

脂肪抑制併用造影 3 次元 MR angiography による 閉塞性動脈硬化症の診断と治療効果判定

天野康雄¹, 弦間和仁¹, 榎利夫², 川俣博志¹,
岡島雄史¹, 渡潤¹, 土橋俊男², 隈崎達夫¹

¹日本医科大学放射線医学教室 ²同 付属病院放射線科

はじめに

間欠性跛行の原因となる総腸骨・外腸骨動脈の閉塞性動脈硬化症は、本邦で増加傾向にある¹⁾。閉塞性動脈硬化症は血管造影により確定診断され、必要に応じてひきつづき atherectomy や stent 挿入などの interventional radiology (IVR) 手技による治療が施行されることが少なくない^{2),3)}。しかし血管造影は侵襲的であるため、閉塞性動脈硬化症例の初期的診断や治療後の定期的な経過観察に用いることは困難である。

MR angiography (MRA) はきわめて低い侵襲度で血管の観察を可能とする検査法である^{4)~12)}。従来閉塞性動脈硬化症の観察に 2 次元 time-of-flight (2D-TOF) 法^{5)~7)} や phase contrast 法⁸⁾ が使用されてきたが、血管の蛇行や血流の低下のために良好な画像を得られない症例が散見された。一方、近年用いられている造影 3 次元 (3D) MRA は、造影剤を使用するものの短い検査時間で骨盤部動脈の良好な描出を得ることができるが^{9)~12)}、バックグラウンドのうち高信号を示す脂肪信号の抑制が必要である^{11),12)}。今回我々は、脂肪信号の抑制に chemical shift saturation (CHESS) 法¹³⁾ を使

用し、エコー時間 (TE) の短縮した gradient echo 法^{14),15)} とガドリニウム造影剤を用いた脂肪抑制併用造影 3D MRA を閉塞性動脈硬化症例に施行し、閉塞性病変の描出能や IVR 治療後の評価について検討した。

対象と方法

対象は、閉塞性動脈硬化症 15 例で 19 回の MRA が施行された。症例の内訳は男 14 例女 1 例で、年齢は 51 歳から 78 歳 (平均年齢 67 歳) であった。症例の体重は 39-58.5 kg に分布し、平均体重は 53 kg であった。

使用 MRI 装置は GE 社製 Signa (1.5T) で、1 例 1 検査では body coil を、14 例 18 検査では torso coil を用いた。脂肪抑制併用造影 3D MRA は TE の短縮した gradient echo 法 (fast spoiled GRASS)^{14),15)} にて撮像し、その条件は繰り返し時間 TR 26.9-27.1 ms, TE 2.4-2.5 ms, flip angle 60° で、脂肪抑制には CHESS 法¹³⁾ を用い、データ収集は 32 KHz のバンド幅にて sequential phase order で行った。撮像断面は冠状断面、撮像範囲は rectangular field-of-view で 40-48×30-36 cm, 撮像マトリクスを 512×128 とし、加算回数は 1 回とした。実効スラブ分割数を 60, スライス厚

キーワード occlusive arterial disease, MR angiography, Gd-DTPA, three-dimensional MRA, fat suppression

を 2-2.5 mm に設定したためスラブ厚は 12-15 cm であった。本撮像法に要した時間は 2 分 46-47 秒で、gadopentetate dimeglumine (Gd-DTPA, 0.1 mmol/kg) の静注は撮像約 5 秒前より開始し、約 2 分かけて 20 ml を手動的に静注した。既報で体重による血管の造影効果の差を認めなかったため¹⁴⁾、Gd-DTPA は全例で 20 ml を静注したことから、平均の使用量は 0.19 mmol/kg となった。付属の workstation である Advantage Windows (GE 社製) 上で、得られた全断面の元画像に maximum intensity projection 処理を施し MRA 像を得た。

