

腎不全患者における画像診断のポイント

竹林茂生

はじめに

画像診断技術の進歩は著しく、従来の単純 X 線撮影に代わり 1985 年頃より、超音波断層法、CT、MRI などの横断画像 (cross-sectional imaging) が、さらに近年ではヘリカル CT、およびコンピュータ再構成画像法の開発により CT アンジオグラフィー、MR アンジオグラフィー、CT 内視鏡などの 3 次元画像が各種疾患の診断に用いられている。本稿では腎不全患者に対するこれら画像診断法を日常の診療に役立つようにポイントを解説する。

1 胸部単純 X 線撮影

透析患者では心胸郭比 (CTR) の測定を目的として、1 カ月間に一度位の頻度で胸部単純 X 線撮影が施行される。CTR の変化の評価には撮影条件が一定していることが前提条件であり、吸気相と呼

気相では CTR が著しく異なる (図 1) ことを考慮して比較する必要がある。また、患者の体が撮影カセットに左右均等に当たっていない状態では左右の肺に含気差があるように撮影されてしまう (図 2-B)。正しい位置で撮影されているかを判断するには、後ろの正中構造物である胸椎棘突起 (図 2-A、矢印) が前方の構造物である鎖骨の両内側端を結んだ線の中点にあることで判断する。

2 超音波断層法

gray-scale (白黒画像) の超音波断層法は診療所を含めて各医療施設に広く普及している。超音波断層装置は他の画像診断装置に比べると安価にもかかわらず、極めて有効な診断情報を提供できる。ただし、他の画像診断法とは異なり、検査終了後のフィルムでの診断には限界があり、リアルタイムでの評価が必要であり、検査中に見えているものが何であ

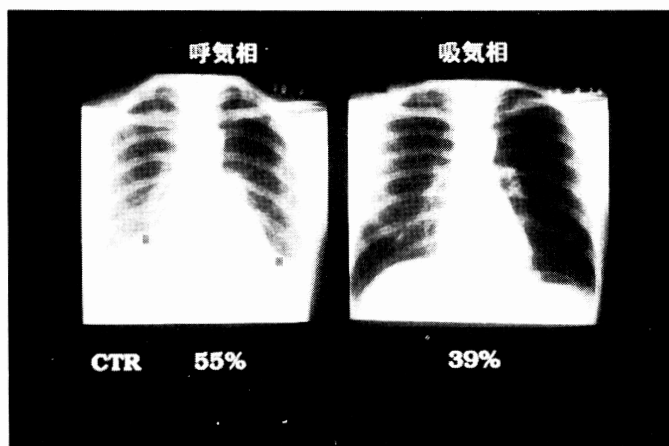


図 1 胸部単純 X 線撮影

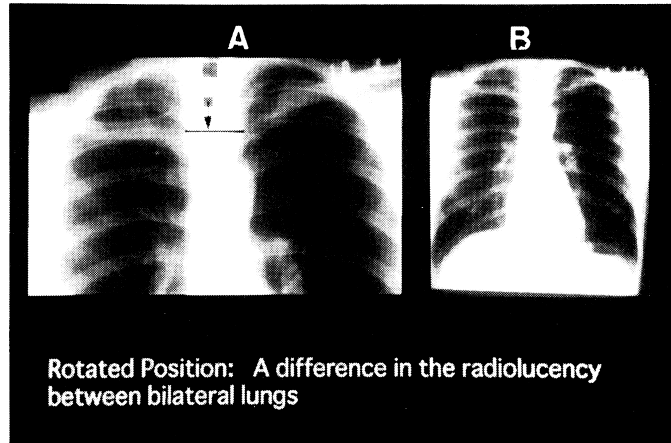


図2 胸部単純X線撮影

るか判断できなくてはならない。画像診断医ばかりでなく、第一線の腎、透析に携わっている医療スタッフ、実地医家に十分にその有効性を利用してもらいたく、超音波断層法に関しては撮像方法、正常腎超音波像について、基本を詳しく述べる。

