

大動脈疾患のMRI - MRAを中心に -

吉岡 邦浩¹ 新沼 廣幸² 荻野 義信² 高橋 保² 江原 茂¹

要 旨：大動脈瘤や大動脈解離などの大動脈疾患の診断において、MRIはMRAを含めて重要な役割を果たしている。特にMRAは造影MRAが登場してから進歩の著しい領域であり、数々の新しい撮像法も登場している。また、MDCTを用いたCTAも発展しているが、Adamkiewicz動脈の診断のようにMRAのほうが優れている場合もある。疾患や病態に適した検査法や撮像方法を選択することが重要である。(J Jpn Coll Angiol, 2004, 44: 685-691)

Key words: MRI, MRA, aorta, aneurysm

はじめに

MR(magnetic resonance imaging)は放射線被曝がない、自由な撮像断面を設定できる等の長所を有しており、大血管疾患の診断に対しても古くから応用されてきた。また、MR angiography(MRA)は造影剤を使用する撮像法(造影MRA)が登場してから、これに適合した高速パルス系列が次々に開発され、近年急速に進歩した領域である。一方で、多列検出器を搭載したCT(multidetector-row CT: MDCT)を用いたCT angiography(CTA)も近年急速に発展しており、MRAと競合する状態となっている。本稿ではこのような時代背景も踏まえて、大動脈疾患におけるMRI診断の現状をMRAを中心として、最近のトピックスを交えて述べる。

撮像法

(1) MRI

スピネコ(SE)法あるいは高速スピネコ(FSE)法で撮像するが、胸部大動脈を対象とする時には心電図同期法を用いて拍動によるアーチファクトを制御する。造影剤を用いることなく大動脈壁と内腔の観察ができること(Fig. 1), 任意断面での撮像が可能なのが利点である。一方で撮像時間が数分かかることや、呼吸や拍動によるアーチファクトが混入しやすい

のが欠点である。さらには大動脈瘤などの拡張性病変では、遅延血流によるアーチファクトがしばしば出現するのも欠点である。そのような場合には血流信号を抑制するblack blood法が有用である。

(2) シネMRI

心電図同期下にグラディエントエコー(GRE)法を用いて同一断面で多時相の画像を得る方法である。最近ではtrue FISP(fast imaging with steady precession)法を用いることもある。造影剤を使用することなく血流動態の観察ができる利点がある。大動脈疾患では大動脈解離で入口部(entry)の評価に用いる場合がある。しかし、シングルスライスでの撮像であるため、多断面の画像を得ようとした場合には撮像時間が長くなる欠点がある。

(3) MRA

大動脈疾患では造影MRAが一般的である¹⁾。それは造影MRAでは造影剤による血液のT1短縮効果を撮像原理としているので、造影剤を用いないTOF(time-of-flight)法やPC(phase contrast)法では血流信号が欠落しやすい屈曲部や乱流部であっても十分な信号が得られるからである。

造影MRAでは、秒間1~3ml程度の注入速度で造影剤を急速注入し、造影剤のファーストパスの状態を撮像する方法が一般的である。この方法では大動脈に到達

¹岩手医科大学循環器医療センター放射線科

²岩手医科大学医学部内科学第二講座

2004年9月3日受理



Figure 1 A 62-year-old man with Stanford type B aortic dissection. An axial ECG-gated SE image shows intimal flap in the descending aorta (arrow).



Figure 2 A 63-year-old man with thoracic aortic aneurysm. A: A maximum intensity projection (MIP) image. B: A volume rendering (VR) image. Both images show sacular shape aneurysm of distal aortic arch. He has a history of an infrarenal abdominal aortic aneurysm repair.

