿部に 深部静脈血栓症	左下腿部に 深部静脈血栓症
5.	左深部静脈血栓症	左深部静脈血栓症
6.	正 常	正 常
7.	右深部静脈血栓症	右深部静脈血栓症

べ、やや劣っていた。この原因としては主に骨盤腔内での消化管によるmortion artifactと動静脈の重なりが挙げられよう。

閉塞性動脈硬化症完全閉塞 11 例 13 件では 12 件 (92.3%) においてMRAと血管撮影の所見が合致していた。所見が不一致であった 1 件はMRAで左下腿部の血管描出が悪く、動脈閉塞が疑われたが、どの動脈か特定できなかった症例である。血管撮影で前脛骨動脈の閉塞と判明した。この一連の検索において高率にMRAと血管撮影の所見が合致していたが、これは対象症例のほとんどがmortion artifactに影響されず読影が容易な浅大腿動脈閉塞例であったためと思われる。

バイパス術後例のうち、MRAでグラフト内血流の全域が描出され血管撮影所見にほぼ完全な合致を認めたものは 23 件中 20 件 (87%) であり、このうち大動脈—大腿動脈、大腿動脈—大腿動脈、大腿動脈—膝窩動脈バイパス術例では全例でMRAと血管撮影の所見に合致を認めた。所見に不一致を認めた 3 件のうち 2 件 (大動脈—両側大腿動脈 1 件、大動脈—両側腸骨動脈 1 件) は、グラフトの一部が消化管のmortion artifactのため不明瞭になったと考えられたもので、グラフトの開存の有無については診断が可能であった。このようにグラフトが開存しているか否かの評価という点では、23 件中 22 件 (95.7%) で、MRAと血管撮影で一致しており、バイパス術後の非侵襲的follow up studyにMRAは有用と思われた。

深部静脈血栓症が疑われた 7 例 7 件のうち、6 件 (85.7%) にMRAと下肢静脈撮影の所見は合致していた。不一致であった 1 件は下肢静脈撮影にて、filling defectを認めたが、MRAでは正常であった。その後の経過からこのfilling defectはlaminar flowにより生じたもので静脈撮影のfalse positive例と考えられた。これら深部静脈血栓症の症例も閉塞性動脈硬化症の症例と同様に、病変部の局在が大腿部であり、mortion artifactが少ないため、診断が比較的容易

になったと思われた。

以上のごとく、下肢動静脈疾患に対して行なわれたMRAとDSAは高い頻度でその診断が一致した。しかし、現状では動静脈の分離が不可能で^{4),9)}、動静脈が重なった部分の読影の際に困難を覚えることが少なくない。閉塞性動脈硬化症や深部静脈血栓症で動静脈の重なりのために閉塞部位が不明瞭な場合は側副血行路の有無に着目して読影する必要がある。また多断面の撮像が動静脈分離に役立つとの報告もなされている⁹⁾。骨盤腔内の検査では、消化管によるmortion artifactが生じるため、血流信号が不明瞭になる事が多く、腸管の動きを押さえる工夫も必要である。我々は圧迫帯を用いているが、なお大腿部の画像と比較すると格段に画質が劣る感をまぬがれない。

最近の造影剤による血管撮影はdigital subtraction装置及び低浸透圧造影剤の利用により、比較的低い侵襲で施行できるようになってきたが、ヨード造影剤に依存する限り潜在的な副作用のリスクを除外できない。これに反してMRIはほぼ完全に非侵襲的に血管を画像化する特質をもっている。特に下肢では動静脈疾患の急性期にも安全に施行しうる利点がある。現在のMR angiographyの技術レベルはようやく臨床応用の緒についたばかりであり、今後さまざまな改良を加えていく必要がある。さしあたってはpresaturation法¹⁰⁾を利用した動静脈像の分離描出が当面の課題となろう。最も困難な問題は腸骨動脈領域での消化管の動きによるartifactであり、将来的に高速撮像による解決が必要となろう。

