

Adamkiewicz動脈のCTAとMRA

吉岡 邦浩 田中 良一

要 旨：最近のCTAとMRAの進歩はAdamkiewicz動脈の非侵襲的画像診断を可能とした。これらの方法を用いて診断を行う場合には、Adamkiewicz動脈と前根髄質静脈を正確に区別することが特に重要である。CTAは三次元表示や側副血行路の描出に適しており、MRAは解離性大動脈瘤においてAdamkiewicz動脈を分岐する肋間動脈が偽腔から起始する場合の描出に優れている。

(J Jpn Coll Angiol, 2009, 49: 517-521)

Key words: Adamkiewicz artery, CT, MRI, angiography

はじめに

近年のCT, MRIはハード, ソフト両面ともに進歩がめざましい。特にマルチスライスCTを用いたCT血管造影(CT angiography: CTA)とMRIの技術を用いたMR血管造影(MR angiography: MRA)は、心臓血管領域では侵襲的な血管造影法に匹敵する診断精度を持つまでに発展している。一方、胸(腹)部大動脈瘤の症例において、術後対麻痺の回避を目的としてCTAやMRAを用いて、Adamkiewicz動脈を手術前に同定する試みが広まりつつある。本稿では、これらの非侵襲的な診断法を用いてAdamkiewicz動脈の診断を行う場合の注意点、その診断精度、将来展望について解説する。

Adamkiewicz動脈の解剖

Adamkiewicz動脈は、脊髄の尾側 1/3 を栄養する太さ 1mm前後の細い動脈で、大前根髄質動脈(great anterior radiculomedullary artery)の別名であり、これを最初に報告したポーランド生まれの病理学者であるAlbert Wojciech Adamkiewicz(1850~1921)にちなんでいる。解剖学的にAdamkiewicz動脈を分岐する肋間あるいは腰動脈の位置は個体差が大きいことが知られており、本邦の剖検例での検討では第 8 肋間動脈から第 1 腰動脈の間で分岐するものが91%で、左側から分岐する確率が72%

と報告されている¹⁾。その走行経路は概ね次のようである。下行大動脈から分岐した肋間(腰)動脈は椎体の外側で前枝と後枝に分かれる。前者は肋骨に沿って走行するのに対し、後者は脊柱管内へと向かう。その後枝は根髄質動脈、筋枝、椎体枝に分かれ、根髄質動脈はさらに前根髄質動脈と後根髄質動脈に分かれる。前根髄質動脈は脊髄の前根に沿って脊柱管内に入り、脊髄の前面を頭側に向かって斜走した後前脊髄動脈と合流する。この前根髄質動脈は複数存在するが、その中で最も太いものが大前根髄質動脈、即ちAdamkiewicz動脈である。Adamkiewicz動脈が前脊髄動脈と合流する際には特徴的な“ヘアピンターン(ヘアピンカーブ)”を描く。この特徴的な形態がCTAやMRAでAdamkiewicz動脈を診断する際の重要な目印となる。

侵襲的画像診断法(血管造影)

CTAやMRAが登場する以前は、血管造影がAdamkiewicz動脈を診断する唯一の方法であり、カテーテルを用いて左右の肋間(腰)動脈を 1 本ずつ選択して造影する必要があった。しかし、手術適応を有するような大きな大動脈瘤や大動脈解離を持つ症例では、手技的に施行が困難であるばかりでなく、破裂や血栓症等のリスクを伴うためにわが国で行われることはほとんどなかった。しかし、ヨーロッパからは血管造影によるAdamkiewicz動脈

診断の報告が散見される。ところが、480例という多数の症例を対象とした最近の検討でも、Adamkiewicz動脈の診断率は86%と高かったものの、瘤破裂による死亡が2例、対麻痺を含む重大な合併症も1.2%に発生したことが報告されている²⁾。

このような背景から、非侵襲的画像診断法であるCTAやMRAによるAdamkiewicz動脈の診断に期待が寄せられていた。

非侵襲的診断法(CTAとMRA)