(1) 腎超音波像の撮像方法

患者を側臥位にして側腹部に探触子をあてる。背側からのスキャンでは筋肉を通して腎を見ることになり、痩せている患者、小児例以外では良い画像が得られない。いずれにしろ、全症例、側臥位にして、側腹部からのスキャンを習慣づけることが大切である。この場合、右腎は肝臓を通して描出できる。左腎をスキャンする場合は左腎と探触子との距離を短くするために、体の下に枕をおいた状態で右側臥位になってもらい、スキャンを施行する。さらに、良好な画像を得るコツとして、ゼリーを多めに使うこと、腎との距離を短くするため探触子をやや強くあてる。細かいところを抽出したいときの探触子の動かし方は、手首をうまく使って探触子を小さく振る感じが良い。また、モニターの輝度とコントラスト調整のつまみを調整することも忘れてはならない。

(2) 正常腎超音波像

腎臓は腎中心エコー (central echo complex)

(図3-B, 長矢印) と呼ばれている高レベルエコー (白色) が中心にあるが、これは腎盂腎杯の周囲 (腎洞) の脂肪、血管などが混在して高レベルエコーとなっている。個人差があり、肥満の患者では腎洞の脂肪沈着が著しいため、エコーレベルも弱く粗に見える。正常では腎盂腎杯は見えないが、それらが拡張すること (水腎症) によって、尿が無エコー (黒色) として抽出されてくる。髄質は低レベルエコー (黒っぽい) (図3-B, 短矢印) であり、特に、やせた患者、小児では無エコーに見える。とくに新生児 (図4)、乳幼児では嚢胞と間違えてはならない。

(3) 腎障害の超音波像

髄質が強い高レベルエコーを呈するときは、尿酸結晶の沈着 (高尿酸血症)、尿細管性アシドーシス、海綿腎などを鑑別する必要がある。図3-Aは22歳女性における腹部のスクリーニング超音波検査の際に指摘できた腎髄質への尿酸結晶の沈着である。この超音波所見がきっかけとなって足が細くなりたいという願望によるラシックス長期多用 (1日6錠、医師の処方ではない) の事実が判明した。急性腎不全患者においては、まず、腎後性腎不全である水腎症を鑑別する。腎前性、腎性の急性腎不全では髄質エコーの拡大 (図5, 矢印)、腎全体の腫大の所見

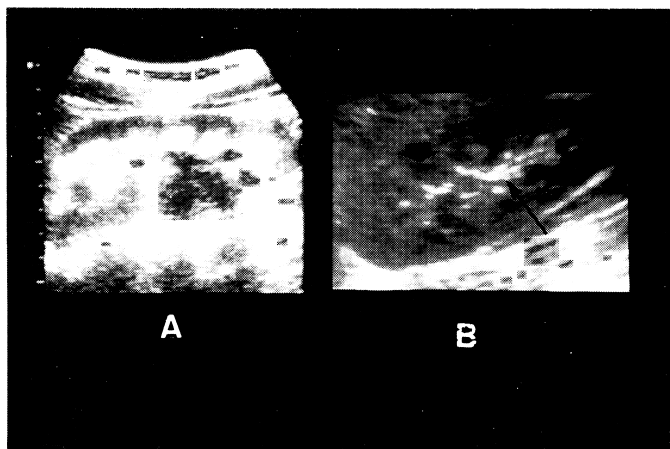


図3 腎超音波断層像



図4 新生児，腎超音波断層像（正常）

が認められる。皮質のエコー強度は糸球体病変の程度には関連がなく、間質性病変の程度によって増加する。それゆえ、糸球体腎炎のみでは皮質エコー強度増加をみないが、間質性腎炎では皮質のエコー強度の増加をみる¹⁾。透析腎では原疾患が慢性糸球体腎炎でも、間質性病変の合併とともに皮質のエコー

強度が増加する。しかし、透析腎であっても透析歴の短い糖尿病性腎症では萎縮も少なく、皮質のエコー強度も増加せず、正常超音波像に近い²⁾。

(4) 超音波診断法による blood access 評価

表在性臓器診断のため 7.5-MHz の探触子を用いる。gray scale の超音波断層法でもシャント部の血栓あるいは石灰化の診断は容易である。しかし、カラー・ドプラ法を用いれば、blood access の形態的評価とともに、血流量、流速、血流方向が拡張期相、収縮期相ともに連続的に観察でき、機能評価も可能である。カラー・ドプラ法による評価の大きな利点は、また、動脈側における Doppler spectrum 解析（血流波形を得る）もカラー・ドプラ画像下では容易にサンプリングできるため、シャント機能を客観的に評価できる。シャントの存在により拡張期血流速度は速くなり、resistive index [(最大収縮期速度 - 最終拡張期血流速度) / 最大収縮期速度] (正常動脈 0.60~0.92³⁾) は小さくなる。シャント狭窄例では正常動脈波形に近くなる。

