



## 腎の総合画像診断

### — 函館動脈硬化懇談会 第1回画像診断フォーラム特別講演から —

函館市医師会（市立函館病院総合診療科）

水 関 清

（慶應義塾大学放射線診断科）

陣 崎 雅 弘

#### 1. はじめに

函館動脈硬化懇談会は、道南地区の動脈硬化研究グループである (<http://blog.goo.ne.jp/shigshigoo>)。事業として、動脈硬化性疾患の治療と予防に関する多施設共同研究を展開中のほか、傘下には動脈硬化の診断や研究にかかわるいくつかの分科会を設けて活動中である。このたび、そうした分科会のひとつに画像診断フォーラムが加わり、2011年7月29日、函館国際ホテルにおいて第1回の会合が持たれた。特別企画として、慶應義塾大学・放射線診断科の陣崎雅弘准教授に、「腎の総合画像診断—動脈硬化から腫瘍まで—」と題したご講演をいただいた。

陣崎准教授は放射線科医として、前半の12年間は超音波に、後半の12年間はCT・MRに主にかかわった経験から、腎疾患における各画像診断の位置づけ、特にCT・MRからみた超音波の意義について講演された。腎の病態診断において各種画像診断法が果たしてきた役割を、それぞれの診断法の発祥から説き起こし、現状におけるその包括的な位置づけと今後の展望を述べられた。

画像診断を主題にした講演は多いが、超音波の意義について考察した講演は新鮮で、会員一同その認識を新たにすることができた。以下にその概要を紹介する。

#### 2. 三大画像診断法の現状とその特徴の相互比較

腎臓には、血管性病変、機能障害、腫瘍など多彩な病態が存在するが、その診断においては、超音波・CT・MR・排泄性尿路造影・血管造影などの画像診断の恩恵を他に比べて大きく受けている臓器である。それらの画像診断法のうち、排泄性尿路造影と血管造影は、現在CTによってほぼ置換された状態で

あるが、超音波・CT・MRという3つの検査は腎の病態の評価にとって、なくてはならないものである。

#### 超音波の登場

超音波を初めて人体のイメージングに応用したのは、和賀井敏夫（順天堂大学）である。1950年、石川島播磨重工において、それまで機械探傷器や魚群探知機に応用されてきた超音波で、はじめて脳のイメージングに成功した後、1953年、日本無線（現・日立アロカメディカル社）と共同して、試作品を開発した。また1980年には、滑川孝六（アロカ社、現・同）が、ほぼ独自にカラー・ドプラ法の開発を行い、超音波による血流計測に大きく道をひらいた。

超音波は手軽でコストも安く、多くの場合最初に行う検査になる。3つの検査の中では最も高分解能で、血流も容易に計測できるため広く活用されているが、検査者の技量に依存する。

#### CTの登場

CTの登場は1972年、超音波に遅れること22年である。英国EMI社のHounsfield技師は、“2次元あるいは3次元の物体はその投影データの無限集合から一意的に再生できる”としたRadonの定理（1917年）から着想を得て、1964年頃にCT scannerの開発に着手、1968年の特許出願を経て、1972年CT 1号機（Mark 1）を商品化し、1973年のRSNAにおいて“Computerized transverse axial scanning”として脳出血例の画像を発表し、世界を驚かせた。EMI社のCTは、Hounsfieldの発表から2年後の1975年、エリザベス女王の来日を機にわが国にも導入された。

なお、わが国においてHounsfieldより前にコンピュータ断層撮影の開発を目指していたのが、高橋信次（弘前大学）である。1957年、線廻転横断撮影法研究において、X線管焦点細隙のある鉛板、人体をのせる回転台、フィルムをのせる回転台を並べ、スリットで絞った水平なX線を用いて両回転台を同期させ回転する技術（ROTATION TOMOGRAPHY）を考案しており、CT開発の礎になったといわれている。

単純X線写真とCT像との最大の違いは、CT値で表される定量性にある。CT値は、水の吸収値を0、空気を-1,000と規定し、各組織の密度を相対値で表すもので、病期診断や質的診断などの精査における有用性を高めた。

1989年のスリッピング機構の導入によるsingle helical CTの登場は、臓器の多相性ダイナミックスキュンに道を開いて臓器や腫瘍の造影パターンの鮮明化に寄与し、病理との対比から腫瘍の良悪性の鑑別を試みるpathologic-radiologic correlationが盛んに行われた。

