

総説

大血管、末梢血管領域におけるMultidetector CTの有用性

大田 英揮¹⁾・高瀬 圭¹⁾・高橋 昭喜²⁾

1) 石巻赤十字病院放射線科(現: 東北大学大学院医学系研究科量子診断学分野)

2) 東北大学大学院医学系研究科量子診断学分野

Efficacy of Multidetector CT for Evaluation of Vascular diseases

Hideki Ota, M.D.¹⁾, Kei Takase, M.D.¹⁾, Shoki Takahashi, M.D.²⁾

1) Ishinomaki Red Cross Hospital, Department of Radiology.

2) Tohoku University Graduate School of Medicine, Department of Diagnostic Radiology.

抄録

Multidetector CT (MDCT)の空間分解能および時間分解能の飛躍的な向上によって、大血管、及び末梢血管領域にCTAの有用性が大きく高まった。一方、MDCTを十分に活かすためには適切なプロトコルや、患者協力などの撮影に対する工夫が欠かせない。本稿では、我々の施設で通常行われている血管系の撮影法を部位毎に分けて紹介する。読影においては、3D画像を参考にしながら元画像やmultiplanar reformation (MPR)像の観察を paging法で丹念に行うことが大切である。

Abstract

Multidetector CT has made it possible to cover a long segment with thin collimation in a very short time and has given a great clinical efficacy on CT angiography of vascular diseases. However, acquisition protocol with careful preparation of patient before scanning should be properly designed to gain clinically satisfactory CT images. We report our usual protocols for each segment of various vessels based on our experience. As to reading images, we emphasize on the importance of careful observation of original axial and other multiplanar reformation images by paging method with reference to three-dimensional reconstructed images.

Key words: MDCT, CTA, aortic disease, peripheral arterial occlusive disease, DVT

はじめに

Multidetector CT (MDCT)によって、従来のCTと比較してより速く、より広範囲を、より細かく撮影することが可能になった。特に、大血管、末梢血管の領域においては、これら全ての特徴を生かすことで、高い診断能をもって評価できるようになった^{1,2)}。また、検査の侵襲度、血管以外の付加情報が得られることなどから、部位によっては今まで診断のゴールドスタンダードであったDSAに取って代わろうとしている面もある³⁾。一方、撮影に際して適切なプロトコル、造影タイミング、患者の協力など、良好な画像を得るための工夫も不可欠である⁴⁾。本稿では、我々が日常用いているMDCTによる主要血管の評価法を主な撮影部位毎に、撮影法、読影法、及びワークステーションでの処理法を含めて紹介する。

撮影方法

本稿で述べる方法は東芝製 Aquillion (4, 8検出器)を用いた我々の経験に基づくものである。

撮影は0.5秒スキャンで、基本的に4検出器では2mmコリメーション、ピッチ5.5、8検出器では1mmコリメーション、ピッチ10で行い、各々2mm厚または1mm厚の50%オーバーラップ再構成を行っている。例外は、Adamkiewicz arteryの描出、腎動脈の評価などであり、これらについては後にその都度解説する。

ワークステーション

3D-CTAの評価に、ワークステーションの習熟は必須である。我々の施設では現在Amin社製ZIO M900 Quadraを用いている。読影はいずれの場合においても軸位断の paging法を基本とし、multiplanar reformation (MPR)、volume rendering (VR)、maximum intensity projection (MIP) 画像などを加味して総合的に画像を判断する。3D画像の作成に当たり特にVR、MIPでは骨成分を除去することが必要になるが、適切なCT値の閾値を設定することで、いずれの対象範囲でもワークステーション上にて15分程度で骨除

