

マルチディテクターCT (MDCT) による 細血管構造描出の臨床応用

高瀬 圭, 李 麗, 高橋 昭喜*

医学系研究科 医科学専攻 病態制御学講座
量子診断学分野 教授
E-mail: t-shoki@rad.med.tohoku.ac.jp



はじめに

我々は, g-COE プログラムにより 2007 年度は MDCT による高分解能の 3 次元画像により細血管の正常解剖を解析してきた. 今年度は, 我々の細血管描出の技術を, 原発性アルドステロン症および胸腹部大動脈瘤の診療に応用し, 臨床的有用性について検討した. 今回の解析は, 副腎静脈サンプリングのための副腎静脈解析と胸腹部大動脈手術時に重要な Adamkiewicz 動脈の解析である. これらの血管は従来描出困難とされてきたが, 最近の新しい生体バイオオナノイメージングデバイスにより描出可能となり, 臨床応用を行い始めた.

副腎静脈描出

副腎静脈サンプリングは, 原発性アルドステロン症の診療上必要不可欠な手段として最近その意義が再認識されている. 右副腎静脈は細径の血管が下大静脈に直接還流するという特徴からサンプリングが難しいとされてきた. MDCTをサンプリング術前に行うことで, 右副腎静脈の解剖学的形態に関する有用な情報を得ることが出来る. 造影 MDCTを施行後に副腎静脈サンプリングを施行した原発性アルドステロン症の60例を対象に64列 MDCT検討を行った. 右副腎静脈の描出の程度, 右副腎静脈と副肝静脈やその他の静脈との共通幹の有無, 下大静脈に合流する場合については, 右副腎静脈開口部の位置 (椎体を基準とした頭尾方向の位置, 椎体右縁からの水平方向の距離, 右腎静脈開口部下端からの頭尾方向の距離, 下大静脈壁での位置), 下大静脈分岐部からの右副腎静脈の向き (横断面上での向き, 垂直断面上での向き), 長さや太さといった解剖学的形態について検討し, MDCTでの診断結果を血管造影所見と比較検討しその精度と有用性につき検討した. 64列MDCTは全例で副腎静脈を描出し, 血管造影に

よく一致した. MDCT所見を基にサンプリングを行うことで, 高い成功率で手技を行うことが可能であった.

副腎静脈評価の背景

高血圧症は我が国で最も罹患率が多い疾患であり推定 3500 万人以上と考えられている. 最近是有効かつ安全な降圧薬の開発と普及により副作用の少なく安定した降圧が得られ, 高血圧診療は格段の進歩を遂げているが, その一方で, 高血圧症の原因はそのほとんどが本態性高血圧症と考えられ, 安易な薬物療法が選択されている事も多い. 2 次性高血圧症は, 全高血圧症の 10%, もしくはそれ以上を占めるとされ, 特に, 原発性アルドステロン症は, かつては稀な 2 次性高血圧症と考えられていたが, 最近になって, 極めて頻度の高い 2 次性高血圧症と考えられるようになり, 高血圧症の 5-20%を占めるとの報告が相次いでいる. [1-8]. 正確な副腎静脈サンプリングにより片側副腎からのアルドステロン過剰分泌を確定診断し, 鏡視下手術にて片側副腎摘出術を行うことで高血圧症の軽快ないし完治を見込める症例が多く見られることがわかってきた. 原発性アルドステロン症 (Primary aldosteronism; PA) は, 副腎球状層の過形成あるいは腺腫 (まれに癌腫) から過剰に分泌されたアルドステロンが腎臓の集合管に作用して K の排泄とともに Na の再吸収を促進させるため, 体液量が増加して高血圧が発症するものである. 1955 年に Conn JW により発見されたことから Conn 症候群とも呼ばれる. 最初の症例は 34 歳の女性で, Na 貯留による高血圧, 低 K 血症によるテタニーを有し, 片側の副腎腺腫摘出術により症状が正常化した. 原発性アルドステロン症の病型には, (1)アルドステロン産生腺腫(aldosterone-producing adenoma: APA), (2)両側副腎過形成 (特発性アルドステロン症 idiopathic hyperaldosteronism: IHA), (3)片側性副腎