以上著者はMR angiographyの好適な対象として下肢の動静脈疾患に着目し、現在の装置の性能で可能な範囲での臨床応用を試み、その成績を報告した。MRIは今後ハード、ソフト両面で一層の進歩が期待され、MR angiographyはやがて極めて有用な脈管系の画像診断手法となりうる可能性が予測される。

結 語

健常者の下肢動脈描出能および下肢動静脈疾患やバイパスグラフト術後の評価に対し、0.5 Tの中磁場超電導MRI装置で2D rephase-dephase subtraction法を用いた非侵襲的なMRAを施行し、DSAおよび通常血管撮影と比較し、現状におけるMRAの診断能の評価を試み、有用な結果が得られた。ただし、現状では動静脈の分離が困難で、動静脈が重なる部位や消化管の動きによるartifactが問題となるなど、いくつかの改良点を残しており、今後ハード・ソフト面においての進歩が期待される。

稿を終えるあたり、終始懇切なるご指導、ご校閲を賜った杏林大学医学部放射線医学教室古屋儀郎教授並びに蜂屋順一教授に深甚なる謝意を表します。また本研究に有益なご教示、ご協力を頂いた放射線医学教室、MRI室の皆様から感謝致します。

文 献

- 1) W. A. Wagle, C. L. Dumoulin, S. P. Souza, et al.: 3DFT MR angiography of carotid and basilar arteries. *AJNR*, 10 : 911-919, 1989.
- 2) R. R. Edelman, B. Zhao, C. Liu, et al. : MR angiography and dynamic flow evaluation of the portal venous system. *AJR*, 153 : 755-760, 1989.
- 3) 原田貢士：流体のMRI—MRI画像上でのflowの見え方—。画像診断, 10 : 44-53, 1990.
- 4) 湯浅祐二：血管のMRI診断—MRアンジオグラフィ—を含めて—。外科診療, 32 : 33-40, 1990.
- 5) A. Haase, J. Frahm, D. Matthaei, et al. : FLASH imaging. Rapid NMR imaging using low flip-angle pulses. *J Magn Reson*, 67 : 258-266, 1986.
- 6) W. T. Dixon, L. N. Du, D. D. Faul, et al. : Projection angiograms of blood labeled by adiabatic fast passage. *Magn Reson Med*, 3 : 454-462, 1986.
- 7) C. L. Dumoulin, S. P. Souza and H. R. Hart : Rapid scan magnetic resonance angiography. *Magn Reson Med*, 5 : 238-245, 1987.
- 8) C. L. Dumoulin, S. P. Souza, M. F. Walker, et al.: Three-dimensional phase contrast angiography. *Magn Reson Med*, 9 : 139-149, 1989.
- 9) 斎藤陽子, 竹川鉦一, 定野泰輔, 他 : 0.5T MRI装置を用いた下肢の位相コントラストMRアンジオグラフィ—。日磁医誌, 9 : 37-43, 1989.
- 10) R. R. Edelman, K. U. Wentz, H. Mattle, et al. : Projection arteriography and venography : Initial clinical results with MR. *Radiology*, 172 : 351-357, 1989.

MR Angiography of Lower Extremity

Takao FUJIKAWA

*Department of Radiology, Kyorin University School of Medicine
6-20-2, Shinkawa, Mitaka, Tokyo 181*

MR angiography by ECG-gated 2D rephase-dephase subtraction method was performed in normal volunteers (n=14) and patients with arterial or venous vascular disease of lower extremities (n=36).

Results were compared to digital subtraction angiography or conventional film angiography.

In normal cases, superficial femoral and popliteal arteries were well demonstrated by angiography whereas visualization of intrapelvic portion of the arteries was often impaired by motion artifacts from bowel loops.

Diagnostic results of MR angiography and digital or conventional angiography were in agreement in 92.3% of obstructive arteriosclerotic disease, 87.0% of post by-pass graft surgery, and 85.7% of cases in which deep vein thrombosis was clinically suspected.

Considering its virtually noninvasive nature, MR angiography can be a valuable screening method in vascular diseases of lower extremities and also in post operative evaluation of by-pass graft surgery.

Further technical advancements are expected.