3 MRI

(1) MRI とは

核磁気共鳴像 (magnetic resonance imaging, MRI) とは、ある種の原子 (水素など) が強い電

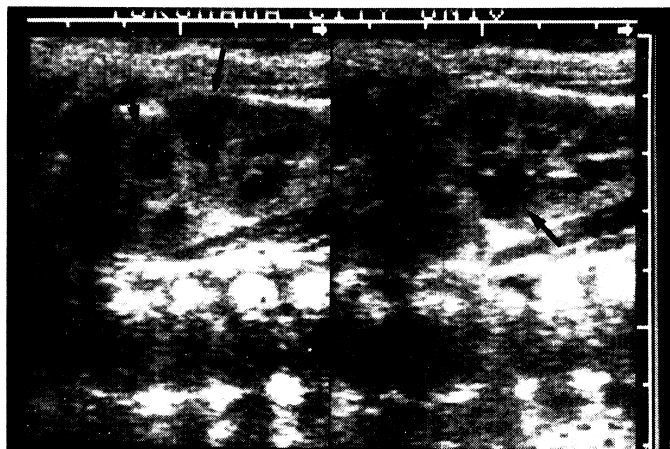


図5 腎性急性腎不全, 超音波像

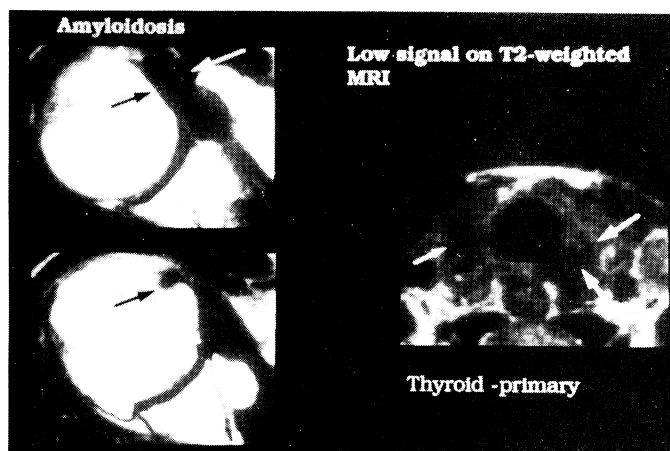
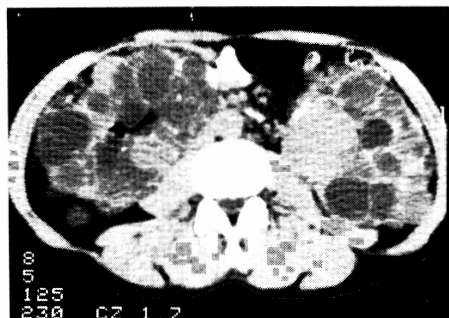


図6 アミロイドーシス, 肩関節, 甲状腺 MRI (T₂-強調画像)

磁波を受けると共鳴し、励起（興奮）する。さらに電磁波を切ったときに興奮状態から一定の時間で通常の状態にもどる（緩和時間）性質を利用した技術である。この緩和時間の差によって画像を作り出し、T₂-強調画像、T₁-強調画像を基本として、前者では水っぽい構造物は高信号（白く）、線維化、血塊、アミロイド（図6）などの水分の少ない構造物は低信号（黒く）となる。T₁-強調画像で高信号を呈するものは限定され、出血、脂肪、あるいは、蛋白成分の多い構造物などである。常染色体優性、多発性嚢胞腎（AD-PCK）、あるいは透析の合併症