した造影剤をタイミングよく捉える必要があるが、その対応策としては三つの方法がある。その一つは本スキャンに先立って少量の造影剤を注入して造影剤の到達時間を求める方法(テスト注入法)。それから、あらかじめ関心領域を設定しておき、造影剤の到達を感知したら自動的に撮像を開始する方法(Smart Prep法, GE)。もう一つはMR透視の機能を用いて造影剤の通過をリアルタイムで目視して撮像を開始する方法(Fluoro Trigger法, GE)である。

造影MRAの撮像時間はおおむね30秒程度であるので呼吸停止下での撮像が可能であり、呼吸によるモーションアーチファクトのない画像を得ることができる(Fig. 2)。大動脈瘤が最も良い適応であり、診断の要点は瘤の存在部位、瘤の形態(紡錘状、嚢状)、瘤径、主要分枝の評価(胸部大動脈瘤であれば弓部分枝、腹部大動脈瘤であれば腎動脈、下腸管膜動脈、お

よび総・外・内腸骨動脈と瘤との位置関係やinvolvementの有無、および開存性)である。

造影MRAのパリエーション

造影MRAには上述した一般的な方法のほかにも種々の優れた方法が存在するが、ここでは大動脈疾患を評価するうえで有用な方法を二つ紹介する。

(1) Slow infusion MRA

秒間0.2~0.3ml程度の注入速度で造影剤を投与しながら、1~5分程度の時間をかけて撮像する方法で、造影MRAが最初に報告された際に用いられた撮像方法である²⁾。本法は空間分解能を高く設定でき、安静呼吸下に撮像できる利点がある。また、造影タイミングにも敏感でないで、真腔と偽腔の血流速度に差があるような偽腔開存型の大動脈解離が良い適応である(Fig.



Figure 3 A 62-year old man with chronic Stanford type B dissection.

A: A Three-dimensional volume rendering (VR) image of MRA shows anatomical relationship of true lumen and false lumen.

B: An oblique sagittal partial maximum intensity projection (MIP) image of MRA shows the entry as a defect of intimal flap (arrow).

C: An oblique coronal multiplanar reconstruction (MPR) image of MRA shows right renal artery branched from true lumen (arrow), and left renal artery originated from false lumen (arrowhead).

D: An oblique axial MPR image shows celiac artery branched from small true lumen (arrowhead).

E: An oblique axial MPR image shows superior mesenteric artery branched from small true lumen (arrowhead).

T: true lumen, F: false lumen

A	B	C
D	E	

3). 大動脈解離症例で本法の診断能を血管造影 (IA-DSA) を gold standard として比較したわれわれの施設での検討では, entry の描出, 主要分枝の描出, 分枝の真腔または偽腔からの起始, 分枝への解離の波及とともに IA-DSA に匹敵する診断能が得られた³⁾。このほかにも呼吸停止が不可能な新生児や小児例にも応用が可能であるので大動脈弓部の奇形も本法で診断できる⁴⁾。

本法の欠点は静脈の混入がある程度避けられない点と呼吸や拍動によるアーチファクトが混入する点である。

(2) Time resolved MRA

短い繰り返し時間 (TR) とエコー時間 (TE) を用いて, 時間分解能の高い MRA を得る方法である。具体的には, 造影剤を急速注入しながら, 1 画像あたり数秒が

