

7

泌尿器

泌尿器領域の標準的撮像法

■ 腎の撮像法

腎腫瘍性病変は超音波がきっかけになる場合や CT で偶発的に指摘されることが多い。MDCT を用いたダイナミック CT によって、性状診断、病期診断ならびに血管や尿管などの情報を 1 回の検査で得ることが可能である。加えて、リンパ節転移、遠隔転移の検索にも用いられる。

ヨードアレルギーなどで造影 CT ができない場合は、MRI により原発巣の診断を行う。骨シンチグラフィは骨転移が疑われる場合に施行される。PET も再発診断の際などに有用な場合がある。

CT も MRI もダイナミック造影検査で造影剤急速注入後 (3~5 ml/s) には、次の 4 つの相が観察される。

① 動脈相 (arterial phase)

造影剤投与開始後、20~30 秒前後で、腎動脈が強く増強される。3 次元の動脈像を評価したい場合に有用である。

② 皮髄相 (corticomedullary phase)

造影剤投与開始後、30~70 秒で皮質が主に増強される。また、早めの皮髄相 (30~40 秒) を撮像することで、腎動静脈の評価も可能である。動静脈の評価が必要な場合や腫瘍の血流評価を行う場合によい。

③ 腎実質相 (nephrographic phase)

造影剤投与開始後、80~130 秒後で腎皮質、髄質が同程度に増強され腎実質が均一に描出される。病変の検出や腫瘍の深達度診断に関して最も優れる。

④ 排泄相 (excretory phase)

造影剤投与開始後、180 秒以降で造影剤が排泄され尿路が観察される。腎盂進展の評価に適する。

実際の検査では、目的に応じて上記の 4 つの相から必要なものを選択し撮像する。

■ 腫瘍性病変が疑われる場合の撮像法

① CT

腎腫瘍が疑われる場合は、通常下記の撮像を行う¹⁾。

- ① 単純
- ② 皮髄相 (造影剤投与開始 30~40 秒後前後) (図 1A)
- ③ 腎実質相 (同 100 秒後前後)
- ④ 排泄相 (同 180 秒後前後)

この撮像法で、性状診断と病期診断の両方を行うことができる。単純 CT は良悪性の鑑別 (血管筋脂肪腫の診断) に重要である。

造影剤は、非イオン性造影剤約 100 ml を 30 秒程度で投与する。良好な動脈像を得るためには注入速度は 3 ml/s 以上がよい。また、造影剤が大動脈へ到達するまでの時間は個人差が大きいため、bolus tracking を用いることが望ましい。

撮像範囲は腎臓を十分カバーする。転移巣検索の目的で胸部を追加する場合は、どの相で撮像してもよいが、腎実質相では胸部の血管が良好な増強効果を維持しており、血管に接するリンパ節の評価がしやすい。

スライス厚は 5 mm で再構成することが基本である。微小な病変の場合には 3 mm 程度の薄いスライスで再構成を行う。冠状断像、矢状断像などの MPR 像を得るには薄いスライス厚の画像が必要となる。術前に血管系を評価する場合は、1 mm 程度のスライス厚を用いて 3 次元の CTA 像を作成するのがよい。

フォローアップにおいては単純と腎実質相のみで十分である (胸部を含む)。

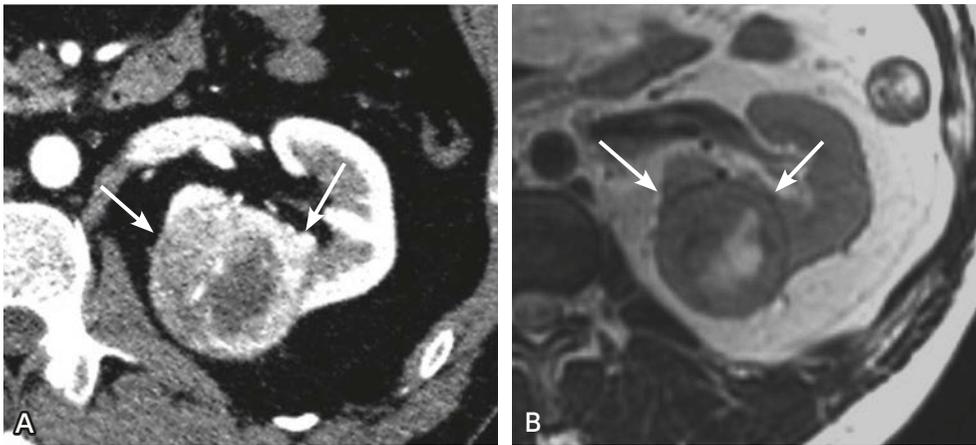


図 1 左腎細胞癌

A：ダイナミック CT（皮髄相，造影剤投与後 35 秒）；不均一であるが濃染を認め（→），腫瘍が血流に富むことがわかる。

B：MRI（T2 強調，横断像）；腫瘍の周囲に偽被膜が見られる（→）。

表 1 腎細胞癌シーケンス例（phased array coil）

撮像法	シーケンス	1.5T		3T		その他
		TR/TE	スライス厚	TR/TE	スライス厚	
① T2 強調像 /横断，冠状断	呼吸停止 FSE 法	3,000/100 ms 前後 (ETL 12 前後)	4~8 mm	3,000/90 ms 前後 (ETL 20~24 前後)	3~8 mm	撮像時間は 30 秒， 60~90 秒，150~ 180 秒後
	呼吸同期 FSE 法	R-R 間隔/90 ms 前後	4~8 mm	R-R 間隔/90 ms 前後	3~8 mm	
	呼吸停止 heavy T2 強調法	無限大/80 ms 前後	4~8 mm	無限大/80 ms 前後	3~8 mm	
② 造影前 T1 強調像	3D GRE 法	4~5/1.2~2 ms 前後	4~8 mm	4~5/1.2~2 ms 前後	3~8 mm	
③ ダイナミック MRI	3D GRE 法	4~5/1.2~2 ms 前後 (FA 12~15°前後)	4~8 mm	4~5/1.2~2 ms 前後 (FA 12~15°前後)	3~8 mm	
④ 拡散強調像	呼吸同期 2D-EPI 法	R-R 間隔/100 ms	4~8 mm	R-R 間隔/100 ms	3~8 mm	b 値=0, 750~ 1,000 s/mm ²