過形成 (primary adrenal hyperplasia: PAH), (4)糖質コルチコイド反応性アルドステロン症(glucocorticoid-remediable aldosteronism: GRA), (5)アルドステロン産生癌腫(aldosterone-producing carcinoma: APC), (6), 片側性多発結節(Unilateral multiple nodules: UMN), (7), 異所性アルドステロン産生腫瘍がある。上記の内, 未だ原因が全く不明の両側副腎の過形成である IHA と, 腺腫 (殆どは片側性) である APA の 2 種の病型が殆どを占めている。薬物療法によって治療する IHA と片側副腎手術によって治癒が期待できる APA との鑑別は治療法を決定する上で重要である。従来 CT や MRI などの画像診断による副腎腫瘍の有無で鑑別されてきたが, APA は腫瘍径が小さく画像診断で検出されない場合も多い。

Multidetector CT(MDCT)による 1mm 以下のコリメーションの画像にても, 径 5mm 以下の腺腫は検出が困難であり, 径 5mm を超える APA であっても画像診断で検出が困難である症例も少なくない。また内分泌疾患以外の画像検査で偶然発見される副腎偶発腫瘍が急増しているが, そのなかでは非機能性副腎腺腫が最多であることが報告されている。したがって, PA が疑われる症例に画像診断で副腎腫瘍が検出されても, その腫瘍がアルドステロン産生腺腫とは限らず, 偶発的な非機能性腺腫を合併している可能性がある。PA の最適な治療のためには, どの副腎からアルドステロンが過剰分泌しているかを検討する機能的局在診断が不可欠であり, そのためには副腎静脈サンプリングが不可欠であるとされる。[5-8]. アルドステロン症の頻度は, 後述するアルドステロン・レニン比によるスクリーニングが普及した現在は, 正常 K 血性アルドステロン症で発見される割合が多く, 最近 10 年間の PA の高血圧症全体における発生頻度は 4.6 ~14.4%と Conn らの報告より高くなっている。最近の多施設共同研究では高血圧患者の 4.8%が根治可能なタイプであるアルドステロン産性腺腫であるとされている[4]。現在の MDCT を以てしても, 副腎皮質の厚みを考慮すると 5mm 以下の副腎腺腫の検出は容易ではない。CT で低吸収かつ造影剤で造影されにくい副腎腫瘍はアルドステロン産生腺腫 (APA) に典型的であるが, 非機能性の副腎皮質腺腫も同様に低吸収であることも多く, 画像のみによる鑑別には限界がある。[3]。APA であっても CT にて等吸収域でかつ造影剤にてよく造影される場合もある。APA は切除後の病理組織所見にて始めて形態的に認識可能なマイクロアデノーマも

多く, CT にて検出できなくても APA は否定できない[2-6]。

サンプリング自体は一見単純な手技に見えるが, 経動脈性の血管造影に比べて経静脈性のカテーテル操作は血管の解剖学的構造を中枢側の血管からの非選択的な単純な造影によって確認できない点で難易度が高い。左腎静脈に流入する左副腎静脈からの採血は一般に容易であるが, 右副腎静脈は細径の血管が下大静脈に直接還流するという特徴からより難しく, 成功率は 70 %程度である[1,2]。

MDCTにより副腎静脈がサンプリング前に描出できれば, こうした難易度の高いサンプリング手技を正確に行うことが可能と考えられる [9]。我々は既に右副腎静脈のMDCTでの描出について 8 列検出器のMDCTを用いて報告したが, 今回は64列検出器のMDCTを用いて, 原発性アルドステロン症例に実際に応用し, その検出能の精度と臨床的有用性を検討した。



図 1. Three dimensional reconstruction of the adrenal anatomy by MDCT images. Abdominal arterial structures and both kidneys are colored in orange, both adrenal glands in yellow, adrenal veins in blue, and other venous structures in light blue.

対象と方法

対 象

2007年4月から2007年7月までに, 胸腹部大動脈疾患の診断で胸腹部大動脈及び腸骨動脈の範囲のMDCTを施行した42例を対象に, レトロスペクティブに検討を行った。症例は24歳~76歳, 平均年齢 55.3歳で, 男性20例, 女性22例であった。CT施行前に, 全ての症例から造影剤使用の同意書を得た。

CT撮影

64列MDCTを用い、以下の条件でCT撮影を行った．0.5秒/1回転，ビームコリメーション幅1mm，テーブル移動距離25mm/秒（ヘリカルピッチ55）．酸素投与を行いながら，約10秒間の呼吸停止下で撮像を行った．

300mgI/mlのヨード造影剤100ml（イオパミドール）を肘正中静脈から4.0ml/秒の速度で注入し，ボラストラッキング法を用いて撮像開始時間を決定した．造影剤注入10秒後から腹部大動脈の閾値を1秒間に3回ずつ測定し，上行大動脈のCT値が設定した100HU（Hounsfield unit;ハンスフィールド単位）を3回続けて上回ったところで自動的に撮像を開始した．