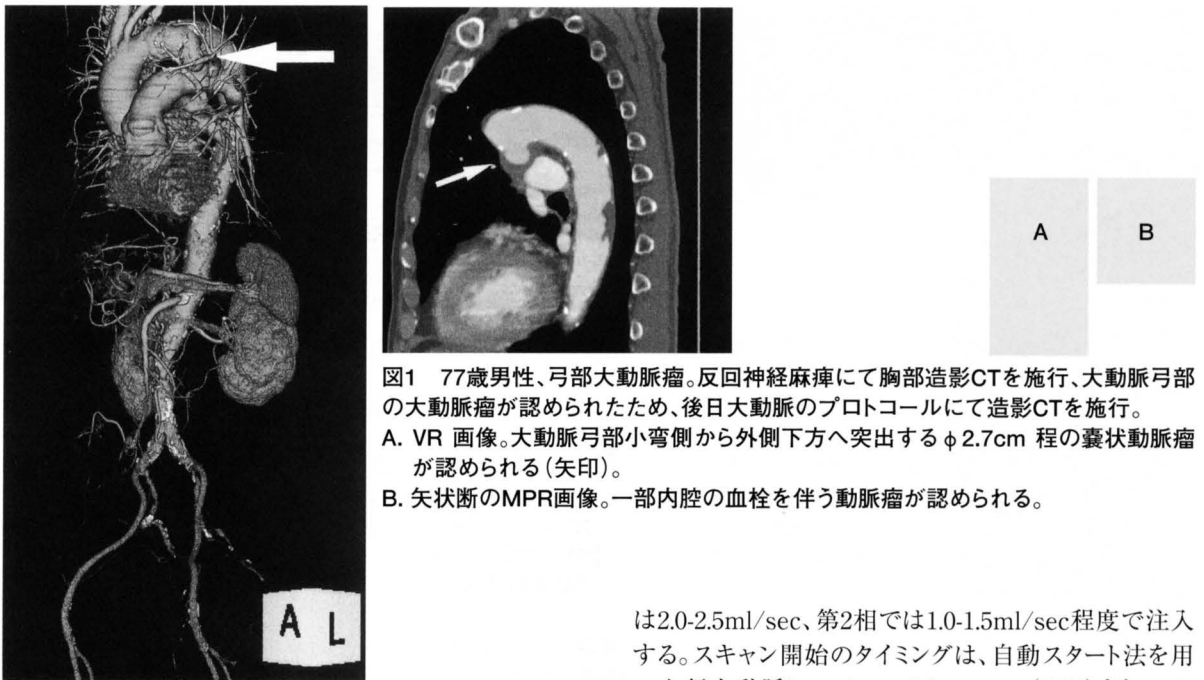


図1 77歳男性、弓部大動脈瘤。反回神経麻痺にて胸部造影CTを施行、大動脈弓部の大動脈瘤が認められたため、後日大動脈のプロトコールにて造影CTを施行。
A. VR 画像。大動脈弓部小弯側から外側下方へ突出するφ2.7cm 程の嚢状動脈瘤が認められる(矢印)。
B. 矢状断のMPR画像。一部内腔の血栓を伴う動脈瘤が認められる。

去されたVR、MIP画像が作成できる⁵⁾。

大動脈

2mmコリメーション、ピッチ5.5(4検出器)あるいは1mmコリメーション、ピッチ10(8検出器)でヘリカルスキャンを行い、それぞれ50%オーバーラップ再構成を行っている。肺尖部から大腿骨頭下端部までをルーチンで撮影している。スキャン時間は約25秒程度である。呼吸によるアーチファクトをできるだけ避けるため、被験者に事前に酸素投与をしたり、スキャン前の過換気を指導し、スキャン中は可及的に息止めをしてもらうようにする。骨盤部より尾側では血管の呼吸性移動はほとんど問題ないため安静呼吸としても構わない。

全大動脈の単純CTは、大動脈壁内血腫の診断や、大動脈瘤の破裂や切迫破裂時の血栓の評価に有用であり、造影遅延相は大動脈解離の血流の遅い偽腔内や、大動脈炎症候群の壁の状態、静脈の位置関係を把握するために有用である。これらは初回検査時には必ず撮影し、以後の検査では適宜追加する。いずれの場合も2mmコリメーションで撮影する。

造影は、320mgI/ml濃度の非イオン性造影剤を2相性に注入する。初期注入量は4検出器では体重に応じて40-50mlを1.5-2.0ml/secの速度で、第2相は20-25mlを1.0-1.5ml/secで注入する。8検出器では同量を第1相で

は2.0-2.5ml/sec、第2相では1.0-1.5ml/sec程度で注入する。スキャン開始のタイミングは、自動スタート法を用い上行大動脈にregion of interest (ROI)をとって、CT値が85HUに達したところで自動的に息止めの指示が入り撮影が開始されるように設定する(Real Prep法)。本法が使用できない機種では40秒のdelayをおく。なお、8検出器で2mmコリメーションにて撮影すると撮影時間及び造影剤投与量を大幅に減らすことができるが、心機能の低下した患者などではテーブルの移動スピードが造影剤を追い越してしまうことがあるので、そのような場合にはスキャン開始時間を遅らせる必要がある。

読影に際しては軸位断のpaging法を基本とするが、弓部や蛇行の強い部分では大動脈解離のエントリー部位を検索する場合など、MPR画像のpagingも積極的に用いることが重要である。また、大動脈からの各分枝が、偽腔、真腔のどちらから出ているのかを判断するのにもpaging法による丹念な読影が必要である。一方、腎動脈から、腎動脈分岐下大動脈瘤までの距離など、長軸方向の計測にはMPR及びVR、MIP画像を用いた方がわかり易い(図1)。