(1)注意点:動静脈の区別

CTAやMRAでAdamkiewicz動脈の診断を行う際に最も留意しなければならないのは、動脈(Adamkiewicz動脈)と静脈(前根髄質静脈)を厳密に区別することである。CTAでもMRAでも、描出された血管(この場合はAdamkiewicz動脈)が、必ずしも正確に動脈相で撮影されているとは限らず、動静脈が混在して描出されるタイミングで撮影されていたり、場合によっては静脈だけが描出されていたりする場合もあり得る。そのうえ、形態的にAdamkiewicz動脈と前根髄質静脈は非常に類似しており、両者の区別は容易ではない。解剖学的には、Adamkiewicz動脈は前脊髄動脈と合流する際に急峻な角度で“ヘアピンターン”を描くのに対し、前根髄質静脈と前脊髄静脈が形成する角度は動脈より鈍角で“コートフック”状と形容されている。しかし、実際の臨床では典型例はむしろ少なく、このような形態のみを根拠として診断を行うことは非常に困難である³⁾。繰り返すが、“ヘアピンターン”という形態だけで診断を行った場合には、常に前根髄質静脈を誤ってAdamkiewicz動脈と判定している危険性を孕んでいることに留意しなければならない。

今のところ、形態以外の情報で動静脈の区別を行う方法として、次に述べる2つの工夫がある。一つは、画像処理の技術を用いて大動脈から肋間動脈を経て、Adamkiewicz動脈、そして前脊髄動脈へと至る経路の連続性を証明する方法である。もう一つは、同じ場所を経時的に複数回撮影する、いわゆるダイナミック撮影(多相撮影)を行って動静脈を区別する方法である。それぞれの方法の詳細は次のCTAとMRAの項目の中で述べる。

(2)CTA

マルチスライスCTを用いて造影CTを行うが、非常に

細い血管が検査の対象となるので、できるだけ薄いスライス厚で撮影することが望ましい。また、造影剤も通常の大動脈瘤や大動脈解離の診断のときとは異なり、高濃度の非イオン性のヨード造影剤を通常量より多く使用する必要がある。われわれの施設では、370mgI/mlの高濃度造影剤を秒間3.5mlの注入速度で、注入量2.0ml/kgのプロトコルを用いている⁴⁾。一方、Utsunomiyaらは中濃度と高濃度の造影剤を比較した検討を行い、350mgI/mlの造影剤を秒間5.0mlで100mlを注入した場合がAdamkiewicz動脈の描出率が最も高かったと報告している⁵⁾。

CTAでAdamkiewicz動脈を診断する手順は以下のようである。まず、MPR(multiplanar reformation)画像を用いて脊髄の前面でヘアピンターンを描く血管を探索する(Fig. 1A)。それが見つかったら、上流方向(大動脈方向)へ連続性に注意しながら追跡する。最終的にはCPR(curved planar reformation)画像を用いて、前脊髄動脈—Adamkiewicz動脈—根髄質動脈—肋間動脈の後枝—肋間動脈—大動脈を「一筆書き」のように描出し連続性を証明する(Fig. 1C)。この方法では解剖学的位置関係が失われるが、これを補うにはVR(volume rendering)法を用いた三次元画像(Fig. E)を追加することも有用である⁶⁾。

大動脈瘤や大動脈解離等の大動脈疾患を有する症例を対象とした研究でのCTAによるAdamkiewicz動脈の診断能をTable 1に示す。

(3)MRA

MRAでのAdamkiewicz動脈の診断方法には2つの方法がある⁸⁾。一つは空間分解能を重視したhigh spatial resolution MRAで、造影剤を0.2ml/秒程度で緩徐に持続注入しながら撮像することからslow infusion法とも呼ばれる。この方法では高い空間分解能を生かして、CTAと同様に大動脈からの連続性を証明することで動静脈の識別を行う(Fig. 1B, D)^{3,4)}。