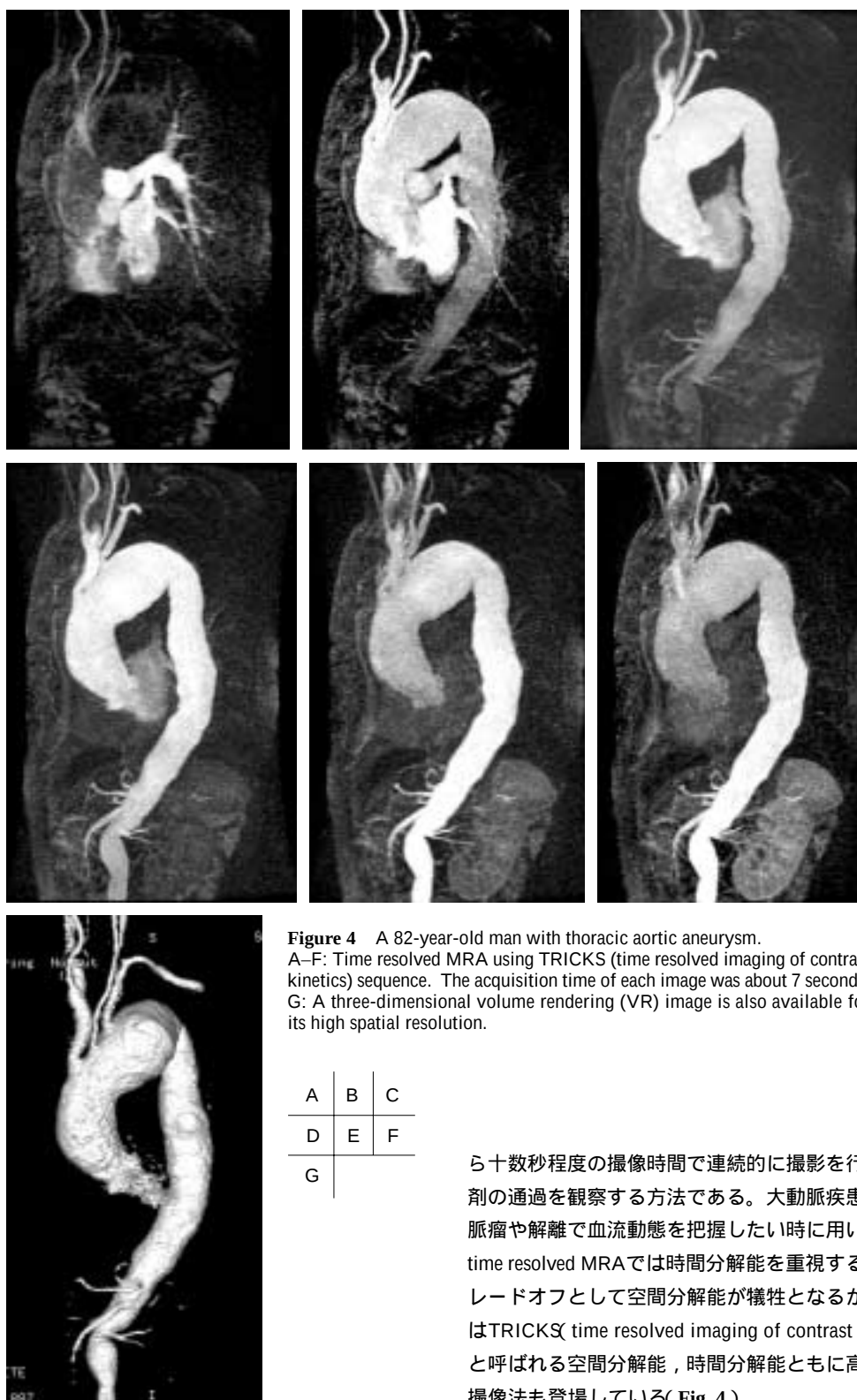


Figure 4 A 82-year-old man with thoracic aortic aneurysm. A–F: Time resolved MRA using TRICKS (time resolved imaging of contrast kinetics) sequence. The acquisition time of each image was about 7 seconds. G: A three-dimensional volume rendering (VR) image is also available for its high spatial resolution.

A	B	C
D	E	F
G		

ら十数秒程度の撮像時間で連続的に撮影を行って造影剤の通過を観察する方法である。大動脈疾患では大動脈瘤や解離で血流動態を把握したい時に用いられる。time resolved MRAでは時間分解能を重視するためにトレードオフとして空間分解能が犠牲となるが、最近ではTRICKS(time resolved imaging of contrast kinetics)と呼ばれる空間分解能、時間分解能ともに高い優れた撮像法も登場している(Fig. 4)。