0.5mm厚，0.5mm間隔でCT画像の再構成を行った．右副腎静脈の評価のために，大動脈と副腎周囲を関心領域として再構成を行った．

CT画像評価

ワークステーションを用い，ページング法で横断像，MPR（multiplanar reformation）像，MPVR（multiprojection volume reconstruction）像の読影をおこなった．

CT画像での右副腎静脈の定義

以下のような定義に基づき，右副腎静脈を同定した．右副腎と下大静脈の間の脂肪織内を走行して最終的に下大静脈に合流する管状・線状の造影される構造，あるいは右副腎と下大静脈の間の脂肪織が乏しい場合に，右副腎や肝臓などの周囲構造よりも強い増強効果を示す管状・線状の造影される構造を右副腎静脈とした．

検討項目

右副腎静脈に関し，以下の項目について検討した．右副腎静脈の描出の程度，右副腎静脈と副肝静脈やその他の静脈との共通幹の有無，下大静脈に直接合流する場合については，右副腎静脈開口部の位置，下大静脈合流部での下大静脈からの向き，長さや太さといった右副腎静脈の解剖学的形態について検討した．体軸に一致するように3次元の座標を設定した．前後方向，水平方向，垂直方向をそれぞれX，Y，Z軸とし，さらに後方向，右方向，上方向をそれぞれの軸の正の向きとした．

右副腎静脈と副肝静脈との関係

右副腎静脈が，副肝静脈やその他の静脈との共通幹を形成しているかについて検討した．右副腎静脈が直接下大静脈に合流しているが，副肝静脈もほとんど同じ位置で下大静脈に合流している場合の評価も行った．

右副腎静脈開口部の位置

椎体を基準として，右副腎静脈開口部の頭尾方向の位置について評価した（図2）．また冠状断での椎体右縁からの水平方向の距離，右腎静脈開口部下端からの頭尾方向の距離を測定した．

下大静脈壁での開口部の位置は，XY平面上の角度 θ として評価した（図2）．

下大静脈分岐部からの右副腎静脈の向き

下大静脈分岐部からの右副腎静脈の向きを評価するために，以下の2つの角度を測定した．XY平面への右副腎静脈の投影像とX軸とが成す角度を $\phi 1$ と定義し（図2），さらに下大静脈分岐の右副腎静脈に平行な垂直平面上で右副腎静脈とZ軸とが成す角度を $\phi 2$ と定義した（図3）．

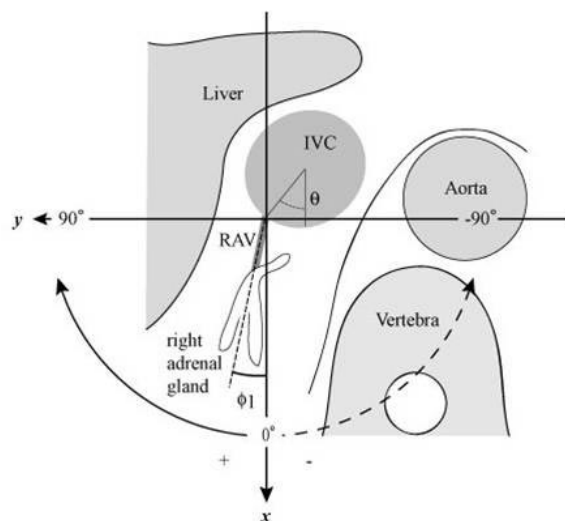


図2. The position of the orifice of the right adrenal vein is evaluated along the circumference of the IVC as an angle in the x-y plane. The angle ($\phi 1$) between the RAV and x-axis when the RAV was projected onto the x-y plane is also measured.

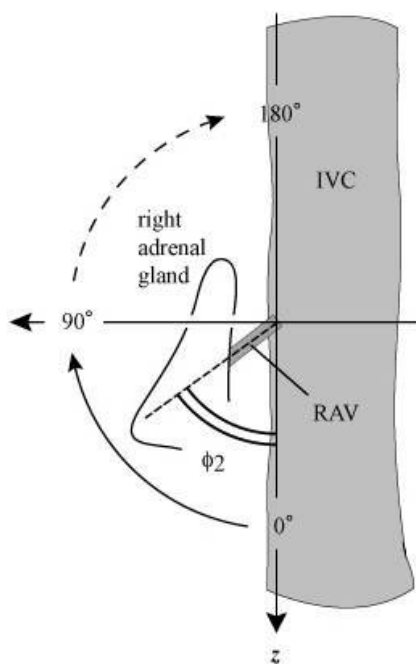


図 3. The craniocaudal angle of the right adrenal vein with z-axis in the vertical plane. IVC = inferior vena cava.