1998年の検出器の多列化によるマルチスライス

CTの登場以降は、撮影がさらに高速化した結果、薄いスライス厚でのvolume data取得が可能となった。撮影スライス厚の薄層化は、体軸方向と横断面の空間分解能がほぼ同等になるisotropic imagingを可能とし、任意の角度で画像をみることができるようになり、三次元診断の道を開いた。また、広範囲・高速・高分解能撮影のどれもが同時に実践活用されるようになり、小病変の検出と質的診断能を向上させ、CTは、排泄性尿路造影や血管造影など、従来からの造影X線診断を置換することとなった。

CT検査の大きな問題点である被曝についても、その低減に向けてさまざまな技術が開発されている。一例をあげると、逐次近似法による再構成画像では低減率は71%となり、ここ2~3年で被曝は5分の1程度になることが見込まれている。

以上をまとめると、CTは病期診断や質的診断など精査に用いる検査であったが、マルチスライスCTの登場以降、薄いスライス厚を用いて病変検出も担えるようになり、スクリーニング的な活用も可能になっている。

### MRの登場

MRの登場は1978年、超音波に遅れること28年である。NMR現象は、1945年BlochとPurcellにより発見され、1973年Lauterbarが画像化手技を提案し、1974年にネズミの画像化を経て、1978年に初の人体画像が撮像された。MRの最大の特徴はコントラストが高い画像が得られることで、その代表が水強調画像であり、造影剤を用いずに水の描出を可能にした。もうひとつの特徴は、細胞内のプロトンの拡散が制限されている状態を指標化した拡散強調画像を得られることで、小さい腫瘍でも高コントラスト像で検出できる。

MR撮像時に用いるガドリニウム (Gd) 造影剤は、ヨードアレルギーや腎機能低下患者において有効と考えられてきた。しかし、基礎に重篤な腎疾患が存在している場合、造影剤投与と腎性全身性線維症 (Nephrogenic Systemic Fibrosis) 発現との関連が指摘されるようになった。NSFは、皮膚の硬化・関節拘縮などのほか、皮膚以外 (横隔膜、心臓、肺、肺血管系、骨格筋など) も線維化を来すとされる疾患で、発症機序、原因は解明されておらず、有効な治療法は確立していない。従来は、造影CT検査を避けたい腎不全例の造影検査としてMRIが選ばれてきたが、現在はCT同様、腎機能低下例で造影MRIは行いづらくなっている。

造影剤を使わずに血管を描出する非造影MRAは、こうした事態をうけて期待されている検査法である。動静脈を分離して表示するFBI法 (Fresh Blood Imaging) や、In-flow効果を利用して脈管を表示するTime-SLIP法 (Time-Spatial Labeling Inversion Pulse) が臨床の場に登場している。撮像のタイミ

ングのずれ等の要因のために、検査が不十分に終わったり、アーチファクトが問題になることがあるが、過去の報告では、非造影MRAは腎動脈狭窄診断において、造影MRAの9割程度の診断能をもつものになっている。

以上をまとめると、MRは最初に行う検査ではないが、拡散強調像や非造影MRAなど造影剤を使わずに情報を得ることができ、腎機能障害患者の評価において威力を発揮する。

\* \* \* \* \*

以上3つの検査の特徴を相互比較すると、以下のようになる。

	超音波	CT	MR
コスト	◎	△	△
空間分解能	◎	○	△
時間分解能	◎	○	○
流速	◎	△	○
コントラスト	○	△	◎
検査時間	○	◎	△
客観性	△	◎	◎
成功率	△	◎	△

### 3. 画像診断の対象になる腎疾患

病態把握の上で画像診断が有効な疾患は、血管性病変 (腎動脈狭窄・腎動脈瘤・腎動静脈奇形・腎梗塞・腎静脈血栓症・Nutcracker症候群・腎移植術前評価)、びまん性病変 (炎症性病変・急性腎盂腎炎・慢性腎盂腎炎・腎膿瘍・黄色肉芽腫性腎盂腎炎・腎結核・腎結石・腎不全)、腫瘍性病変 (腎細胞癌・腎腺腫・腎血管筋脂肪腫・悪性リンパ腫・腎転移・腎平滑筋腫) など、多岐にわたる。今フォーラムでは、腎動脈狭窄・腎動静脈奇形・腎不全の検出と評価、腎腫瘍の系統的鑑別法について解説された。