MRAのトピックス

(1) パラレルイメージング

複数の受信コイルを用いて撮像を行う方法⁶⁾, SENSE, ASSET, PAT, SPEEDERなどとも呼ばれている。原理的には撮像時間を「1/コイル数」まで短縮することができる。また、あらゆるパルスシーケンスにも応用が可能な利点があり、従来用いていた撮像法を発展させて使用することもできる。撮像時間の短縮ばかりでなく、空間分解能を向上させる方向で使用することもできる(Fig. 5)。

(2) Adamkiewicz動脈

臨床的にAdamkiewicz動脈が重要な意味を持つのは下行大動脈の手術に際してである。大動脈瘤等で下行大動脈の人工血管置換術が行われる際には、脊髄の血流を確保するために肋間動脈の再建を行う必要がある。一方で、脊髄を栄養しているAdamkiewicz動脈は肋間あるいは腰動脈から分岐するが、個人差が大きい

ことが知られており、通常は第7肋間動脈から第2腰動脈の間で、これらの中の1本から分岐する。このAdamkiewicz動脈を分岐する1本の肋間(腰)動脈を術前に知ることができれば、術後の脊髄虚血に起因する対麻痺の回避に寄与できると考えられる。

MRAでAdamkiewicz動脈を描出する方法としてはtime resolve法を用いる方法⁷⁾とslow infusion法を用いる方法があるが、われわれの施設では後者を選択している⁸⁾。MRAでのAdamkiewicz動脈の描出率は67～69%である(Fig. 6)。

一方でMDCTを用いてAdamkiewicz動脈を描出する試みも報告されているが、MRAでは骨構造が描出されないの、大動脈から肋間動脈、Adamkiewicz動脈そして前脊髄動脈へと至る連続性を追跡しやすい利点がある。MRAでこの連続性を証明できたのはAdamkiewicz動脈が描出された症例のうちの80%であった。CTAにおいてはTakaseらが、4列のMDCTを用いてスライス厚2mmで撮影した場合、Adamkiewicz動脈の描出率は90%にも上るが、連続性が証明されたの



Figure 5 A 69-year-old woman with infrarenal abdominal aortic aneurysm. High spatial resolution MRA was performed using a parallel imaging method. The acquisition time was 21 seconds. Note the visualization of the abdominal visceral branches and iliac arteries.

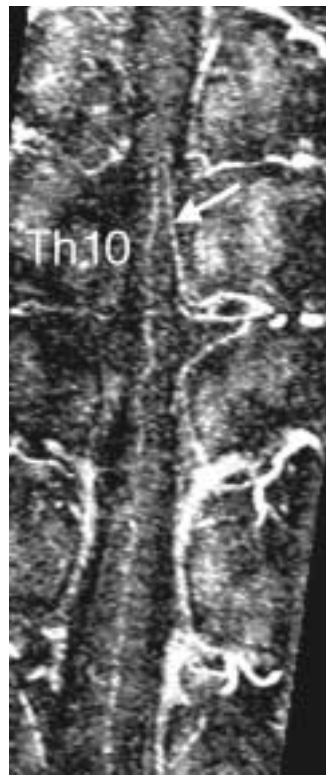


Figure 6 A 74-year-old man with thoracic aortic aneurysm. MRA was performed by a slow infusion method. An oblique coronal multiplanar reconstruction (MPR) image shows the artery of Adamkiewicz with characteristic 'hairpin turn' (arrow). Th10: 10th thoracic vertebra

はその中の3割にも満たなかったと報告している⁹⁾。われわれの施設で同じMDCTを用いてスライス厚1mmで検討した結果でも連続性が証明できたのは62.5%であった⁸⁾。MRAでもCTAでも、Adamkiewicz動脈とこれに類似した走行を呈する静脈を正しく鑑別することはきわめて重要であるが、そのためには連続性を証明することが最も確実な鑑別方法であり、この点でMRAはCTAに優っている。また、大動脈瘤を有する症例ではAdamkiewicz動脈を分岐する肋間動脈はしばしば閉塞し、側副血行路が形成されていることがあるが、この描出もMRAでは可能である^{8,10)}。さらには解離性大動脈瘤ではMRAのほうがCTAよりもAdamkiewicz動脈の描出率が高い利点もある。われわれの検討ではCTAでは40%であったのに対し、MRAでは70%の描出率が得られている⁸⁾。