副腎静脈サンプリング

副腎静脈サンプリングの基本的手順

イントロデューサーシース：

メディキット社製 7F シースを用いた。

カテーテル：

我々は Hanako 社製 6.5F の先端テーパー型の右副腎静脈用カテーテルおよび左副腎サンプリング用カテーテルを使用した。マイクロカテーテルは Rivage ないし Renegade の Hi-flo type を使用し、下横隔膜静脈流入部よりも遠位の左副腎静脈からの採血に用いた。

術前に MDCT (multidetector CT) による副腎静脈走行のマッピングを行う。

ワークステーションにて副腎静脈の走行、右副腎静脈の下大静脈流入部の椎体と比較した高さを観察しておく。

両側大腿静脈に 7F シースを挿入。

左側のシースから左副腎静脈用カテーテルを 0.035 ガイドワイヤーにて左副腎静脈基部にカテーテルを挿入、下横隔膜静脈との合流部を造影にて確認後、マイクロカテーテルを下横隔膜静脈合流部よりも遠位に進める。

次いで、右側のシースから右副腎静脈カテーテル

を挿入し、CT にて描出された右副腎静脈の下大静脈流入部位を参考にしながらカテーテルを挿入し、確認造影を行う。血管損傷を避けるため造影は 2 ml 程度をゆっくりと注入する。左右副腎静脈およびシースから同時にサンプリングを施行する。左は下横隔膜静脈合流部遠位、と合流部のやや手前で採血、右副腎静脈では採血の前後に必ず確認造影（透視下の少量造影剤注入）を行い、複数の目で確認し、カテーテルが抜けていないことを確認する。ACTH 0.25mg 負荷 15 分後に同様にサンプリングを行う。

血管造影の評価

上記副腎静脈サンプリング中の静脈造影は以下のように評価した。椎体と比較した右副腎静脈起始部の頭尾方向の高さを記録した。下大静脈の内側、中部、外側のいずれの部分に流入するかを評価した。右副腎静脈の左右の走行の向きを内側、ほぼ後方、外側の 3 つに分けて評価した。頭尾方向への向きは、上向き、ほぼ水平、下向きの 3 つに分けて評価した。

さらに、副肝静脈と右副腎静脈との共通幹の有無についても検討した。

MDCT での副腎静脈評価と血管造影の結果を比較検討した。

研究結果

1 右副腎静脈描出の程度

いずれの症例も副腎静脈は一本のみで、複数本の副腎静脈は認めなかった。42 例全例で右副腎静脈が描出された。

2 右副腎静脈と副肝静脈との関係

右副腎静脈が同定可能であった 42 例のうち、右副腎静脈と副肝静脈が共通幹を形成し下大静脈に合流する症例が 3 例 (7.1%) 認められた。13 例 (31.0%) では右副腎静脈が副肝静脈の 2mm 以内の近傍で下大静脈に合流していた。副肝静脈以外の血管との共通幹の形成は認められなかった。

3 右副腎静脈開口部の位置

右副腎静脈開口部は、頭尾方向では第 10 胸椎から第 1 腰椎の高さにあり、特に 42 例中 39 例

(92.9%) が、第11胸椎中1/3から第12胸椎下1/3の高さにあった。

下大静脈円周上における右副腎静脈入口部の位置の角度は 5° ～ 50° ，平均 31° であった。全例で、右副腎静脈は下大静脈の右背側壁に合流した。

4 下大静脈分岐部からの右副腎静脈の向き

右副腎静脈の走行角度は後ろ右方向が33例(78.6%)，後ろ左方向が9例(21.4%)であった。は、XY平面での下大静脈分岐部からの右副腎静脈の向きは、角度の分布にして、 -53° ～ 45° ，平均 7.7° であった。

垂直平面上での頭尾方向の角度は、 0° ～ 153° ，平均 69.9° で、下大静脈分岐部からの右副腎静脈の頭尾方向の向きは、尾側が33例(78.6%)，頭側が9例(21.4%)であった。

5 血管造影の評価

42例中27例では頭尾方向の右副腎静脈合流部レベルは血管造影とMDCT所見が一致した。残りの15例中、血管造影とMDCT所見のずれが1/3椎体であったものが13例、2/3椎体であったものが2例であった。選択的右副腎静脈サンプリングの成功率は100%であった。