② MRI

MRI での評価を行う場合は，通常下記の撮像を行う²⁾。

- ① T2 強調像（横断および冠状断）
- ② 造影前 T1 強調像
- ③ 造影剤を用いたダイナミック MRI
- ④ 拡散強調像

この撮像法で，性状診断と病期診断の両方を行うことができる。

撮像範囲は両側腎臓を十分カバーする。スライス厚は 3~8 mm 程度。推奨パラメータは表 1 の通りである。
in phase と opposed phase を用いれば水と脂肪の混在した状態を検出でき，淡明細胞癌のように細胞内脂肪

顆粒を含む腫瘍を診断できる。T2強調像は、腎癌の偽被膜の検出に有用である（図1B）。また、拡散強調像が良悪性の鑑別診断や癌の悪性度の診断に有用との報告も多く見られるようになっている³⁾。

2 感染性病変が疑われる場合の撮像法

基本的にCTが用いられ、MRIが施行されることはほとんどない。CTでは、通常下記の撮像を行う。

- ① 単純
- ② 造影（造影剤投与開始70～90秒後）

造影剤の注入速度は2ml/s以上が望ましい。撮像範囲は腎臓を十分カバーする。スライス厚は5mmで再構成することが基本である。

文献によっては、下記のような造影後3相撮影を勧めるものもある⁴⁾。

- ① 単純
- ② 皮髄相（造影剤投与開始30秒後）
- ③ 実質相（同70～90秒後）
- ④ 排泄相（同5分後）

しかしながら、実質相における造影CTが、皮髄相、排泄相に比べ、病変の検出および進展範囲の評価に優れていると考えられる⁵⁾。被ばくを考慮すると、単純CTおよび造影後3相撮影は施行し難い。単純CTと造影CT（実質相）を撮影し、尿路閉塞が疑われる場合にのみ、排泄相を追加するのが妥当である⁵⁾。

■ 上部尿路の撮像法

上部尿路の画像診断では、病変検出、病変の深達度診断やリンパ節転移、遠隔転移の検索を基本的にCTで行う。MDCT（16列以上のCT）によって、1回の検査でこれらの情報を得ることが可能である。薄いスライス厚の排泄相を中心に造影前後で尿路を評価するCT検査（CT urography）が普及している^{6,7)}。MRIは、ヨードアレルギーなどで造影剤を投与できない場合に用いられることがある。

1 結石が疑われる場合の評価法

有痛性血尿で、尿路結石の検出を目的とした場合は、単純CTでスライス厚3～5mm、ピッチ1～1.5で腎上極から骨盤底までを撮像する。

なお、尿路結石の検出については低線量撮像でも十分な診断能があるとされており、可能な限り被ばくを低減する撮像を行う。

2 腫瘍が疑われる場合の評価法

① CT

高齢者の無痛性血尿や膀胱癌をはじめとする尿路上皮腫瘍の既往など、上部尿路腫瘍が主な対象疾患となる場合には、以下の撮像を行う（CT urography プロトコル^{6,7)}）。

- ① 単純
- ② 腎実質相（造影剤投与開始100秒後前後）
- ③ 排泄相（同8分後以降）（図2）

まず、単純CTを結石が疑われる場合に準じて、腎上極から恥骨下縁まで撮像する。続いて造影剤を投与するが、排泄相での尿路の描出は用量依存の傾向があるので、600mgI/ml/kgBW（300mgI/ml製剤で体重×2倍）程度の量を投与することが勧められる。30秒間程度で投与し、投与開始より100秒後前後（腎実質相）に腎全体を撮影する。続いて8～10分後前後（排泄相）に腎上極から恥骨下縁まで撮像する。転移巣検索の目的で胸部も撮像する場合、肺門リンパ節の評価を重視する場合は腎実質相のタイミングがよいが、肺野の評価に関しては任意のタイミングでよい。なお、腎実質相撮影後に一度排尿してもらい40分程度待ち、排尿後45分程度で排泄相を撮影すると、膀胱全体が造影剤で満たされており膀胱腫瘍を陰影欠損として描出可能に

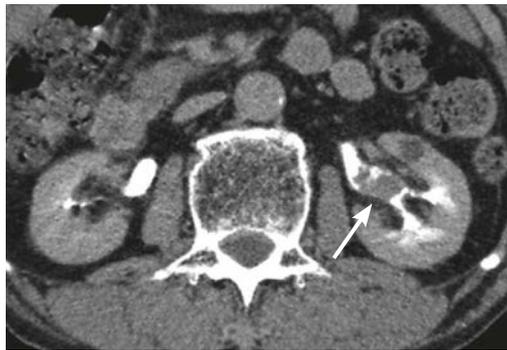


図2 左腎盂癌

ダイナミック CT (排泄相, 造影剤投与 8 分後) ; 左腎盂内に腫瘍を認める (→)。

表2 尿管癌シーケンス例 (phased array coil)