骨盤一下肢動脈

閉塞性動脈硬化症を初めとする末梢動脈閉塞性疾患が主な適応である。第2腰椎レベルから尾側方向に1mの範囲を撮影する。造影は体重に応じて320-370mgI/mlの濃度の造影剤を1.8-2.5ml/mlで注入し、スキャン開始レベルにROIをとり大動脈の場合と同様にCT値を85HUに設定して自動的に撮影スタートさせる。撮影時間は40秒以上になるが、骨盤部以下は呼吸によ

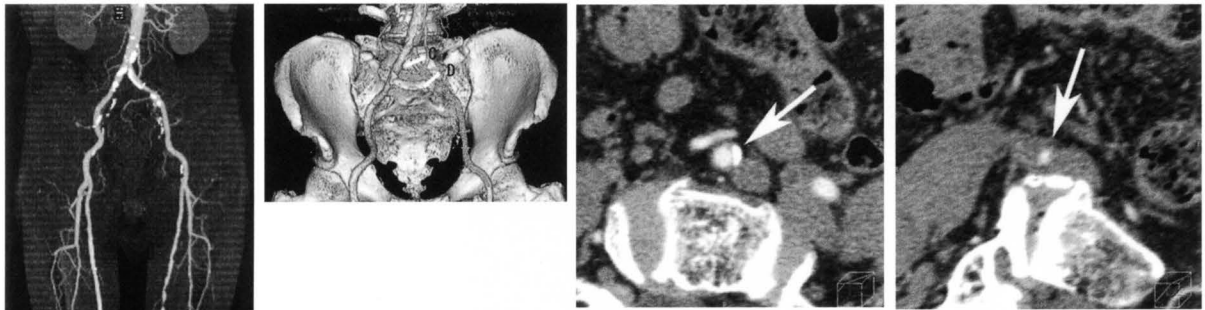
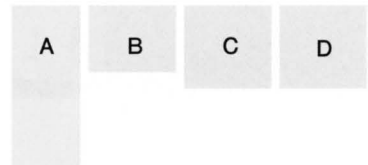


図2 74歳男性、閉塞性動脈硬化症。間欠性跛行を主訴に来院。Ankle-brachial pressure indexは両側とも低下していた。

- A. MIP画像。両側下肢動脈に多発性の狭窄性病変が認められる。しかし石灰化のある部分では、狭窄の評価は困難である。
- B. VR画像。血管の走行に垂直な断面を持つMPR画像を作成する。VR画像上に任意の血管の2点を設定すると、その中央線が自動的にトラッキングされ、それに垂直なMPR画像を任意の枚数で自動的に作成される。作成されたMPR画像はpaging法で観察していく。C,Dの線は以下に示すC,Dの血管断面を含むMPR画像の位置に対応している。
- C. 左総腸骨動脈に石灰化を伴っているが、狭窄は認められない(矢印)。
- D. 左外腸骨動脈の狭窄が認められる(矢印)。このように血管走行に垂直なMPR画像の評価により、蛇行した血管の評価についても正確な血管断面にて狭窄の評価が可能である。



る変動は考えなくてよいため、息止めは10秒程度のみとし、以後は安静呼吸とする。下肢のmotion artifactを最低限にするために、下肢はバンドなどを用いて動かないようにしっかり固定し、患者にも下肢を動かさないように指示する。4列では2mmコリメーション、1mm間隔再構成、8列では1mmコリメーション、1mm間隔で再構成を行い、いずれも再構成画像は900～1000枚程度である。8列の場合、1mmコリメーション0.5mm間隔再構成とすると、画像が2000枚近くになりワークステーションの負荷が大きくなってしまふこと、骨除去の作業が煩雑になることより現時点では実用的とは思えない。また、1mm間隔の再構成画像で十分に狭窄性病変の診断が可能と考えている。

下部腹部大動脈から下腿3分枝まで評価可能であるが、特に石灰化が強い場合や、蛇行の強い腸骨動脈領域は評価がやや難しくなる。しかしこのような場合にもpaging法で詳細に観察すればDSAにほぼ一致した正診率を得ることができる。我々の用いているワークステーションでは、血管走行に垂直な血管断面を含むMPR画像を自動的に作成する機能があり、これを用いると蛇行した腸骨動脈の血管断面による評価が容易かつ正確にできる⁶⁾(図2)。