MRAとCTA

MRAはCTAと比較して、放射線被曝がない、使用する造影剤の副作用の頻度が低く、かつ腎毒性も少ない、血管構造以外は描出されないことで画像処理が容易であるなどの利点を有している。反面CTAと比較して、空間分解能が劣る、石灰化の情報が得られないなどの欠点がある。

したがって、小児例などで被曝を避けなければならない場合、大動脈瘤や解離で長期の経過観察が必要となり繰り返し画像診断を行う場合、腎機能障害がある症例、ヨード性造影剤にアレルギーがある場合にはMRAが推奨される。

おわりに

大動脈疾患におけるMRI診断についてMRAを中心に述べた。MRAには種々の撮像法が存在し、得られる情報量も多いが、MDCTを含めて疾患や病態に適した方法を選択することが重要である。

文 献

- 1) Yucel EK, Anderson CM, Edelman RR et al: AHA scientific statement. Magnetic resonance angiography: Update on applications for extracranial arteries. *Circulation*, 1999, **100**: 2284–2301.
- 2) Prince MR: Gadolinium-enhanced MR aortography. *Radiology*, 1994, **191**: 155–164.
- 3) 吉岡邦浩, 玉川芳春, 大平篤志他: MRA of entire aorta: 大動脈解離における有用性の検討. *臨放*, 1998, **43**: 139–146.
- 4) 大津 修, 小山耕太郎, 吉岡邦浩他: 三次元磁気共鳴血管造影による小児大動脈病変の評価. *岩手医誌*, 2001, **53**: 233–241.
- 5) Korosec FR, Frayne R, Grist TM et al: Time-resolved contrast-enhanced 3D MR angiography. *Magn Reson Med*, 1996, **36**: 345–351.
- 6) Pruessmann KP, Weiger M, Scheidegger MB et al: SENSE: Sensitivity-encoding for fast MRI. *Magn Reson Med*, 1999, **42**: 952–962.
- 7) Yamada N, Takamiya M, Kuribayashi S et al: MRA of the Adamkiewicz artery: A preoperative study for thoracic aortic aneurysm. *J Comput Assist Tomogr*, 2000, **24**: 362–368.
- 8) Yoshioka K, Niinuma H, Ohira A et al: MR angiography and CT angiography of the artery of Adamkiewicz: Noninvasive preoperative assessment of thoracoabdominal aortic aneurysm. *Radiographics*, 2003, **23**: 1215–1225.
- 9) Takase K, Sawamura Y, Igarashi K et al: Demonstration of the artery of Adamkiewicz at multi-detector row helical CT. *Radiology*, 2002, **223**: 39–45.
- 10) Yoshioka K, Niinuma H, Kawazoe K et al: Three-dimensional demonstration of the Adamkiewicz artery and its collateral supply with contrast-enhanced magnetic resonance angiography. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2004, **26**: 440–441.

MR Imaging and MR Angiography of Aortic Disease

Kunihiro Yoshioka,¹ Hiroyuki Niinuma,² Yoshinobu Ogino,² Tamotsu Takahashi,² and Shigeru Ehara¹

¹Department of Radiology, Memorial Heart Center,
and ²Second Department of Internal Medicine,
Iwate Medical University School of Medicine, Iwate, Japan

Key words: MRI, MRA, aorta, aneurysm

Magnetic resonance imaging (MRI) and MR angiography (MRA) play a critical role in diagnosing aortic disease such as aortic dissection and aneurysm. Additionally, the advent of enhanced MRA has permitted MRA to advance dramatically and several new imaging techniques to emerge as well. While CT angiography using multidetector-row CT has made a great innovation, MRA may enable demonstration of more adequate diagnostic information on such as the artery of Adamkiewicz. (J Jpn Coll Angiol, 2004, **44**: 685–691)