撮像法	シーケンス	1.5T		3T		その他
		TR/TE	スライス厚	TR/TE	スライス厚	
① T2 強調像 /横断, 冠状断	呼吸停止 FSE 法	3,000/90 ms 前後 (ETL 15 前後)	4~8 mm	3,000/90 ms 前後 (ETL 20~24 前後)	3~8 mm	
	呼吸同期 FSE 法	R-R 間隔/90 ms 前後	4~8 mm	R-R 間隔/90 ms 前後	3~8 mm	
	呼吸停止 heavy T2 強調法	無限大/80 ms 前後	4~8 mm	無限大/80 ms 前後	3~8 mm	
② 造影前 T1 強調像	3D GRE 法	4~5/1.2~2 ms 前後	4~8 mm	4~5/1.2~2 ms 前後	3~8 mm	
③ 造影後脂肪抑制 T1 強調像 /横断, 冠状断	3D GRE 法	4~5/1.2~2 ms 前後 (FA 12~15° 前後)	4~8 mm	4~5/1.2~2 ms 前後 (FA 12~15° 前後)	3~8 mm	
④ 拡散強調像	呼吸同期 2D-EPI 法	R-R 間隔/100 ms	4~8 mm	R-R 間隔/100 ms	3~8 mm	b 値 = 0, 750~ 1,000 s/mm ²
⑤ MR urography	projection 法					
	脂肪抑制 RARE	4,000 以上/1,250 ms 前後	4~80 mm	6,000 以上/ 1,200 ms 前後	4~80 mm	
	multislice 法					
	脂肪抑制 heavy T2 強調法	無限大/80 ms 前後	4~5 mm	無限大/80 ms 前後	4~5 mm	
	呼吸同期 FSE 法	R-R 間隔/100 ms		R-R 間隔/100 ms		

なる⁷⁾。

スライス厚は薄いほうが小病変の検出能が高くなるので、3 mm 以下の薄いスライス厚での再構成が推奨される。必要に応じて排泄相の薄いスライス画像の冠状断などの MPR 画像も作成する。

また、尿路描出の改善のため、造影剤投与前後の飲水による水負荷が望ましい。

この撮影法で、病変検出と病期診断の両方を行うことができる。

② MRI

上部尿路腫瘍が主な対象疾患となる場合には、以下の撮像法を行う。

- ① T2 強調像（横断および冠状断）
- ② 造影前 T1 強調像
- ③ 造影後脂肪抑制 T1 強調像（横断および冠状断）
- ④ 拡散強調像
- ⑤ MR urography

これらの撮像法で、拡散強調像は病変検出、良悪性の鑑別、病期診断のいずれにおいても有用性が高い^{8,9)}。

上記の撮影範囲は両側腎臓を含んだ腹部全体で、スライス厚は3~8mm程度。MR urographyは、撮像スライス厚によって1スライスの厚いスラブを用いる projection 法と、多数スライスを撮像し再構成する multislice 法に大別され、呼吸停止で撮像する。各撮像法の推奨パラメータは表2に記載する。

■ 膀胱の撮像法^{10,11)}

MRIは膀胱癌の局所病期診断のために使用される。CTは主にリンパ節転移・遠隔転移や局所再発の評価に用いられる。なお、膀胱癌の検出は膀胱鏡検査で行われるが、尿路全体の評価を目的としたCT urography 検査でも膀胱は当然評価される。

1 CT

単純、動脈相（造影剤投与20~30秒後）、皮髄相（造影剤投与30~70秒後）、腎実質相（造影剤投与80~130秒後）、排泄相（造影剤投与8分後以降）を目的に応じて選んで組み合わせて撮影する。造影剤は非イオン性ヨード造影剤100mlを2~3ml/sで投与する。動脈相で血管像を再構成したい場合は約4ml/sで投与する。薄層（1~2mm）で撮影された排泄相を含む単純+造影CT検査をCT urographyと呼ぶ¹²⁾。CT urographyのprotocolsとして一般によく用いられるのは単回造影剤投与、3回撮影（単純+腎実質相+排泄相）のsingle-bolus法と2分割投与+2回撮影（単純+腎実質/排泄混合相）のsplit-bolus法である¹²⁾。split-bolus法はsingle-bolus法と比べて撮影回数が1回少ない分、被ばく量は低い。split-bolus法では腎臓の造影効果は腎実質相当でかつ、尿路は造影剤が充溢された排泄相相当の腎実質/排泄混合相が得られる。尿路上皮癌のハイリスク患者に対してはsingle-bolus法が選択される。膀胱癌は皮髄相末期~腎実質相初期で造影効果が最大となる¹³⁾。薄層で撮影すれば5mm以上のサイズの膀胱癌はほとんどが検出可能である¹⁴⁾。撮影は64列以上のMDCTである必要はないが薄層で比較的広範囲の撮影が必要となるため16列以上の機器の方が余裕を持って撮影できる。

2 MRI

標準化撮影法であるVesical Imaging-Reporting and Data System (VI-RADS)に準じた撮影を行う¹⁵⁾ (表3)。ただし、撮影パラメータはあくまで例であるためこれに拘らずに各MRI装置のスペックに合わせて適正に調整すればよい。膀胱のMRIは経尿道的膀胱腫瘍切除術(transurethral resection of the bladder tumor: TURBT)の術前に撮影する。膀胱は貯留している尿の量によって膀胱壁の伸展度、厚みが変化する。質の高い局所病期診断のためには膀胱壁は適度に伸展している状態が望ましい。そのためには、患者に検査1時間前に一度排尿、検査までに500mlほど飲水、検査終了までは排尿をがまんしてもらうと多くの症例で適正な膀胱の拡張が得られる。

撮影範囲は膀胱全体と前立腺部尿道を含める。断面は横断像を基本として矢状断像あるいは冠状断像を追加する。膀胱癌の深達度診断に最適な断面は、理論上は腫瘍基部の膀胱壁に垂直な断面である。しかし、膀胱癌は病変が多発していたり壁に沿って広範囲に存在したりする場合があります、全ての病変に対して最適な断面