考 察

PAの局在診断には最近では副腎静脈サンプリングが最も正診率が高いとされるようになってきた。画像診断と副腎静脈サンプリングによるPAの局在診断能の差を示すデータとして、Young JrらはMayoクリニックでの203例のPA症例を対象に、CTとACTH負荷AVSとでアルドステロン過剰分泌の局在診断能の比較検討を行っている[8]。CTで両側病変と診断された97例中42例(43%)で、AVSで片側のアルドステロン過剰分泌が診断されている。一方CTで片側病変と診断された97例中36例(37%)がAVSで両側のアルドステロン過剰分泌が診断され、12例(12%)がCTで確認された反対側の副腎からの片側のアルドステロン過剰分泌が証明されている。すなわちAVSを行わない場合、42例の片側病変の手術適応を除外してしまい、48例の不適切な手術をしてしまうことになってしまうと結論している[8]。全体ではCTの原発性アルドステロン症の局在診断の正診率は53%であり、極論すればコインを投げて診断するようなものである。これらの報告からは、PAの局在診断にはCTは不正確な診断法であり、内分泌学的に効率よくPAを

スクリーニングし、AVSにより局在診断して治療方針を決定することが肝要と言える。

今回の我々の検討では、全症例において、64列MDCTで右副腎静脈の同定が可能であった。副腎静脈の位置、下大静脈や副肝静脈との関係について解剖学的に詳細に検討ができ、副腎静脈サンプリングに有用であった。

右副腎静脈の下大静脈開口部は、第10胸椎から第1腰椎の高さにあり、第12胸椎下1/3付近に最も多かった。Davidsonらの静脈造影でも同様の結果が得られており、開口部は第12肋骨の頭側2cm～尾側1cmの範囲にあり、50%は第12肋骨の高さにあったと報告されている。

今回の結果では、下大静脈壁における右副腎静脈開口部の位置は右背側壁に位置していることが多く、過去の報告と同様であった。右副腎静脈は右後方に8割程度の症例が走行するが、2割の症例では左後方に走行していた。このような症例では、従来は副腎静脈へのカテーテル挿入に難渋することが多く、術前に副腎静脈解剖の情報を得て、適切なカテーテル選択や形状加工を行うことで、サンプリングの成功率が飛躍的に上昇すると考えられた。副腎静脈サンプリングはカテーテル操作にある程度なれている放射線科医や日常臨床でサンプリングを施行している医師なら通常の手技でも90%程度の成功率で施行できると思われる。とくに、左副腎静脈は多くの施設で100%近い成功率を挙げられると思われる。しかし、10-15%程度の症例において右副腎静脈解剖のバリエーションにより、サンプリングに工夫を要することがあると筆者は感じている。これらの症例からなんとかしてサンプルを得ることが成功率向上への鍵となる。このような症例においてサンプリング術前のMDCTによる副腎静脈描出が有用な情報を提供すると考えられた。

結論として、64列MDCTは右副腎静脈の描出と解剖学的構造を周囲血管との関係を含めて描出可能であり、原発性アルドステロン症診療に不可欠な副腎静脈サンプリングの成功率向上に寄与すると考えられる。

MDCT および MRI による Adamkiewicz 動脈描出

背 景

胸部大動脈および胸腹部大動脈術後の脊髄虚血障害の発生には多様な因子が関わっていると考え

られ、脊髄遮断時間の短縮、補助循環の併用(大動脈末梢側灌流、選択的肋間動脈灌流)、肋間動脈の再建、脳脊髄液ドレナージ、低体温法等が術後の対麻痺予防のために行われている。術後脊髄障害の予防の根幹は脊髄の循環維持と脊髄保護であるが、前者のためには胸腰部の脊髄血管支配に最も貢献している Adamkiewicz 動脈の術前同定が有用である[10-16]。Adamkiewicz 動脈を栄養する肋間動脈または腰動脈レベルの同定は肋間動脈再建レベルを含めた手術計画を可能にし、手術時間の短縮に繋がり、さらに、Adamkiewicz 動脈を分岐する動脈あるいはその周囲の動脈の保存を図ることが可能となる。本稿では MDC T と MRI による術前 Adamkiewicz 動脈同定を行った症例につき、背髄動脈の解剖、検査法、画像処理法、評価法について検討し、大動脈疾患における Adamkiewicz 動脈描出の臨床的有用性について考察することとする。

対 象

私たちは 36 人の連続した手術ないしステントグラフト挿入により治療された胸腹部大動脈病変を有する患者(胸部大動脈瘤 14 名、動脈解離 22 名)を対象とした。大動脈置換術は 25 名で施行され、stentgraft 挿入は 11 名で施行された。男性 32 名、女性 4 名、34-77 歳、平均 56.1 歳であった。全例から造影 CT へのインフォームド・コンセントを事前に得た。