もう一つは、時間分解能を重視するtime-resolved MRAと呼ばれる方法で、造影剤を秒間3~4mlのスピードで急速注入しながら1回あたり20~60秒程度の高速撮像法を用いて、同じ場所を多時相(ダイナミック)撮像する方法である⁸⁻¹⁰⁾。この方法では造影剤の動態を経時的に観察できるので動脈相と静脈相を区別することができる。

MRAは放射線被ばくがなく、使用する造影剤の安全性が高い、骨構造の影響を受けない等の利点があるが、CTAと比較して撮像に技術と熟練を要するのが大きな問題

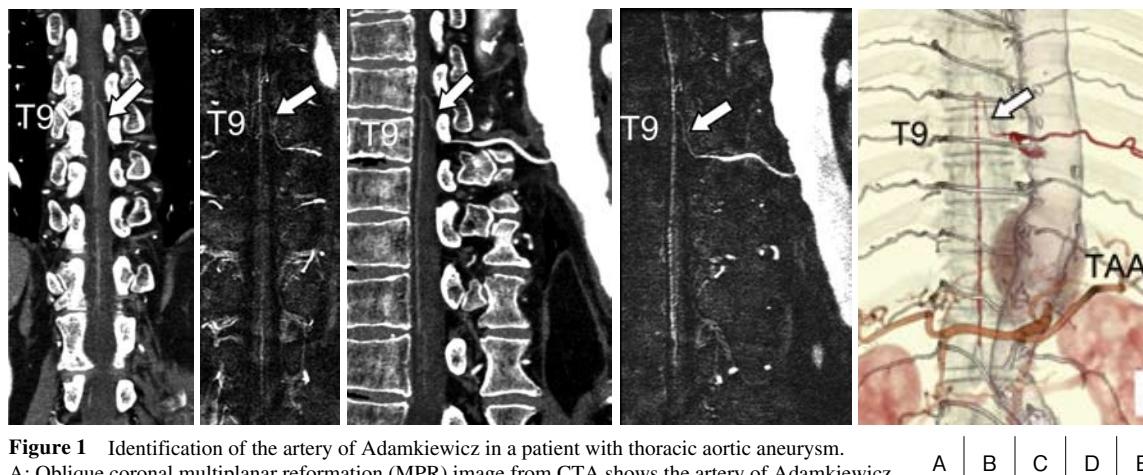


Figure 1 Identification of the artery of Adamkiewicz in a patient with thoracic aortic aneurysm.

A: Oblique coronal multiplanar reformation (MPR) image from CTA shows the artery of Adamkiewicz (arrow). This artery has a characteristic hairpin turn connection with the anterior spinal artery.

B: Oblique coronal MPR image from MRA shows the artery of Adamkiewicz (arrow).

C: Curved planar reformation (CPR) image from CTA shows continuity of the aorta, left 9th intercostal artery, radiculomedullary artery, the artery of Adamkiewicz (arrow), and anterior spinal artery.

D: CPR image from MRA shows the entire sequence from the aorta to the artery of Adamkiewicz (arrow) and anterior spinal artery.

E: Three-dimensional volume-rendered (VR) image from CTA, displayed with a semitransparent skeletal system and aorta. Arrow indicates the artery of Adamkiewicz.

T9: 9th thoracic vertebra, TAA: thoracic aortic aneurysm

Table 1 Detection rates for the artery of Adamkiewicz by CTA

	No. of patients	No. of detector rows	Slice thickness (mm)	Detection rate (%) by hairpin turn	Detection rate (%) by continuity
Takase K et al, 2002 ⁷⁾	70	4	2	90	29
Yoshioka K et al, 2003 ⁴⁾	30	4	1	80	50
Yoshioka K et al, 2006 ³⁾	30	16	0.5	83	60
Utsunomiya D et al, 2008 ³⁾	20	64	0.5	80	50