表3 膀胱癌シーケンス例 (phased array coil)

	T2 強調像	拡散強調像	ダイナミック MRI
1.5T			
TR (ms)	5,000	4,500	3.3
TE (ms)	80	88	1.2
FA (degree)	90	90	
FOV (cm)	23	27	35
マトリックス	256×189~256	128×109	256×214
スライス厚 (mm)	4	4	1
スライス間隔 (mm)	0~0.4	0~0.4	0
NEX	1~2	10~15	1
b 値 (s/mm ²)	—	0, 800~1,000	—
3T			
TR (ms)	4,690	2,500~5,300	3.8
TE (ms)	119	61	1.2
FA (degree)	90	90	15
FOV (cm)	23	32	27
マトリックス	400×256~320	128×128	192×192
スライス厚 (mm)	3~4	3~4	1
スライス間隔 (mm)	0~0.4	0.3~0.4	0
NEX	2~3	4~10	1
b 値 (s/mm ²)		0, 800~1,000 (up-to 2,000)	

を得ることは時間的な制約から難しい。また拡散強調像は斜断面を撮影しても画質不良となる。T2 強調像と拡散強調像のスライス厚は3~4mm程度が適当である。拡散強調像はEPI法で脂肪抑制法を併用して撮影する。b値は0, 1,000 s/mm²を撮影する。造影はインジェクターを用いてダイナミック撮影する。造影剤の投与量は0.1 mmol/kg, 1.5~2.0 ml/sで注入して生理食塩水で後押しする。造影剤投与前、投与30秒後から30秒おきに5, 6回繰り返し撮影する。撮影は高速GRE法T1強調像を2Dあるいは3Dで行う。断面はスライス枚数を最小限にできる矢状断像が良い。ただし、矢状断が評価したい病変の基部の膀胱壁と平行になってしまう場合(例えば腫瘍が側壁に存在する場合)は横断像や冠状断像で撮影する。3D撮影でボリュームデータを取得しておけば検査後でも任意の断面に再構成が可能である。T2強調像や拡散強調像と同一な断面で再構成しておくと読影の際に対比しやすい。撮影磁場強度は3Tが必須ではないが1.5Tと比較して信号雑音比が良く、高空間分解能・高速撮像が可能でありより診断に適した画質の画像が得られる。

■ 前立腺の撮像法

前立腺局所の画像評価には組織コントラストに優れたMRIが適している。従来は、前立腺生検で癌が判明した後に、局所の病期診断目的でMRIが用いられることが多かったが、前立腺生検後のMRIでは生検で生じた血液成分により前立腺内のMR信号が修飾され、癌の診断が難しくなることが明らかになり、現在は生検前に臨床的有意癌の検出目的でのMRI検査が増加している。しかしながら、都道府県によっては生検前にMRIを施行することが診療報酬上認められない場合もある。前立腺生検後にMRIで局所評価する場合は、8

表 4 前立腺癌シーケンス例 (3T 装置, 1.5T 装置共通, phased array coil)

撮像法	シーケンス	TR/TE	スライス厚	その他
① T2 強調横断	FSE 法	4,000 ms 程度/ 100 ms 程度	3 mm	FOV は 12~20 cm。ギャップなしで撮像する。精嚢を含め、前立腺全体が入るようにする。
② T1 強調像	FSE 法または GRE 法	FSE 法 : 400~ 700 ms/10 ms 前後 GRE 法 : 4 ms 前後/ 2 ms 前後	3~4 mm	拡張強調像およびダイナミック造影と同じ範囲で。脂肪抑制はあってもなくても良い。
③ 拡張強調像	SE-EPI 法 STIR 法か CHESS 法 による脂肪抑制併用	3,000 ms 以上/ 90 ms 以下	4 mm 以下	FOV は 16~22 cm, b 値 0~100, 800~1,000 s/mm ² の 2 点より ADC map 作成。高 b 値拡散強調像 (b 値 > 1400 s/mm ²) は実際に撮像する方法と computed DWI で代用する方法がある。
④ T2 強調 /冠状断 or 矢状断	FSE 法	4,000 ms 程度/ 100 ms 程度	3 mm	前立腺が FOV の中心よりもやや尾側になるようにする。
⑤ ダイナミック MRI 横断	3D GRE 法 脂肪抑制併用	100 ms 未満/ 5 ms 未満	3 mm	時間分解能は 15 秒未満が望ましく、造影剤注入から 2 分後まで観察する。

DWI : diffusion weighted image

週間以上の期間をあけることで出血の影響を低減できる¹⁶⁾。

これまで施設や放射線科医の間でばらつきの大きかった前立腺癌検出の撮像と読影の標準化を目的とする PI-RADS (Prostate Imaging-Reporting and Data System) が 2012 年に提唱され、2015 年に version 2¹⁷⁾、2019 年には version 2.1¹⁸⁾ が発表され、本邦でもその認知度は高まっている。PI-RADS で示されている標準的な撮像法を踏まえ、各撮像法のパラメータ例を示す (表 4)。各施設で最適化することが望ましい。

1 MRI 検査前の準備：よりよい画像を得るために

MRI 検査前に、画質劣化の原因となる直腸内ガスや直腸内残渣の低減を目指し、患者にトイレに行っておくように声をかける。

鎮痙薬 (グルカゴン, 臭化ブチルスコポラミン) を検査時に使用できれば、腸管の蠕動運動由来のモーションアーチファクトの低減が期待できる。ただし、経費の発生や副作用の考慮が必要である。