である後天性多発性嚢胞腎（ACDK）の嚢胞ではCTでは様々な吸収値を呈する（図7-A）。これらの嚢胞が出血性、あるいは内容液が変性して高蛋白を含む場合はT₁-強調画像で高信号になり（図7-B）、古い出血で血塊が生じた時はT₂-強調画像で低信号を呈する（図7-C）。MRIの長所はコントラスト分解能に優れている（病変部の黒白がはっきりする）、造影剤を使用しなくとも血管の評価が可能（MRアンギオグラフィー）、放射線被曝がない、ことが挙げられる。短所としては、画像収集中に動く十分な画像が得られない（約3分間は動けない）、



(A) 単純 CT

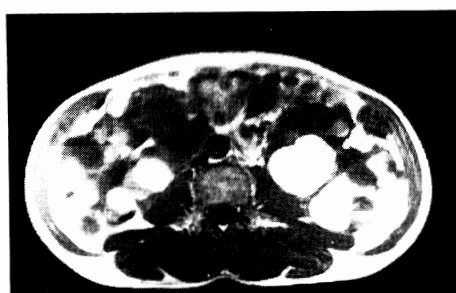
(B) T₁-強調 MRI(C) T₂-強調 MRI

図7 多発性嚢胞腎 (AD-PCK)

石灰化がわかりにくい，閉所恐怖症や体内に磁性体の金属がある患者には施行できない，などがある。

(2) MRI 造影剤

MRI ではガドリニウム-DTPA などの経静脈性造影剤が用いられる。ガドリニウムは重金属であるが，DTPA でキレート化しているので安全であり，ヨード造影剤よりも副作用の頻度は少ない。使用量は約 10~20 ml (0.1 mMol/kg) と少ない。

(3) 脳血管障害診断における CT および MRI 診断

急性脳血管障害の検索には CT が第 1 選択の画像診断法である。これにて脳出血，クモ膜下出血を否定する。正常ではクモ膜下腔である脳溝，脳槽は脳脊髄液である低吸収値で満たされている。CT ではクモ膜下出血は出血のため脳溝，脳槽が高吸収値 (図 8-A, B)，ときに等吸収値を呈し，見逃さない注意が必要である。また，硬膜下血腫 (図 8-C) も透析患者には多く見られ，mass effect を呈し，出血傾向があるときは，血腫は鏡面形成を呈する。透析患者では動脈硬化の結果，小さい脳梗塞 (lacunar infarction) (図 9) の頻度が高く，CT の読影では好発部位である基底核，放線冠，内包，視床に注意する。

MRI では CT で難しい脳幹部の評価が可能であり，脳梗塞検出に関しても T2-強調 MRI が鋭敏な検査法である。しかし，意識レベル低下時には短時間で施行可能な CT の方が有利であり，また MRI ではクモ膜下出血を検出できない恐れがある。

(4) MR アンギオグラフィー

MR アンギオグラフィーには phase contrast 法，および time-of flight 法があり，それぞれの画像収集法として 2 次元 (2D) 法，3 次元 (3D) 法がある。透析の blood access の評価には，2D-time-of flight 法，あるいは 3D-phase contrast 法が有用である。すべての血流が描出される time-of flight 法にて blood access の描出が可能であるが，その他の血管もともに描出される⁵⁾。血流速度に依存した血流が描出される 3D-phase contrast 法では，周囲の静脈の描出が抑えられ blood access 画像が得られる (図 10)。