得られた画像について、以下の 4 項目について検討した。1) 既報¹⁴⁾の正常対象例 (Fig. 1) と比較し、間欠性跛行に対応する、総腸骨動脈の 70% 以上の狭窄および閉塞性病変の本法による描出を検討した。2) 15 症例のうち血管造影と対比しえた 9 例で、総腸骨動脈の 70% 以上の狭窄性病変の本法の描出を血管造影所見と比較した。血管造影は digital subtraction angiography ないし回転 digital angiography¹⁶⁾を用いて施行し、原則として秒間 10-15 ml、総量 30-40 ml のヨード造影剤 (300 mg/ml) を注入した。血管造影と脂肪抑制併用造影 3D MRA の間隔は 1-59 日 (平均 12 日) であった。3) 上記の 9 例における骨盤部動脈の壁不整の描出について、血管造影と脂肪抑制併用造影 3D MRA とを比較検討した。血管壁の不整については、70% 以下の狭窄病変が連続性に認められることあるいは ulcerated plaque³⁾が認められることをもって、不整と判定した。4) IVR は 4 例で atherectomy を 3 例で Strecker stent 留置を行い、治療効果について血管造影と脂肪抑制併用造影 3D MRA とを比較した。IVR と MRA の間隔は 1-16 日 (平均 10 日) であった。

結 果

1) 脂肪抑制併用造影 3D MRA による責任病変の描出

脂肪抑制併用造影 3D MRA では、10 例 13 総腸骨動脈に 70% 以上の閉塞性病変を認め、間欠性跛行の症状と合致した。

2) 閉塞性病変の描出に関する脂肪抑制併用造影 3D MRA と血管造影との比較

血管造影施行例では 7 例 8 総腸骨動脈で閉塞性病変を認めたが (Fig. 2a, 3a)、本法ですべて描出されかつ本法による偽陽性例も認めなかった (Fig. 2b, 3b)。

3) 脂肪抑制併用造影 3D MRA による骨盤部血管の壁不整の描出能

血管造影にて 4 例で上記の条件を満たす血管壁の不整が認められ、脂肪抑制併用造影 3D MRA でも良好に描出された。1 例で ulceration



Fig. 1. Control case : a 37-year-old woman
Fat-suppressed gadolinium-enhanced 3D MRA detect common iliac, external iliac, internal iliac, gluteal and femoral arteries well.