2 磁場強度

3T 装置と 1.5T 装置のどちらでも適切なパラメータが取得できるが、基本的に 3T 装置での撮像が推奨される。埋め込みデバイスを使用している患者や両側人工股関節術後などで金属アーチファクトによる画質劣化が懸念される場合は、1.5T 装置で撮像する。1.5T 未満の低磁場装置での前立腺 MRI は推奨されない。

3 使用コイル

受信コイルは、適切な撮像条件であれば phased array coil で良好な画像が得られるため、侵襲性を考慮すると経直腸コイルは必須ではない。

4 前立腺 MRI プロトコル

T1 強調像, T2 強調像 (2 方向以上), 拡散強調像, ダイナミック造影像が基本である。特に T2 強調像, 拡散強調像, ダイナミック造影像は診断の要である (図 3)。

① T2 強調像

T2 強調像は、FSE 法を用いて横断と少なくとももう 1 方向 (冠状断ないしは矢状断) の撮像を行う。スライス厚 3 mm, ギャップなしが推奨される。3D 収集は、2D 画像の補助として用いることができる。等方性が

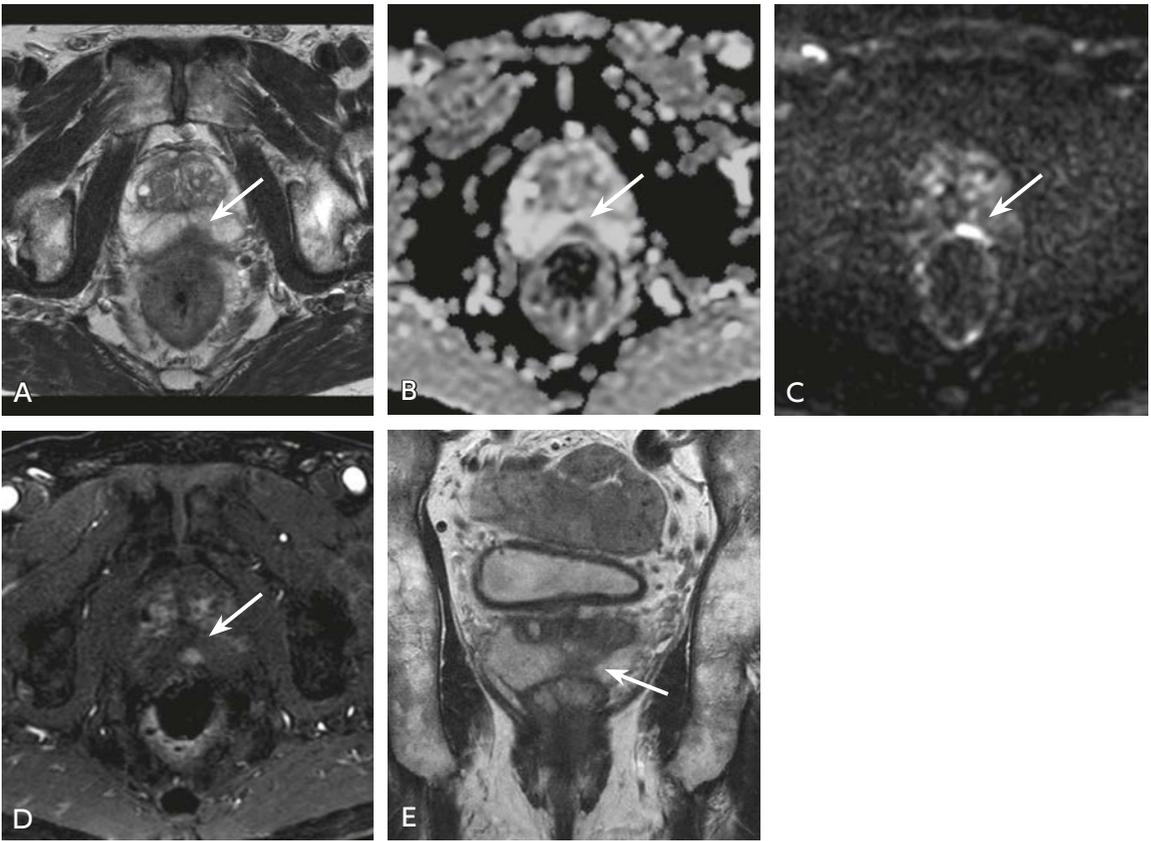


図3 前立腺癌のMRI (T2a)

A: T2 強調 (横断像), B: ADC map, C: 拡散強調像 (b 値 = 2,000 s/mm^2), D: ダイナミック造影像 (早期相), E: T2 強調 (冠状断像)

症例は 70 歳代, 男性。前立腺左葉体部辺縁域に 10 mm 大の T2 強調像で低信号 (A), ADC map で低信号 (B), ダイナミック造影像で早期濃染 (C) を示す結節を認め, 前立腺癌を疑う所見である。T2 強調 (冠状断像) では中心域より尾側に広がる低信号域を認める (D)。ダイナミック造影像と T2 強調 (冠状断像) の所見より, 正常中心域と癌の鑑別が容易となる。拡散強調像では直腸内のガスにより画像の歪みが生じ, 前立腺背側部の評価が困難になりやすいので, 注意が必要である。

クセルで 3D 収集した場合, 詳細な解剖学的構造を視覚化し, 真の病変と部分容積効果による偽病変を区別するのに役立つ。ただし, 軟部組織のコントラストは同一ではなく, 2D T2 強調像よりもコントラストが劣ることがあるので注意が必要である。