#### 血管性病変

まず、腎動脈狭窄の診断について考えてみる。日本高血圧学会高血圧治療ガイドラインでは、腎血管性高血圧が疑われると、まず末梢血PRAを測定し、次に形態的診断 (MRA・CTA・腎血流ドプラ) および機能的診断 (カプトリル負荷レノグラム・カプトリル負荷PRA) に進み、腎動脈造影・分腎静脈PRAにて確定するという流れになっている。

日本腎臓学会ガイドラインでは、3つの検査それぞれの特性が述べられており、超音波は「感度・特異度はやや劣るものの、非侵襲性と低コストから有用性は高い」、造影MRAは「腎動脈造影とほぼ同等の感度をもち、スクリーニングとしての高い信頼性」、非造影MRAは「造影MRAより感度特異度は劣るが、腎不全患者に対して考慮」、MDCTを用いたCTAは「動脈の詳細な情報が短時間で得られ、さらに感度は91~92%、特異度は99%まで向上する」との記載

がある。3つの検査の腎動脈狭窄診断能を比較した過去の報告では、感度と特異度はそれぞれ、超音波で75%/89.6%、CTAで94%/93%、造影MRAで90%/94.1%である。まとめると、感度・特異度はやや劣るものの、非侵襲性と低コストからスクリーニングには超音波、質的診断には血管造影の置換としてのCTA、MRAを位置づけている。

腎動静脈奇形は、若年者に多いとされる病態で、動脈相で静脈還流が描出される所見の特異度は高く、CTAによる診断は容易である。しかしながら、常に被曝の問題を考慮すべきCT検査の対象者を、臨床症状からどう絞り込むかが隠された課題である。すなわち、例えば血尿を主訴に受診した若年者の検査方針を考え、どの順に撮像していくかを考えると、場合によってCTでは所見を得るまでに多様な撮像を必要とし、被曝の問題が浮上する半面、超音波は非侵襲性と低コストから有用性は高く、得られた所見から適切にこの疾患らしいと絞り込めることの大切さは、得がたい特性と評価される。

### びまん性病変

腎不全は、超音波が急性と慢性の鑑別、サイズ計測、水腎症の有無など、評価の主軸を担う。腎不全の病因鑑別は、超音波検査の優越性が確立された分野であり、特に急性腎不全の病因鑑別において有用性が高い。Bモード像により詳細に腎の形態やエコーレベルを評価し、腎内血流parameterの情報を把握することは、その病態の趨勢を評価する上で有用性が高い。慢性腎不全例でRIと腎障害の程度が相関することが知られている。

CT、MRAは、急性期梗塞、肺水腫、透析腎癌、骨のアミロイド沈着症などの透析合併症診断に有用である。また、透析腎癌のMRによる診断能は高い可能性がある。さらに、逆流性腎症のモデル動物において、MR拡散強調画像を用いた線維化診断が試みられている。

### 腫瘍性病変

腎腫瘍性病変の画像診断は、評価・質的診断・病期診断、そしてそれらの所見の統合からなる。腫瘍の評価法としての各画像診断法を概観すると、超音波は、空間分解能が高く病変検出能に優れ、内部性状や周囲腎との関係の評価も可能である。しかし、病変の進展範囲の評価能は限定的である。造影CTは、腎腫瘍の診断において必須であり、病変の検出、性状診断やリンパ節転移、遠隔転移の検索に用いられる。MRの適応は、ダイナミック造影CTで診断が確定しない場合やヨードアレルギーがある場合、腎機能不良例などである。

腫瘍の質的診断は、治療方針を決定する上できわめて重要である。Mayo Clinicの検討では、1970年から30年間の腎腫瘍手術例2,770例中376例(12.8%)

は良性腫瘍であり、腫瘍径が小さくなるほど良性の割合が高く、3cm以下では591例中150例(25%)が良性で、小腫瘍の良悪性の鑑別診断の難しさが指摘されている。

腎腫瘍の診断は、まず、腫瘍が嚢胞性か充実性かを判断する。“嚢胞性”は、単純CTで20Hu以下のCT値で、造影後に10Hu以上の増強効果を認めない領域が病変の多くを占める場合、“充実性”は増強効果を呈する部分が多くを占める場合、どちらも判断できない場合を不確定型(indeterminate)とする。

嚢胞性腫瘍は、嚢胞壁や隔壁の厚さと不整度・石灰化の程度・内容液の性状に着目したBosniak分類にしたがって治療方針を決める。単純嚢胞であるCategory Iと、嚢胞壁や隔壁が薄く、数も少なく増強効果のないなどの特徴を持つCategory IIは無治療、嚢胞壁や隔壁が若干厚く、増強効果はみられないが隔壁の数が多い場合、隔壁が薄いが造影効果が若干みられる場合などの所見をもつCategory II Fは経過観察する。一方、嚢胞壁や隔壁が厚く、増強効果を示したり、不整な石灰化を有するCategory IIIと、不均一な肥厚壁や充実部を含むCategory IVは手術となっている。