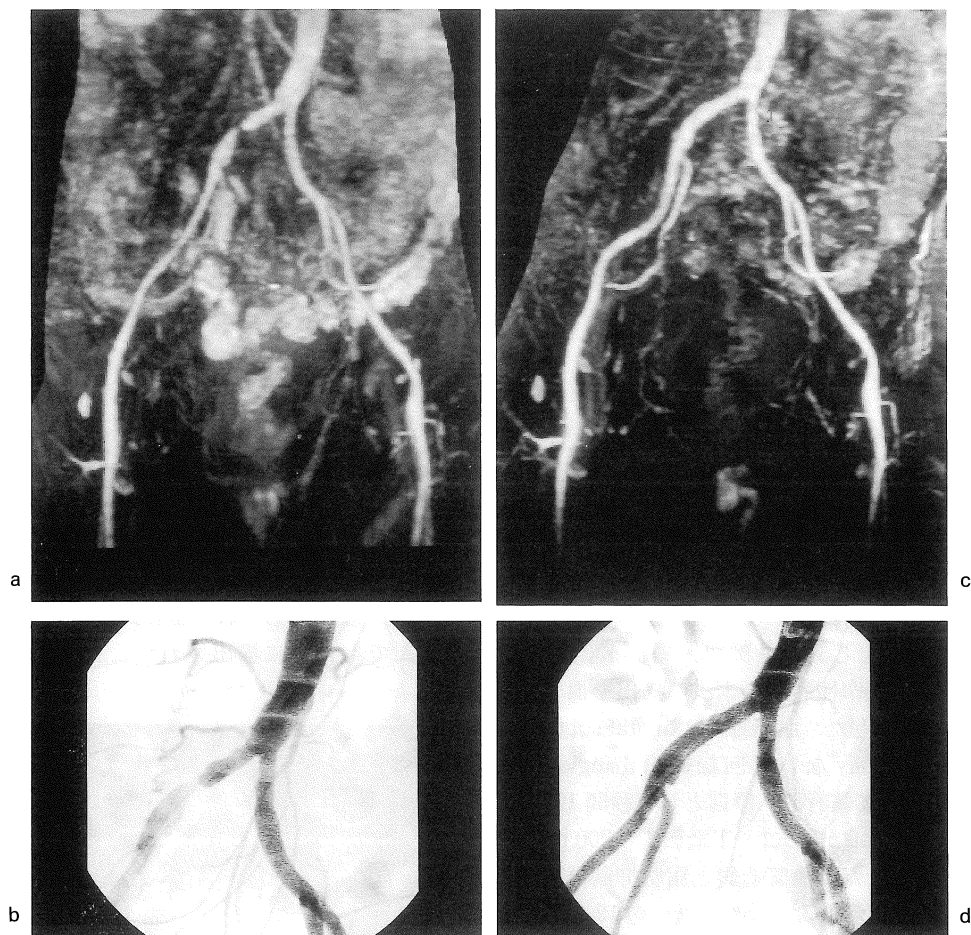


Fig. 2. A 61-year-old man with occlusive arterial disease
Right common iliac artery stenosis assessed with fat-suppressed gadolinium-enhanced 3D MRA (a) is confirmed with rotational digital angiography (b). Atherectomy has been performed, and the right common iliac artery patency is accurately evaluated by fat-suppressed gadolinium-enhanced 3D MRA (c) as well as by the rotational digital angiography (d).

ted plaque や focal aneurysm を認め (Fig. 3a), これらは脂肪抑制併用造影 3D MRA でも良好に描出された (Fig. 3b).

4) 脂肪抑制併用造影 3D MRA による IVR 効果の評価

脂肪抑制併用造影 3D MRA は、血管造影で確認された atherectomy による狭窄病変の改善を良好に描出した (Fig. 2c, 2d). さらに、Strecker stent 内腔の血管信号も描出した

(Fig. 3c, 3d).

考 察

血管造影は閉塞性動脈硬化症の確定診断に不可欠である上に、ひきつづき IVR にも移行できるため、検査・治療法としての意義は確立している^{2),3)}. 一方、MRA の特長は短い検査時間と低い侵襲性であり、総腸骨・外腸骨動脈の



Fig. 3. 70-year-old man with occlusive arterial disease
 Right common iliac artery stenosis (small arrow), focal aneurysm (arrowhead) and ulcerated plaque (large arrow) are delineated with fat-suppressed gadolinium-enhanced 3D MRA (a) as well as X-ray angiography (b). Fat-suppressed gadolinium-enhanced 3D MRA (c) shows the improvement of ulcerated plaque and arterial stenosis, and the intraluminal signal of bilateral iliac artery after placement of Strecker stent (d).

閉塞性動脈硬化症の初期診断, IVR や手術の治療効果判定および長期にわたる経過観察に有用であると考えられている^{4),6),7),9)~12)}. しかし, 2D-TOF ではスライス内を走行する血管の信号が低下すること, phase contrast 法では velocity encoding の設定が必要であること, いずれの方法も乱流や蛇行を伴う血管の描出が困難であることなどの問題点が指摘されており^{6),8),11),17)}, これらの点を克服しうる造影 3D

MRA の有用性が近年報告されている^{9)~12)}. 造影 3D MRA は血流よりもガドリニウム造影剤の T₁ 短縮効果に依存した撮像法であるが, 本邦では欧米の報告^{9),10),18),19)} と異なり高容量の造影剤を用いることは少ない^{11),12),14)}. したがって, バックグラウンドの中で T₁ 値の短い脂肪信号を抑制する必要がある, これを目的として TE を out-of-phase 付近に設定する方法¹¹⁾, inversion preparation (IR) pulse を付加