② 拡散強調像

拡散強調像は自由呼吸下での SE-EPI 法 (脂肪抑制併用) が推奨される。T2 強調像とスライス厚を揃えた方が診断しやすい。ADC map と高 b 値の拡散強調像 (b 値 $>1,400 \text{ s}/\text{mm}^2$) が必要となる。ADC map は, 低 b 値 ($0 \sim 100 \text{ s}/\text{mm}^2$) と中間 b 値 ($800 \sim 1,000 \text{ s}/\text{mm}^2$) から作成する必要があるため, 時間などの制約がある場合は, 低 b 値と中間 b 値のみ撮像し, computed DWI (diffusion weighted imaging) で高 b 値の拡散強調像を作成するというのも一案である。

③ T1 強調像

SE 法または GRE 法を用いて横断像を撮像する。脂肪抑制の有無は問わない。前立腺や精嚢腺の出血を検出する。拡散強調像およびダイナミック造影像と同じ範囲を撮像すればよいが, T2 強調像ほどの空間分解能

は必要ないので、その分、取得時間を短縮したり、撮像範囲を拡大したりしてもよい。少なくとも1つの断面では、前立腺下縁から総腸骨動脈分岐部の高さを撮像範囲に含め、前立腺頭側に存在するリンパ節を評価する。

④ ダイナミック造影像

ダイナミック造影像は GRE 法による脂肪抑制 T1 強調像を撮像する。3D 法 (VIBE, LAVA, THRIVE など) が推奨される。FOV は前立腺と精囊の全体が含まれるようにする。空間分解能は $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 以下で、時間分解能は 15 秒未満が望ましく、造影剤注入後 2 分後まで観察する。生検後の出血など造影前より T1 強調像で高信号がみられる場合は、サブトラクション像を作成すると造影効果の有無が認識しやすい。

PSA (prostate specific antigen) が 10ng/ml 以上のときや、生検で得られた癌組織の Gleason スコアが 8 以上のときは転移の可能性があるため、局所評価である前立腺 MRI 以外に、全身の転移検索のための CT と骨転移の評価に骨シンチグラフィを行う。

■ 精巣・陰嚢の撮像法

精巣・陰嚢病変は急性陰嚢症と呼ばれる急性症状を呈するものとそれ以外のものに大別され、前者では精巣捻転、精巣梗塞、急性精巣・精巣上体炎や精巣破裂、後者は腫瘍、肉芽腫や精巣微石症などがある。精巣腫瘍の多くは、自己触診での不整結節状腫大を契機として発見される。精巣腫瘍の 90% 以上は悪性の胚細胞腫瘍であり、15~45 歳くらいの比較的若年男性に発症する。その他の腫瘍としては性索間質系腫瘍や悪性リンパ腫、白血病などの血液リンパ系腫瘍、転移性腫瘍などが挙げられる。

精巣・陰嚢病変の画像診断の第一選択は超音波検査であり、ドプラ超音波検査が血流評価法として併用される。急性陰嚢症の場合も超音波検査が第一選択であるが、精巣の血流評価が超音波検査では困難な場合があり、造影剤を用いたダイナミック MRI が追加される。腫瘍性病変が疑われる場合も MRI は腫瘍内の出血や壊死、脂肪成分の同定、隔壁構造などを鋭敏に評価可能であり、超音波検査と MRI を併用して良悪性の鑑別、腫瘍の組織型の類推、局所進展度などを評価することができる。また、腫瘍性病変の遠隔転移の診断に関しては CT や MRI, RI (PET) による評価を行う。

1 精巣・陰嚢病変の MRI¹⁹⁾

撮像対象が小さく高分解能での撮像が必要である。MRI は 1.5T 以上の静磁場強度の装置を利用する。1.5T 装置より SNR に優れる 3T 装置が使用可能であれば望ましいが、3T 装置がより有用であるという十分な科学的根拠はない。受信コイルは高い SNR を有し高空間分解能で撮像が可能な、surface coil や phased-array coil を使用する。

撮像範囲は両側陰嚢を含み、小さな FOV と薄いスライス厚 (FOV: 約 20~15cm 程度, スライス厚: 3~5mm 程度, スライスギャップ: 最小) で横断および冠状断方向で以下の撮像を行う。

T1 強調像, T2 強調像を基本とし、腫瘍性病変の場合には胚細胞腫瘍に時に見られる脂肪成分の検出のため脂肪抑制 T1 強調像や dual echo T1 強調像を、急性陰嚢症の場合は精巣捻転の際に見られる精巣内出血の検出に敏感な T2* 強調像を必要に応じて追加する。

拡散強調像は病変の病理学的背景を反映することから撮像が推奨される。少なくとも b 値 = $0, 800 \sim 1,000\text{ s/mm}^2$ の撮像を行い、ADC map を作成する。特に類表皮嚢胞や細胞密度の高いセミノーマ、悪性リンパ腫などは著明な拡散強調像高信号を示し鑑別に有用である (図 4)。

ダイナミック造影 MRI は特に急性陰嚢症には重要な撮像法で、3D GRE T1 強調像を利用し、ガドリニウム造影剤を急速静注の後 30 秒~1 分間程度の撮像を繰り返して精巣や精巣上体などの造影効果を判定する (図 5)。腫瘍性病変の washout の判定には 8 分後まで撮像を行うのが望ましい。視覚的に造影効果の判定が難しい場合は、サブトラクション画像の作成に加え、精巣や病変の time-signalintensity curve を作成する。