放射線学のイメージ

CT は Aquilion の 16 列検出器の MDCT(東芝、東京、日本)でした。以下のパラメタでスキャンを行いました: 0.5 秒/1 回転、0.5mm コリメーション、合計スキャン時間 20 秒間。

130-150ml の造影剤(Iopamiron, シェーリング, ベルリン, ドイツ; 370 mgI/ml) を 4.0-4.5ml/s の注入 rate で前腕皮静脈から注入しながらスキャンを施行した。適当な前腕皮静脈を見つけることができない場合は、右の外頸静脈を確保した。スキャン開始は automated triggering system を(SureStart, 東芝 Medical Systems)を使用した。大動脈内に設定した ROI 内の CT 値を低投与量 CT 透視(120kV, 50mA)にてモニターし、ROI 内の CT 値を 1 秒に 3 回測定した。そして、CT 値が 3 回連続して閾値(85HU)に達したとき、スキャンが開始する設定とした。

短軸画像は 0.3mm 間隔、0.5mm スライス厚で再構成されました。Adamkiewicz 動脈の評価において、大動脈と脊椎周囲に絞った拡大再構成を行った。

画像評価は独立したワークステーション(Zio M900Quadra, アミン, 東京, 日本)を使用した。拡大しない再構成画像は大動脈全体の評価に使用した。曲面再構成画像(CPR)は、前脊髄動脈、Adamkiewicz 動脈、およびその親動脈である肋間または腰動脈をできるだけ長い距離にわたってたどることができるように再構成した。また、3T-MRA は Adamkiewicz 動脈が骨からの artifact のために骨組織と分離するのが難しかった症例で実行されました。

以下のポイントを評価した。:

1. Adamkiewicz の動脈の高さと左右の区別。
2. 前方の背骨の動脈、肋間部/腰動脈、後枝から Adamkiewicz の動脈の連続性。
3. Adamkiewicz の動脈から分岐する肋間部/腰動脈の開存性。

結 果

36 人の患者(91.7%)のうちの 33 人では、脊柱管内の Adamkiewicz の動脈は明確に描出されました、起始部のレベルと動脈の起始動脈の左右側の同定が可能であった(図 4)。胸部大動脈瘤を伴う 3 人の患者では、Adamkiewicz の動脈は描出されなかった。これらの症例では、前脊髄動脈の描出も不十分だった。36 人の患者(図 4)のうちの 29 人(80.1%)では、肋間/腰動脈とその後枝から Adamkiewicz の動脈、さらに前脊髄動脈への連続性を追跡することができた。その他の 7 人の患者のうちの 2 人では、連続性は MRI(図 5)によって描出された。その他、患者では、明確に肋間部/腰動脈の後枝と Adamkiewicz 動脈の連続を描出できなかった。13 例では、AKA の親動脈は閉塞していた(図 6)。

大動脈置換手術を受けた 25 人の患者では、肋間動脈は Adamkiewicz の動脈の CT 情報に基づいて再建された。動脈解離の 2 人の患者が不全対麻痺を呈した。

AKA の起始部は stentgraft 挿入を受けた 11 名の患者のうちの 8 人では stentgraft により完全に covered されたが、ステントグループでは脊髄合併症は生じなかった。これらの 8 人の患者では、AKA は stentgraft 挿入の後に MDCT により、側副経路で描出されていた(図 7)。



图 4. Three dimensional reconstruction of the artery of Adamkiewicz visualized by MDCT image. Curved planar image along the intercostal artery through anterior spinal artery clearly demonstrates the origin and anatomy of the artery of Adamkiewicz. The patency of the artery of Adamkiewicz from its origin through the anterior spinal artery can be diagnosed.



图 6. Curved planar image along the intercostal artery through anterior spinal artery shows the intercostal artery, its posterior branch, the artery of Adamkiewicz and the anterior spinal artery. The origin of the intercostal artery is occluded due to thick mural thrombus of thoracoabdominal aortic aneurysm.