充実性腫瘍は、脂肪の有無・発育形式・腫瘍内部の均一性をみる。まず、単純CTで脂肪が検出されれば腎血管筋脂肪腫として経過観察する。脂肪が検出されなければ、ダイナミック造影CTを行い、発育様式と内部の造影形態をみる。膨張性発育を示し、不均一な濃染があれば、まず淡明細胞型腎癌である。均一で中等度に染まれば、嫌色素性腎癌、均一で初期に弱く漸増性の染影を示す場合は、乳頭状腎癌を疑う。また単純CTにて高濃度均一で、膨張性発育を示す腫瘍には、脂肪の乏しい腎血管筋脂肪腫・平滑筋腫・後腎性腺腫などの良性腫瘍が多く、いずれも手術不要であるため、生検にて診断確定する。浸潤性発育を示す腫瘍には、集合管癌、紡錘細胞型腎癌、腎盂癌の腎浸潤などがある。腺腫(オンコサイトーマと後腎性腺腫)と腎癌は、所見が類似し鑑別困難である。オンコサイトーマの造影像は淡明細胞型腎癌や嫌色素性腎癌と類似し、後腎性腺腫のそれも乳頭状腎癌と類似する。

不確定型(indeterminate)は、基本的には定期的な経過観察が望ましいとされる。

新しい話題として、今年、腎癌取扱規約が改訂された(第4版)。今回の改訂では、病理組織診断が大幅に変わり、病期診断が一部変わった。また画像診断の項目で、腎癌の各組織型の画像所見、Bosniak分類、良性腫瘍との鑑別が新たに盛り込まれた。この改訂で新規収載されたXp11.2転座型腎細胞癌は、小児や若年者にみられ、単純CTにて高濃度、徐々に染影され、最終的には乳頭状腎癌より強く染まるという所見を呈する。そのほかCT perfusionにて腫瘍内total flowを測定し、分子標的療法治療効果の検

証が試みられている。

#### 4. まとめ

近年の長足の進歩によりCTやMRは、腎疾患の診断において、従来からの造影X線検査（血管造影、排泄性尿路造影など）を置換してきた。腎腫瘍の質的診断、病期診断、腎動脈評価においても、CT・MRは超音波より優位だが、超音波は低コストで手軽であるため、置換するのは難しい。特に、腎不全、腎障害評価、腫瘍の検診といった領域において、超音波の有用性は明らかである。今後CTの低被曝化が進み、疾患リスクの層別化が血液検査などでより

精緻に行えるようになれば、低リスク群には超音波を、高リスク群に対してはCTをスクリーニング検査として用い、MRを補助的に代替するという新たな診断体系も考えられる。

#### 参考文献

- 1) 陣崎雅弘ほか：マルチスライスCTが放射線診療に与えるインパクト—心臓以外の領域—。日獨医報50（3）：500-506, 2005.
- 2) 陣崎雅弘：腎腫瘍の画像診断の現状。泌尿器外科24（特増）：710-712, 2011.

## お知らせ

### 研修会等への託児サービス併設費用の助成について

当会では、育児中の女性医師などに対し、学習する機会を確保することにより、勤務継続や復職の支援を行うことを目的に、**全道規模の専門医会等**が主催・後援する会議や研修会などにおいて託児サービスを併設した場合の費用として2万円を上限に助成することといたしております。

つきましては、該当の会議、研修会等がございましたら、当会事業第五課までご連絡くださいますようお願いいたします。

#### 助成基準

1. 対象 全道規模の専門医会等が主催・後援する会議、研修会、講演会など  
【助成内容】託児室利用料、保育料、交通費  
(遊具・おやつ・おむつ等購入代は対象外)
2. 期間 平成23年4月～平成24年3月実施分
3. 助成額 2万円を限度として実費を助成いたします。
4. 申請方法 領収書の写し等を添付の上、所定の用紙\*によりご申請ください。  
※ 下記連絡先までご請求願います。

《連絡先》 北海道医師会事業第五課  
〒060-8627 札幌市中央区大通西6丁目  
TEL 011-231-1434 (直通) FAX 011-241-3090 E-mail: 5ka@m.douji.jp