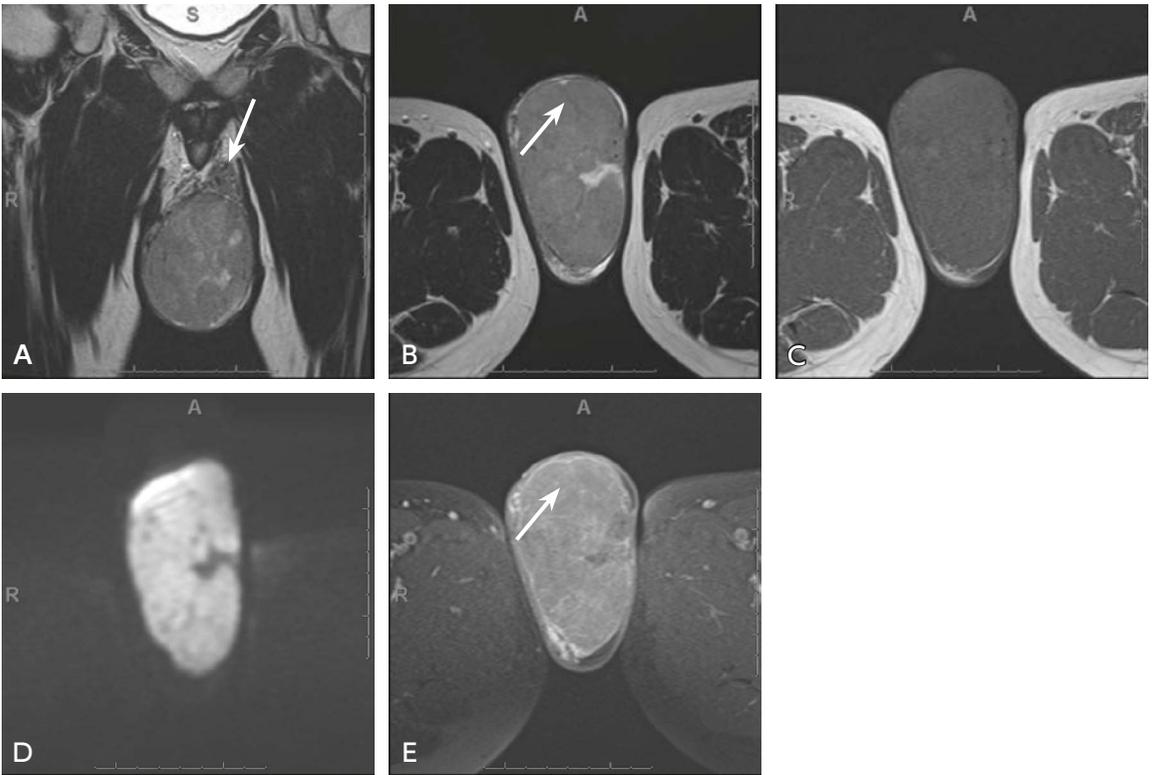


図4 精巣悪性腫瘍のMRI

A：T2強調像（冠状断像），B：T2強調像（横断像），C：T1強調像，D：拡散強調像，E：造影後
 左精巣は腫大しT2強調像で中等度信号の腫瘍に置換されている。内部は比較的均一でT2強調像で中等度信号，拡散強調像で著明な高信号である。冠状断像T2強調像（A→）で精索への進展が描出されている。また，内部に索状のT2強調像低信号の構造が認められ（B→），造影効果の増強が認められる（E→）。fibrous septaを反映した所見で，セミノーマを強く疑う。

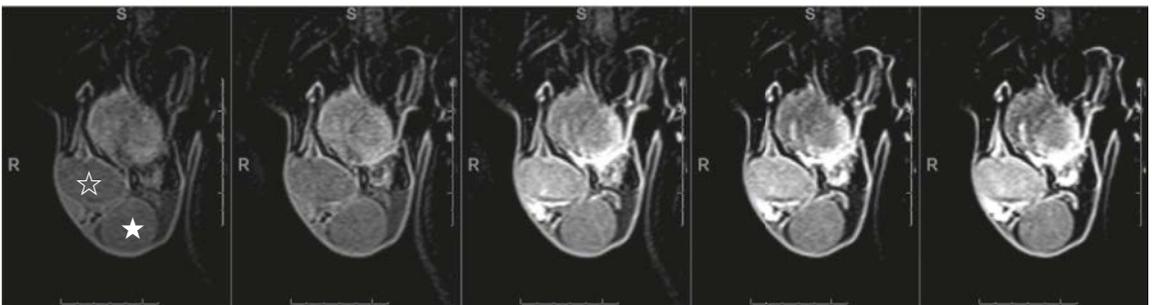


図5 急性陰嚢症のMRI

精巣捻転が疑われたが超音波検査で確定できずMRIが実施された症例。
 造影ダイナミックMRI；T1・T2強調像では異常は同定できない（非呈示）。造影ダイナミックMRIでは右精巣（☆）に比較して左精巣（★）の造影不良が描出されている。不完全捻転の症例で，精巣固定術を施行し精巣壊死を生じることなく治癒した。

腫瘍性病変の場合はダイナミック造影 MRI を実施せず、通常の造影前後の T1 強調像（または脂肪抑制 T1 強調像）のみでも内部構造、進展範囲などの評価が可能である。

2 悪性精巣腫瘍の病期診断、再発診断

悪性精巣腫瘍はリンパ節や肺への転移を来しやすい。リンパ節転移は、左精巣に生じた腫瘍では左腎静脈付近の大動脈外側、右精巣では第2腰椎の高さの下大静脈周囲のリンパ節から、胸管に進展し左鎖骨上窩リンパ節および肺へと転移する。原発腫瘍が精巣上体に浸潤すると鼠径部リンパ節に転移しやすい。一方、血行性転移は晩期に生じることが多いが、絨毛癌の場合には早期に肺に転移し、脳、骨や肝臓に転移することもある。このようなリンパ節転移および肺転移の評価には、高速かつ広範囲に薄いスライス厚で撮像可能な造影 CT が有用である。