4 ヘリカル CT

X 線検出器の連続的回転が可能で短時間にスキャンが施行できる。ヘリカル CT を用いて経静脈的に非イオン性，低浸透圧ヨード造影剤 (300 mgI

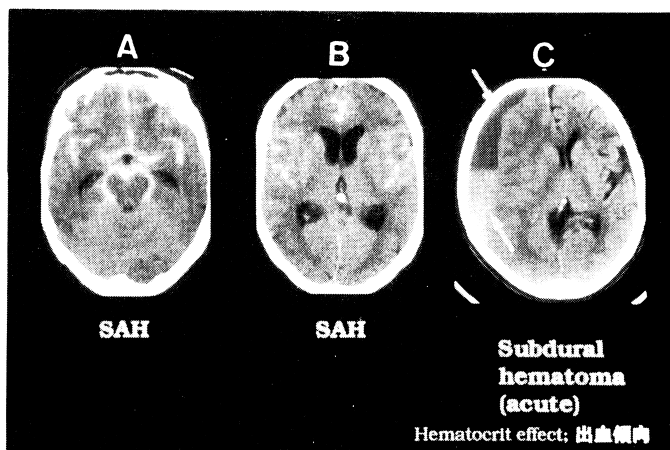


図8 頭部 CT

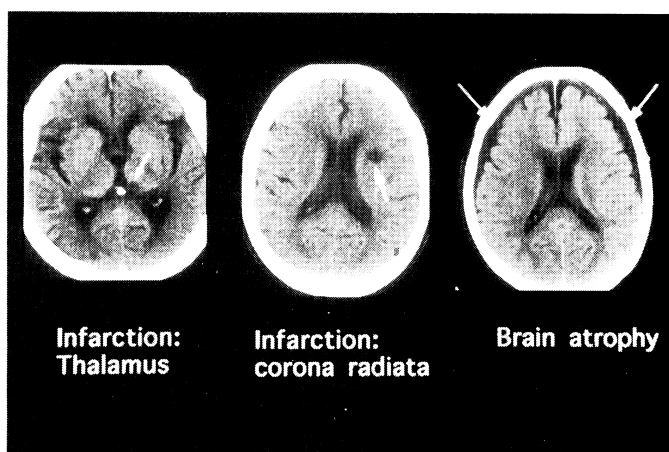


図9 頭部 CT

/ml, 100 ml) を2~3 ml/secで急速に注入し、動脈優位相のスキャンを得ることができる。透析腎、ACDK、非ACDKにかかわらず、腎癌検出のためにはこの動脈系が優位に染まるヘリカルCT早期造影相がきわめて有用である(図11)。

(1) CT アンギオグラフィー

ヘリカルCTを用いて経静脈的に非イオン性、低浸透圧ヨード造影剤(300 mgI/ml, 100 ml)を急速に注入し、動脈優位相でblood accessのスキャンを行う。シャントの存在により、静脈も動脈と同様の強い造影効果を呈するために、動静脈が重なっ

て描出される。それゆえ、多方向から観察可能な3次元画像が有用であり(図12)、吻合口に近い部分における狭窄、あるいは閉塞の状態、血管走行の全体像を把握できる。AD-PCKの患者では約7%~10%に脳動脈瘤の合併があり、非侵襲的にMRアンギオグラフィーと同様にCTアンギオグラフィーにて検出可能である(図13)。

(2) CT 血管内視鏡

本法を施行するためにはnavigation systemのwork stationが必要となる。CTアンギオグラフィー作成後、造影剤で満たされている血管像から造影

剤CT値を削除し内壁を描出させる⁴⁾。描出CT値に関して下限の閾値を約100~125H, 上限の閾値を無限大(石灰化, カテーテルも描出させたい場合にはそれらのCT値以下)(図14, 矢印)に設定する。CT血管内視鏡にて血管の内壁が非侵襲的に観察でき, シャント血管は蛇行, 屈曲が著しいので,



図10 MRアンギオグラフィー(3D・PC法)透析シャント(Brescia-Cimino)

血管内視鏡では困難な部位でもCT血管内視鏡では容易に観察可能である(図14)。

6 透析患者における血管内造影剤投与

従来の高浸透圧性ヨード造影剤と異なり, 低浸透圧性ヨード造影剤(分子量約820, 浸透圧約860 mOsm/kg)が現在, CTあるいは血管撮影に使用されている。この低浸透圧性ヨード造影剤は透析患者の血漿浸透圧の上昇も, 赤血球の破壊, 変形をひき起こすこともなく, 通常の使用量であれば(300~320 mgI/ml, 100~120 ml), あえて透析直前に造影CTの予約を組む必要もなく, 造影剤の副作用が出現しなければ特に血液透析の追加も必要ない。腎から排泄されない造影剤は主に肝臓を通して胆嚢に排泄される。ちなみに通常の1回の透析で約82%の低浸透圧ヨード造影剤が除去されるが⁵⁾, 残りの造影剤は体内に残存する。MRIの造影剤であるガドリニウム-DTPAの使用量は約10~20 mlで浸透圧に影響を与えない。低浸透圧ヨード造影剤と同様の排泄経路であり, 造影剤の副作用が出現しなければ, 特に血液透析の追加も必要ない。