Table 2 Detection rates for the artery of Adamkiewicz by MRA

	No. of patients	Method	Detection Rate (%) by multiphase imaging	Detection Rate (%) by continuity
Yamada N et al, 2000 ⁹⁾	26	Time-resolved MRA	69	—
Hyodoh H et al, 2005 ¹⁰⁾	50	Time-resolved MRA	84	—
Yoshioka K et al, 2003 ⁴⁾	30	High Spatial Resolution MRA	—	57
Yoshioka K et al, 2006 ³⁾	30	High Spatial Resolution MRA	—	80

点である。**Table 2** に大動脈疾患を有する症例を対象とした報告でのMRAによるAdamkiewicz動脈の診断能を示す。

(4) CTA vs. MRA

CTAとMRAはそれぞれに利点と欠点を有している

が、大動脈瘤の手術を前提としてAdamkiewicz動脈を診断する場合を想定すると、われわれは次に掲げる事項が重要と考えている。

1) 側副血行路の描出(CTA > MRA)

高度の動脈硬化等によってAdamkiewicz動脈を分岐す

Table 3 Comparison of CTA and MRA

	CTA	MRA high spatial resolution method	MRA time resolved method
Proof method	Continuity	Continuity	Multiphase imaging
Technique	Easy	Hard	Moderate
Interruption by osseus structure	Yes	No	No
Demonstraion of the collateral circulation	Good	Partial	Partial
Aortic dissection (False lumen origin)	Poor	Good	Good
3D demonstration	Good	Fair	—

る肋間(腰)動脈が閉塞し、側副血行路が形成されていることがある。閉塞部位は、そのほとんどが大動脈からの起始部である。このような症例は決して稀ではなく、われわれの施設の検討では23%の頻度で認められた³⁾。さまざまな経路の側副血行路が形成されるが、肋間(腰)動脈の筋枝を介するものが多い。このような側副血行路はCTAでもMRAでも描出が可能である。しかし、MRAは撮像範囲が脊柱管の周囲に制限されるために、この範囲を超えて形成される側副血行路は描出できない弱点がある。例えば、肋間動脈の前枝の末梢部を架橋するルートや内胸動脈を経由するようなルートはMRAでは描出が不可能な部分が生じる。しかし、視野に制限のないCTAではそのルートの全容を描出することができる^{3,11)}。

2) 偽腔開存型大動脈解離への対応(CTA < MRA)

偽腔開存型大動脈解離では、肋間(腰)動脈は真腔からも偽腔からも起始し得る。Adamkiewicz動脈を分岐する肋間(腰)動脈においても同様である。もし、Adamkiewicz動脈を分岐する肋間(腰)動脈が偽腔から起始している場合には、CTAでのAdamkiewicz動脈の描出は非常に困難な場合が多い。それは、偽腔内の血流は遅延しており造影タイミングの最適化が困難なことから、手術適応を有するような解離性瘤では偽腔の拡大が著しいために、偽腔内の造影剤が希釈されてしまうためである。われわれの施設の検討でも、解離性大動脈瘤におけるAdamkiewicz動脈の描出率は、連続性の証明を診断根拠とした場合に、MRAでは92%であったのに対してCTAではわずか58%であった³⁾。

3) 三次元表示(CTA > MRA)

Volume rendering(VR)法を用いた三次元表示は大動脈瘤や大動脈解離の病変の広がりや周囲組織との解剖学的な位置関係の把握に有用である。同様に、Adamkiewicz動脈を分岐する肋間(腰)動脈の位置の把握

にも有用である。Adamkiewicz動脈の高さの診断のみならず、それを分岐する肋間(腰)動脈と大動脈(瘤)との位置関係、主要な分枝(例えば腹腔動脈)との位置関係を立体的に知るうえで三次元画像は役に立つ。この画像は、手術を実際に行う外科医と情報を共有し、手術方法や術式を検討するうえで特に有用である。このような画像を得るのには空間分解能に優れ、骨組織や石灰化の情報も得られるCTAの方が適している。