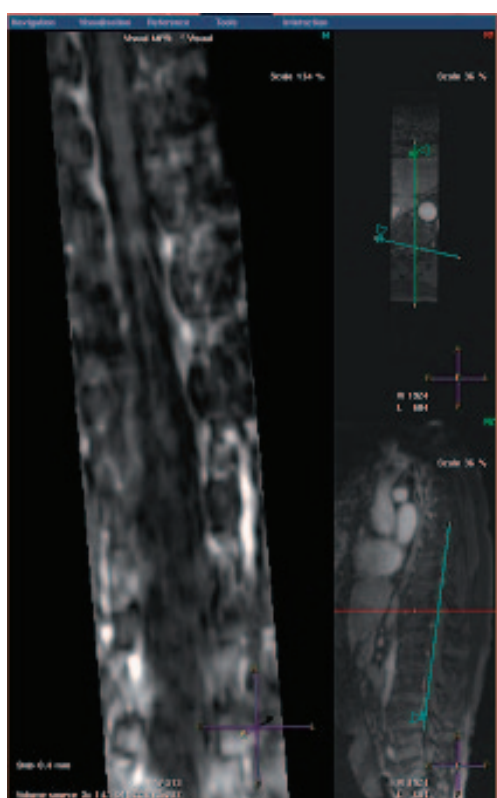
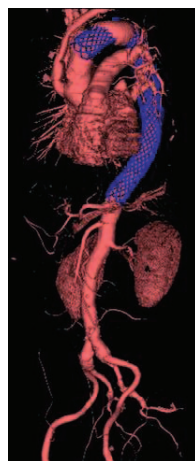


图 5. MRI image using Keyhole technique demonstrates the artery of Adamkiewicz and the anterior spinal artery. Because of the high temporal resolution, the artery of Adamkiewicz can be distinguished from the radiculomedullary vein.

(a)



(b)



图 7. MDCT after stentgraft insertion to thoracic aorta. (a): Stent graft can be seen from the aortic arch through the thoracoabdominal aorta by volume rendering image. (b): Curved planar reformation image shows the intercostal artery, its posterior branch, the artery of Adamkiewicz, and the anterior spinal artery. Although the origin of the intercostal artery is covered with the stentgraft, the blood flow to the spine is maintained by collateral circulation to these arteries.

考 察

術前に再建すべき肋間動脈を同定できることは、手術計画をたてる上でも手術遂行上でも有利である。選択的血管造影による Adamkiewicz 動脈の術前同定の有用性も報告されているが[12-15]、選択的血管造影による合併症の可能性も少なからずあり、胸腹部大動脈瘤や解離等を有する症例では肋間動脈、腰動脈の造影自体が実際的にはほぼ不可能である。術前に血管造影にて Adamkiewicz 動脈の同定を行っている施設はごく少数であった。最近、MRI や MDCT による非侵襲的な Adamkiewicz 動脈の描出の報告がなされ、その手術に対する有用性の報告も見られるようになり[16-19]、Adamkiewicz 動脈術前評価の意義が再び検討されている。

術後対麻痺発生には、Adamkiewicz 動脈再建の有無だけでなく、術中の動脈遮断時間、術中還流方法、脊髄血流動態の個人差等多数の要因が関係していると考えられる。しかし、Adamkiewicz 動脈の起始部を術前に知っておき、その支配血管である肋間あるいは腰動脈のみを再建することは術中遮断時間の短縮にもなるし[13,15]、術後の Adamkiewicz 動脈の確実な血流保存にもつながる有効な方法と思われ Adamkiewicz 動脈が動脈置換範囲外にあることがわかっていれば、肋間動脈の再建を省略して手術時間を短縮できる[14]。また、その動脈のレベルに術中灌流を行うことで術中の脊髄虚血を最小限に抑えることも検討されている[16]。動脈置換範囲内から Adamkiewicz 動脈が起始していれば予め再建すべき肋間動脈が分かっているため、可及的に多くの肋間動脈を再建する術式に比べて手術時間を短縮できる[15,17]。術中動脈遮断時間が術後合併症に影響するため、これを短縮できることは大きな merit である。

上記のような利点があるが、実際に同一施設で、術前に MRA による Adamkiewicz 動脈同定ができ、そのレベルの肋間動脈のみを再建した症例では、術前同定を施行せずに可及的に多くの肋間動脈を再建した症例よりも、有為に合併症を低下できたとする報告も見られる[13]。

これらとは対照的に Griep らは、somatosensory-evoked potentials の術中モニタ下に、問題のない肋間動脈を結紮し、他を再建する方針で手術を進めていくと、結果として肋間動脈を再建の必要な症例は無かったとしている。それでも 10 分節以下の置換では脊髄合併症は無く、10 分節以上置換の 21 例中 2 例で対麻痺が起こり、全体の対麻痺発生率

は 2%だったとしている。この結果から前脊髄動脈は血行動態的に 1 本の Adamkiewicz 動脈には依存していないのではないかと彼らは考察している。

Adamkiewicz 動脈の術前診断と手術成績との関連は未だ controversial である。非侵襲的な Adamkiewicz 動脈評価法が確立して日が浅いことも原因であろう。Griep らでさえも MDCT 登場前の 1996 年の上記報告の discussion で安全な Adamkiewicz 動脈術前同定法の登場を望んでいる。