する撮像法¹²⁾, 造影前後像の subtraction を行う方法¹⁸⁾, および本法のごとく CHESS 法¹³⁾により脂肪抑制を得る方法¹⁴⁾が報告されている。

今回の撮像法の利点として, 各 RF パルスごとに脂肪抑制用のパルスが付加されるため脂肪信号の良好な抑制が得られること, TE を水・脂肪の phase に関係なく最短とし血流の dephase を最小にすること, IR 法では抑制される可能性のある比較的 low 信号の血管も描出しうることが挙げられる。また CHESS 法に伴い TR の延長を認めたが, 静脈の信号が著明に上昇する 3 分以内に⁹⁾造影・撮像ともに終了しており, 縦緩和に伴う血管信号の上昇にはむしろ有利であると考えられた。ただし, 本法では撮像時間の延長により, 造影の bolus 性は低下した。また, 血流の dephase の抑制については flow compensation が有効であれば, out-of-phase 付近の TE を用いるべきとも考えられる¹¹⁾。この点は echo planar imaging を可能とする MR 装置を用いて, さらに短い TE による造影 3D MRA を施行し再評価する必要があると思われた。本法では上記の特長に加え, 冠状断面で約 $0.78 \times 3.1 \times 2.5$ mm の分解能で撮像しており, 広範囲の動脈を詳細に観察することが可能であった。一方, MRA による IVR の治療効果の評価については Laissy ら⁷⁾が 2D-TOF を用いて報告しているが, 本法でも血管造影との良好な相関を得ることができた。さらに, タンタルムを素材とした Strecker stent は MRI 上のアーチファクトはきわめて少なく²⁰⁾, 本検討ではステント内腔の血管信号を把握できた。

一方, 本法では内腸骨動脈の内側分枝や腸骨回旋動脈は描出不良¹⁴⁾, 側副路の描出能には課題を残した。また, 消化物質や壁の造影効果によると思われる, 腸管の高信号が血管と重なりその描出を低下させることがあった。さらに今回は Gd-DTPA による副作用は経験されなかったが, いまだ造影剤の副作用は予知でき

ないために, 多くの症例では造影前に 2D-TOF を併用しており, 全体の検査時間の短縮には貢献していなかった。したがって, 脂肪抑制併用造影 3D MRA は, 閉塞性動脈硬化症の診断, 治療効果の判定および経過観察に有用であったが, 撮像法, 造影方法, 造影剤にさらなる改善を加え一層の有効性を持つものにすべきと思われた。

文 献

- 1) 勝村達喜: 末梢動脈閉塞性疾患の集学的治療の変遷と展望. 脈管学, 33: 239-245, 1993.
- 2) 隈崎達夫, 田島広之, 大矢 徹, 他: 閉塞性動脈硬化症に対する Strecker vascular stent の経験. 臨床放射線, 38: 675-679, 1993.
- 3) Vorwerk D, Gunther RW, Wendt G, Schumann K: Ulcerated plaques and focal aneurysms of iliac arteries: treatment with noncovered, self-expanding stents. AJR, 162: 1421-1424, 1994.
- 4) Mistretta CA: Relative characteristics of MR angiography and competing vascular modalities. JMRI, 3: 685-698, 1993.
- 5) Yucel EK, Silver MS, Carter AP: MR angiography of normal pelvic arteries: comparison of signal intensity and contrast-to-noise ratio for three different inflow techniques. AJR, 163: 197-201, 1994.
- 6) Owen RS, Baum RA, Carpenter JP, Holland GA, Cope C.: Symptomatic peripheral vascular disease: selection of imaging parameters and clinical evaluation with MR angiography. Radiology, 187: 627-635, 1993.
- 7) Laissy JP, Limot O, Henry-Feugeas MC, et al.: Iliac artery patency before and immediately after percutaneous transluminal angioplasty: assessment with time-of-flight MR angiography. Radiology, 197: 455-459, 1995.
- 8) Swan JS, Grist TM, Weber DM, Sproat IA, Wojtowycz MM: MR angiography of the pelvis with variable velocity encoding and a phased-array coil. Radiology, 190: 363-369, 1994.
- 9) Prince MR: Gadolinium-enhanced MR aortography. Radiology, 191: 155-164, 1994.
- 10) Snidow JJ, Johnson MS, Harris VJ, et al.:

- Three-dimensional gadolinium-enhanced MR angiography for aortoiliac inflow assessment plus renal artery screening in a single breath hold. *Radiology*, 198 : 725-732, 1996.
- 11) 天沼 誠, 田村綾子, 渡部恒也, 他 : Gd-DTPA 持続静注を用いた骨盤, 下肢動脈の3次元 MR angiography. *日磁医誌*, 16 : 13-21, 1996.
 - 12) 伊藤公一郎, 岡田 進, 田島なつき, 保坂純郎, 隈崎達夫 : 3D IR-Fast SPGR による造影 MR angiography. *日本医放会誌*, 56 : S37, 1996.
 - 13) Hasse A, Frahm J, Hanicke W, Matthaei D : ¹H NMR chemical shift selective (CHESS) imaging. *Phys Med Biol*, 30 : 341-344, 1985.
 - 14) 天野康雄, 弦間和仁, 川俣博志, 他 : 脂肪抑制を併用した3次元造影 MR angiography による骨盤部動脈の描出. *臨床放射線*, 41 : 429-433, 1996.
 - 15) Schmalbrock P, Yuan C, Chakeres DW, Kohli J, Pelc NJ : Volume MR angiography : methods to achieve very short echo times. *Radiology*, 175 : 861-865, 1990.
 - 16) 隈崎達夫 : 新しいデジタル血管撮影システムの開発—回転撮影法の改良と3次元画像表示—. *日本医放会誌*, 51 : 1068-1077, 1991.
 - 17) Gatenby JC, McCauley TR, Gore JC : Mechanisms of signal loss in magnetic resonance imaging of stenoses. *Med Phys*, 20 : 1049-1057, 1993.
 - 18) Adamis MK, Li W, Wielopolski PA, et al. : Dynamic contrast-enhanced subtraction MR angiography of the lower extremities : initial evaluation with a multisection two-dimensional time-of-flight sequence. *Radiology*, 196 : 689-695, 1995.
 - 19) Prince MR, Narasimham DL, Stanley JC, et al. : Breath-hold gadolinium-enhanced MR angiography of the abdominal aorta and its major branches. *Radiology*, 197 : 785-792, 1995.
 - 20) Teitelbaum GP, Raney M, Carvlin MJ, Matsumoto AH, Barth KH : Evaluation of ferromagnetic and magnetic resonance imaging artifacts of the Strecker tantalum vascular stent. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 12 : 125-127, 1989.

Diagnosis of Occlusive Arterial Disease and Assessment of IVR with Fat-Suppressed Gadolinium-Enhanced Three-Dimensional MR Angiography

Yasuo AMANO, Kazuhito GEMMA, Toshio MAKI,
Hiroshi KAWAMATA, Yuhji OKAJIMA, Jun WATARI,
Toshio TSUCHIHASHI, Tatsuo KUMAZAKI

*Department of Radiology, Nippon Medical School
1-1-5 Sendagi, Bunkyo-ku, Tokyo 113*

Fat-suppressed gadolinium-enhanced three-dimensional MR angiography (FS-CE-3D-MRA) was performed to make a diagnosis of occlusive arterial disease and evaluate the effectiveness of IVR treatment for it. FS-CE-3D-MRA delineated stenosis of common iliac arteries, which was confirmed by X-ray angiography. FS-CE-3D-MRA also detected ulcerated plaque and arterial wall irregularity. The effectiveness of IVR as atherectomy and stent placement was accurately assessed with FS-CE-3D-MRA. FS-CE-3D-MRA was useful in evaluating occlusive arterial disease with short examination times and high spatial resolution, although iliac circumflexial arteries were not detected by this technique.