Table 3 にCTAとMRAの利点と欠点の要点を示す。このように一長一短のあるCTAとMRAではあるが、もし同一症例に対して両方の検査を行うことができれば、Adamkiewicz動脈の診断能は、連続性の証明を診断根拠とした場合でも、90%と非常に良好な成績が報告されている³⁾。この診断能は侵襲的な血管造影法に匹敵する。

将来展望

CTでは、320列という超多列のマルチスライスCTや、現在よりも高い空間分解能を有する新型の装置が既に稼働している。これらがAdamkiewicz動脈の診断に用いられれば、前者ではワイドな検出器を生かしたダイナミック(多相)撮影による動態診断が可能となるであろうし、後者の高空間分解能は細いAdamkiewicz動脈の診断には打って付けて、例えば連続性の証明が容易になることから診断能の向上が期待される。

MRIでは、高磁場(3 テスラ)装置が普及しつつあるが、この装置では、信号・ノイズ比や空間分解能の向上が可能である。一方、現在の1.5テスラ装置でも非造影MRAが急速に進歩しており、これをAdamkiewicz動脈の診断に応用する試みも始まっている。

これらの方法が実現されれば、現在よりも診断能が向上するであろうし、より容易に診断ができるようになるものと思われる。

文 献

- 1) Koshino T, Murakami G, Morishita K et al: Dose the Adamkiewicz artery originate from the larger segmental arteries? *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1999, **117**: 898–905.
- 2) Kieffer E, Fukui S, Chiras J et al: Spinal cord angiography: a safe adjunct before descending thoracic or thoracoabdominal aortic aneurysm. *J Vasc Surg*, 2002, **35**: 262–268.
- 3) Yoshioka K, Niinuma H, Ehara S et al: MR angiography and CT angiography of the artery of Adamkiewicz: state of the art. *Radiographics*, 2006, **26** (suppl 1) : S63–S73.
- 4) 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.
- 5) Utsunomiya D, Yamashita Y, Okumura S et al: Demonstration of the Adamkiewicz artery in patients with descending or thoracoabdominal aortic aneurysm: optimization of contrast-medium application for 64-detector-row CT angiography. *Eur Radiol*, 2008, **18**: 2684–2690.
- 6) Yoshioka K, Niinuma H, Ohira A et al: Three-dimensional demonstration of the artery of Adamkiewicz by multidetector-row computed tomography. *Ann Thorac Surg*, 2004, **78**: 719.
- 7) 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.
- 8) Backes WH, Nijenhuis RJ: Advanced in spinal cord MR angiography. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2008, **29**: 619–631.
- 9) Yamada N, Takamiya M, Kuribayashi S, et al: MRA of the Adamkiewicz artery: a preoperative study for thoracic aortic aneurysm. *J Compute Assist Tomogr*, 2000, **24**: 362–368.
- 10) Hyodoh H, Kawaharada N, Akiba H, et al: Usefulness of preoperative detection of artery of Adamkiewicz with dynamic contrast-enhanced MR angiography. *Radiology*, 2005, **236**: 1004–1009.
- 11) Yoshioka K, Niinuma H, Kawazoe K et al: Three-dimensional demonstration of the collateral circulation to the artery of Adamkiewicz via internal thoracic artery with 16-row multi-slice CT. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2005, **28**: 492.

CT Angiography and MR Angiography of the Artery of Adamkiewicz

Kunihiro Yoshioka and Ryoichi Tanaka

Cardiovascular Radiology, Iwate Medical University Hospital, Iwate, Japan

Key words: Adamkiewicz artery, CT, MRI, angiography

New developments in CT angiography (CTA) and MR angiography (MRA) enable non-invasive diagnosis of the artery of Adamkiewicz. It is very important to differentiate the artery of Adamkiewicz from the anterior radiculomedullary vein in both CTA and MRA.

CTA is suitable for three-dimensional demonstration and visualization of the collateral circulation to the artery of Adamkiewicz.

MRA is superior for depiction of the artery of Adamkiewicz when it arises from false lumen of a dissecting aortic aneurysm. (J Jpn Coll Angiol, 2009, **49**: 517–521)