腎動脈

腎血管性高血圧症における腎動脈の狭窄の有無を確認するのが主な目的となる。単純CTを2mmコリメーションで撮影後、Real prep法を用いて大動脈にROIを設定し閾値を85HUに設定して造影CTを1mmコリメーションで撮影する。腎動脈は体軸にほぼ平行に走行しているため、狭窄の判定にはZ軸方向の分解能が重要であるので、ピッチも4検出器で3.5、8検出器で7に設定し画質を向上させている。腎臓の場合、動静脈間で造影剤の到達の時間差が小さいが、我々のプロトコールでは腎静脈にはほとんど造影剤の流出はなく、3D画像作成が容易である。後期相は2mmコリメーションで撮影する。画像評価にはpaging法による観察の他、MIP、MPR画像にて血管径の測定をする。

なお、8列では腎実質の染まりが淡いうちに動脈相の撮影を終了できるため、腎実質内の動脈分枝も描出可能になっている(図3)。

肺動脈

肺血栓塞栓症や肺動脈奇形などが主な適応である。肺動脈亜区域レベルの血管までpaging法で観察可能である。肺血栓塞栓症では、臨床的に問題となるレベル

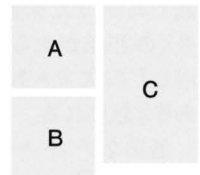


図3 50歳男性、腎動脈狭窄症、ステント留置後。
 A. VR画像。右腎動脈にステントが留置されている。左腎動脈にも狭窄が認められる。腎実質内の動脈分枝も良好に描出されている。
 B. MPR画像。ステント内は開存していることがわかる。左腎動脈の狭窄が認められる。



図4 78歳男性、肺血栓塞栓症および深部静脈血栓症。6年前にY-graft置換術を受けている。左下肢の腫脹を主訴に来院。肺動脈及び下肢静脈のデュアルスキャンを緊急で施行した。

- A. 軸位断画像。左肺動脈内に血栓が認められる(矢印)。
- B. MIP画像。左肺動脈の血栓による造影欠損が認められる(矢印)
- C. Curved planar reformation画像。血栓は左腸骨静脈全域にわたって認められる(矢頭)。



の血栓はMDCTで十分評価可能と考えている。肺血栓塞栓症の場合、肺野全体の単純CTを撮影後、大動脈弓上縁レベルから横隔膜の上縁レベル程度に範囲を絞り造影CTを4検出器では2mmコリメーション、ピッチ3.5、8検出器では1mmコリメーション、ピッチ7で撮影する。8検出器ではより細かく血栓の評価が可能になった印象がある。息止めが困難な場合には酸素投与を行う。造影剤の投与方法であるが、ほとんどの場合後に述べる下肢静脈の評価も同時に行うため、370mgI/mlの造影剤を2.5ml/secで100ml投与する。主肺動脈にROIを設定しReal prep法にてCT値85HUから撮影を開始する(図4)。

下肢静脈

前述した肺動脈スキャンと同時に進行される場合がほとんどであり、深部静脈血栓症の診断が主な適応であ

る(図4)。造影剤注入開始後delay 180秒から撮影を開始する。下肢動脈と同様に第2腰椎レベル程度から下肢全体を2mmコリメーションで撮影する。足の固定の仕方なども同様である。下肢静脈の3D画像は、動脈とのコントラストがつきにくく比較的難しく、時に動静脈の区別が不可能となることがあるが、paging法ではその鑑別はほぼ可能である。下腿レベルでの静脈血栓の有無も判別が可能である。

Adamkiewicz動脈の描出

大動脈の撮影と同じ範囲を撮影するが、4列では2mmコリメーション、ピッチ3.5、8列では1mmコリメーション、ピッチ7で撮影する。撮影時間は40秒以上になるため、酸素投与及び被検者の協力が必須である。造影は370mgI/ml濃度の非イオン性造影剤を3.5-4.5ml/sec

で注入するが、ボーラス性を高めるために、ライン確保は肘関節あるいは、それより中枢側の尺側皮静脈で行うか、外頸静脈を穿刺する。この方法にて当施設では高い成功率でAdamkiewicz動脈の描出ができています。診断の際、前脊髄静脈と区別をきちんとつける必要がある。4列の場合は、静脈相が描出される前のタイミングであることを診断の根拠としていたが⁷⁾、8列の場合は、空間分解能の向上により、直接肋間動脈からの連続性を追うことでAdamkiewicz動脈の親動脈のレベルを診断できるようになった⁸⁾。