今後、Adamkiewicz 動脈の術前画像診断がより普及し、その手術成績改善への寄与がより多数例の検討により示されることが期待される。

文 献

- [1] Mulatero P, Stowasser M, and Loh KC. Increased diagnosis of primary aldosteronism, including surgically correctable forms, in centers from five continents. *J Clin Endocrinol Metab* **89**, 1045-1050, 2004.
- [2] Magill SB, Raff H, Shaker JL, et al. Comparison of adrenal vein sampling and computed tomography in the differentiation of primary aldosteronism. *J Clin Endocrinol Metab* **86**, 1066-1071, 2001.
- [3] Espiner EA, Ross DG, Yandle TG, Richards AM, and Hunt PJ. Predicting surgically remedial primary aldosteronism: role of adrenal scanning, posture testing, and adrenal vein sampling. *J Clin Endocrinol Metab* **88**, 3637-3644, 2003.
- [4] Rossi GP, Bernini G, and Caliumi C, A prospective study of the prevalence of primary aldosteronism in 1,125 hypertensive patients. *J Am Coll Cardiol* **48**, 2293-2300, 2006.
- [5] Young WF, Stanson AW, Thompson GB, Grant CS, Farley DR, and van Heerden JA. Role for adrenal venous sampling in primary aldosteronism. *Surgery* **136**, 1227-1235, 2004.
- [6] Satoh F, Abe T, Tanemoto M, et al. Localization of aldosterone-producing adrenocortical adenomas: significance of adrenal venous sampling. *Hypertens Res* **30**, 1083-1095, 2007.
- [7] Fogari R, Preti P, Zoppi A, Rinaldi A, Fogari E, and Mugellini A. Prevalence of primary aldosteronism among unselected hypertensive patients: a prospective study based on the use of an aldosterone/renin ratio above 25 as a screening test. *Hypertens Res* **30**, 111-117, 2007.

- [8] Plouin PF, Amar L, and Chatellier G. Trends in the prevalence of primary aldosteronism, aldosterone-producing adenomas, and surgically correctable aldosterone-dependent hypertension. *Nephrol Dial Transplant* **19**, 2418-2419, 2004.
- [9] Matsuura T, Takase K, et al. Radiological Anatomy of the right adrenal vein: Preliminary experience with multidetector-row computed tomography. *AJR* **191**, 401-408, 2008.
- [10] Svenson LG and Crawford ES. *Cardiovascular and vascular disease of the aorta*. WB Saunders, Philadelphia, 1997.
- [11] Svenson LG, Crawford ES, Hess KR, Cosseli JS, and Safi HJ. Experience with 1509 patients undergoing thoracoabdominal aortic operations. *J Vasc Surg* **17**, 357-370, 1993.
- [12] Williams GM, Perler BA, Burdick JF, et al. Angiographic localization of spinal cord blood supply and its relationship to postoperative paraplegia. *J Vasc Surg* **13**, 23-33, 1991.
- [13] Fereshetian A, Kadir S, Kaufman SL, et al. Digital subtraction angiography in patients undergoing thoracic aneurysm surgery. *Cardiovasc Intervent Radiol* **12**, 7-9, 1989.
- [14] Savader SJ, Williams GM, Trerotola SO, et al. Preoperative spinal artery localization and its relationship to postoperative neurologic complications. *Radiology* **189**, 165-171, 1993.
- [15] Heinemann MK, Brassel F, Herzog T, Dresler C, Becker H, and Borst HG. The role of spinal angiography in operations on the thoracic aorta: myth or reality? *Ann Thorac Surg* **65**, 346-351, 1998.
- [16] Hyodoh H, Kawaharada N, Akiba H, Tamakawa M, Hyodoh K, Fukada J, Morishita K, and Hareyama M. Usefulness of preoperative detection of artery of Adamkiewicz with dynamic contrast-enhanced MR. *Angiogr Radiol* **236**, 1004-1009, 2005.
- [17] Yoshioka K, Niinuma H, Ohira A, et al. MR angiography and CT angiography of AKA: noninvasive preoperative assessment of thoracoabdominal aortic aneurysm. *RadioGraphics* **23**, 1215-1225, 2003.
- [18] Yamada N, Okita Y, Minatoya K, et al. Preoperative demonstration of the Adamkiewicz artery by magnetic resonance angiography in patients with descending or thoracoabdominal aortic aneurysms. *Eur J Cardiothorac Surg* **18**, 104-111, 2000.