従来の高浸透圧ヨード造影により, 血漿浸透圧の上昇, 赤血球の破壊, 変形がおこり, 心不全, 神経症状が発症することのイメージが強く, 低浸透圧ヨード造影剤, MRI造影剤であっても, 透析患者

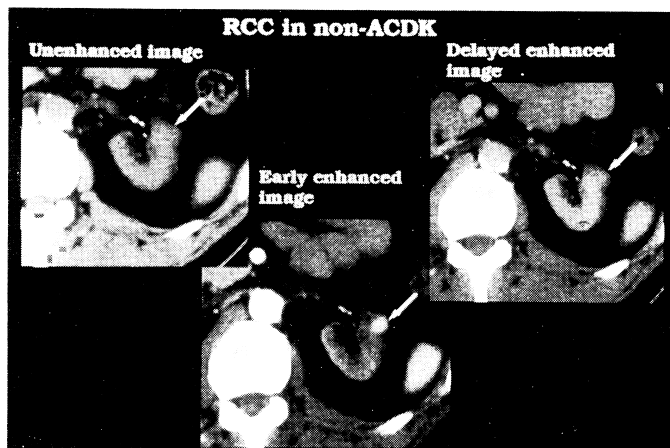


図11 ヘリカルCT(透析腎)

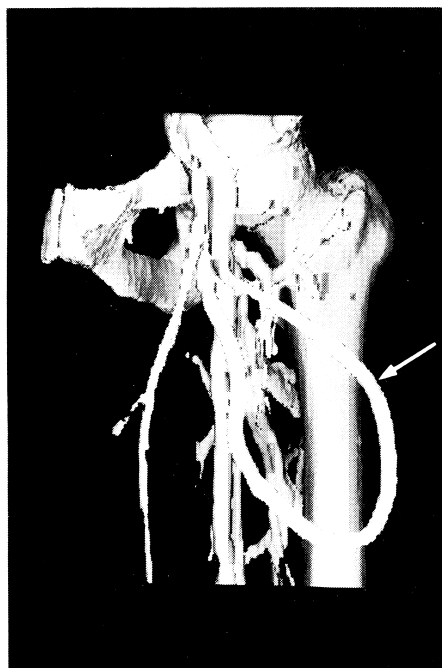


図12 CTアンギオグラフィー
左大腿透析シャント (Gore-Tex Graft)

の血管内に造影剤投与直後に血液透析が必要であるとする考えが多くの施設において支配的で、CT、MRI検査あるいは透析室のスケジュールに少なからず影響を与えているのが実状であろう。われわれは過去12~14年に多数の透析患者に低浸透圧ヨード造影剤、MRI造影剤を特に透析日を考慮せずに投与しているが、特に非透析患者と異なる合併症は出現していない。

文 献

- 1) Rosenfield AT and Siegel NJ: Renal parenchymal disease: histologic-sonographic correlation. *AJR*, 137; 798, 1981.
- 2) Takebayashi S: Sonographic evaluation of kidneys undergoing dialysis. *Urologic Radiology*, 7; 25, 1985.
- 3) Middleton WD, Kellman GM, Melson GL, et al: Postbiopsy renal transplant arteriovenous fistulas: color Doppler flow imaging.



図13 CTアンギオグラフィー-脳動脈瘤

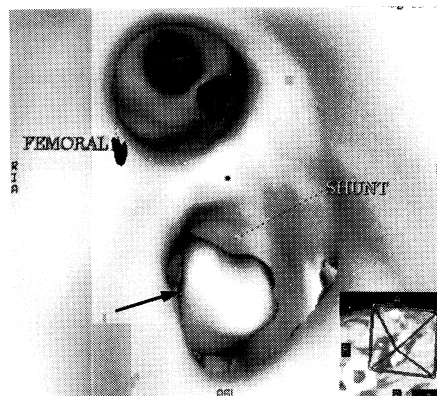


図14 CT内視鏡, 透析シャント

Radiology, 170; 219, 1989.

- 4) Rubin GD, Beaulieu CF, Argiro V, et al: Perspective volume rendering of CT and MR images: applications for endoscopic imaging. *Radiology*, 199; 321, 1996.
- 5) Ueda J, Furukawa T, Higashino K, et al: Elimination of iomprol by hemodialysis. *Eur J Radiol*, 23; 197, 1996.