おわりに

現在では、16列のMDCTが市販され、32列、40列MDCTでの臨床試験が進んでいる。そのより高い時間分解能、空間分解能を使って冠動脈疾患を初めとする心臓領域まで評価の対象が広がってきている。未だ発展途上の段階ではあるが、低侵襲のモダリティとしての可能性が大きく広がってきていると思われる。

対比される検査法として、MRAによる主要血管の評価法は多くのコンセンサスを得ている^{9,11)}。MRAと比較してCTAではプロトコールが簡便であり、画像についてはより高い空間分解能を持ち、ステント内の評価、石灰化、プラークなどといった血管壁の状態の評価がほぼ可能である。また血管以外の付加情報も得られるといった多くの利点がある^{12,13)}。一方、被曝、造影剤による副作用などの欠点もあり、症例に応じて使い分けが必要であると思われる。

適切なプロトコールにて、適切な血管から造影剤を注入し、被検者にしっかり協力をしてもらうといった努力を惜みずらに撮影する必要がある。そして得られた画像はpaging法を基本として丹念に読影することで、初めてMDCTの性能を十分に活用し、臨床医に十分な情報を提供することができると言える。

参考文献

- Rubin GD, Shiau MC, Schmidt AJ, et al. Computed tomographic angiography: historical perspective and new state-of-the-art using multi detector-row helical computed tomography. *J Comput Assist Tomogr* 1999;23 (suppl 1):S83-S90
- Rubin GD. MDCT imaging of the aorta and peripheral vessels. *Eur J Radiol* 2003;45 (Suppl 1):S42-S49
- Martin ML, Tay KH, Flak B et al. Multidetector CT angiography of the aortoiliac system and lower extremities: a prospective comparison with digital subtraction angiography. *AJR* 2003;180:1085-1091.
- 高瀬圭、沢村佳宏、及川順一. Mutidetector CTを用いた心臓、大血管、末梢血管の評価:高橋睦正、荒川昭彦編. *Mutidetector Helical CTのすべて*. 東京: 金原出版, 2002;197-206
- 高瀬圭、千葉美洋、遠藤香奈子ほか. 末梢血管: 片田和廣監修、佐々木真理編. *MDCT徹底攻略マニュアル*. 東京: メジカルビュー社, 2002;178-191
- Ota H, Takase K, Igarashi K, et al. Multidetector CT compared with catheter angiography for assessment of lower extremity arterial occlusive disease: Importance of cross-sectional image review. *AJR*; 2004;182:201-209
- Takase K, Sawamura Y, Igarashi K, et al. Demonstration of the artery of Adamkiewicz at multidetector row helical CT. *Radiology* 2002;223:39-45
- 高瀬圭、大田英揮、斎藤春夫ほか. MDCTによるAdamkiewicz arteryの術前術後評価 —親動脈の評価も含めて—. 第57回心臓血管放射線研究会, 2003
- Sueyoshi E, Sakamoto I, Matsuoka Y, et al. Aortoiliac and lower extremity arteries: comparison of three-dimensional dynamic contrast-enhanced subtraction MR angiography and conventional angiography. *Radiology* 1999; 210:683-688
- Quinn SF, Sheley RC, Semonsen KG, et al. Aortic and lower-extremity arterial disease: evaluation with MR angiography versus conventional angiography. *Radiology* 1998; 206:693-701
- Rofsky NM, Adelman MA. MR angiography in the evaluation of atherosclerotic peripheral vascular disease. *Radiology* 2000; 214:325-338
- Beregi JP, Djabbari M, Desmoucelle F, et al. Popliteal vascular disease: evaluation with spiral CT angiography. *Radiology* 1997;203:477-483
- Takase K, Imakita S, Kuribayashi S, et al. Popliteal artery entrapment syndrome: aberrant origin of gastrocnemius muscle shown by 3D CT. *J Comput Assist Tomogr* 1997;21:523-528

ダウンロードされた論文は私的利用のみが許諾されています。公衆への再配布については下記をご覧ください。

複写をご希望の方へ

断層映像研究会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター（(社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体）と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません（社外頒布目的の複写については、許諾が必要です）。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会
〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル3F FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）に関しては、(社)学術著作権協会に委託致しておりません。

直接、断層映像研究会へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

One of the following procedures is required to copy this work.

1. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO.

Please visit the following URL for the countries and regions in which JAACC has concluded bilateral agreements.

<http://www.jaacc.org/>

2. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAACC.

For the license for citation, reprint, and/or translation, etc., please contact the right holder directly.

JAACC (Japan Academic Association for Copyright Clearance) is an official member RRO of the IFRRO (International Federation of Reproduction Rights Organisations).

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

Address 9-6-41 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

E-mail info@jaacc.jp Fax: +81-33475-5619