造影剤は、300 mgI/ml の非イオン性造影剤を約 100 ml もしくは体重×2 倍程度の造影剤量を、2~3 ml/s で投与する。撮像タイミングは、造影剤投与開始より 50~60 秒後前後に鎖骨上窩から鼠径部まで撮影する。スライス厚は 5 mm 以下での再構成が推奨される。リンパ節腫大のカットオフ値は、一般的には短径が 10 mm だが、精巣腫瘍のリンパ節転移評価では短径 6 mm 程度であり、薄いスライス厚が必要となる²⁰⁾。

必要に応じて、骨転移の評価には骨シンチグラフィ、脳転移の評価には造影 MRI を行う。また、FDG を用いた PET がリンパ節、肺転移や骨転移に対して有用との報告があるが、BQ76 に記載があるように PET を推奨するだけの十分な科学的根拠はない。

再発の頻度は、病期、組織型、再発のリスク分類などで異なり、治療後フォローアップのための各種画像検査の施行時期も様々なバリエーションがある。これに関しては EAU ガイドライン²¹⁾や NCCN 腫瘍学臨床診療ガイドライン²²⁾ が参考となる。

文献・参考にした二次資料

- 1) Sheth S et al : Current concepts in the diagnosis and management of renal cell carcinoma : role of multidetector ct and three-dimensional CT. Radiographics 21 : S237-254, 2001
- 2) Pedrosa I et al : MR imaging of renal masses : correlation with findings at surgery and pathologic analysis. Radiographics 28 : 985-1003, 2008
- 3) Vendrami CL et al : Differentiation of solid renal tumors with multiparametric MR imaging. Radiographics 37 : 2026-2042, 2017
- 4) Urban BA et al : Tailored helical CT evaluation of acute abdomen. Radiographics 20 : 725-749, 2000
- 5) Stunell H et al : Imaging of acute pyelonephritis in the adult. Eur Radiol 17 : 1820-1828, 2007
- 6) Van Der Molen AJ et al : CT urography : definition, indications and techniques : a guideline for clinical practice. Eur Radiol 18 : 4-17, 2008
- 7) Jinzaki M et al : Role of computed tomography urography in the clinical evaluation of upper tract urothelial carcinoma. Int J Urol 23 : 284-298, 2016
- 8) Akita H et al : Performance of diffusion-weighted MRI post-CT urography for the diagnosis of upper tract urothelial carcinoma : Comparison with selective urine cytology sampling. Clin Imaging 52 : 208-215, 2018
- 9) Akita H et al : Preoperative T categorization and prediction of histopathologic grading of urothelial carcinoma in renal pelvis using diffusion-weighted MRI. AJR Am J Roentgenol 197 : 1130-1136, 2011
- 10) 日本医学放射線学会 編 : 画像診断ガイドライン 2016 年度版. 金原出版, 2016
- 11) 日本泌尿器科学会 編 : 膀胱癌診療ガイドライン 2019 年度版. 医学図書出版, 2019
- 12) Sudakoff GS et al : Multidetector computerized tomography urography as the primary imaging modality for detecting urinary tract neoplasms in patients with asymptomatic hematuria. J. Urol 179 : 862-867, 2008
- 13) Kim JK et al : Bladder cancer : analysis of multi-detector row helical CT enhancement pattern and accuracy in tumor detection and perivesical staging. Radiology 231 : 725-731, 2004
- 14) Jinzaki M et al : Detection of bladder tumors with dynamic contrast-enhanced MDCT. AJR Am J Roentgenol 188 : 913-918, 2007

- 15) Panebianco V et al : Multiparametric magnetic resonance imaging for bladder cancer : development of VI-RADS (Vesical Imaging-Reporting and Data System). *Eur Urol* 74 : 294-306, 2018
- 16) Qayyum A et al : Organ-confined prostate cancer : effect of prior transrectal biopsy on endorectal MRI and MR spectroscopic imaging. *AJR Am J Roentgenol* 183 : 1079-1083, 2004
- 17) Weinreb JC et al : PI-RADS (Prostate Imaging-Reporting and Data System) version 2. *Eur Urol* 69 : 16-40, 2015
- 18) Turkbey B et al : PI-RADS (Prostate Imaging-Reporting and Data System) version 2.1. *Eur Urol* 76 : 340-351, 2019
- 19) Tsili AC et al : MRI of the scrotum : recommendations of the ESUR scrotal and penile imaging working group. *Eur Radiol* 28 : 31-43, 2018
- 20) Hilton S et al : CT detection of retroperitoneal lymph node metastases in patients with clinical stage I testicular non seminomatous germ cell cancer : assessment of size and distribution criteria. *AJR Am J Roentgenol* 169 : 521-525, 1997
- 21) Albers P et al : Guidelines on testicular cancer : 2015 Update. *Eur Urol* 68 : 1054-68, 2015
- 22) Gilligan T et al : NCCN clinical practice guidelines in oncology : testicular cancer version 2. *J Natl Compr Canc Netw* 17 : 1529-1554, 2019

腎瘢痕の検出において DMSA シンチグラフィは推奨されるか？

ステートメント 腎瘢痕の検出に DMSA シンチグラフィは有用であり、推奨する。

■ 背景

膀胱尿管逆流症や上部尿路感染症により腎盂腎炎を繰り返すと、腎実質の障害を来し瘢痕を生じることが知られている。また無症候性の先天性水腎症などでも腎に瘢痕を生じうる。瘢痕が大きくなると腎機能低下の原因となり蛋白尿や高血圧、腎不全などを起こしうるため、早期の発見が重要である。腎瘢痕の検出には超音波検査や dimercaptosuccinic acid (DMSA) シンチグラフィが用いられることが多い。今回、DMSA シンチグラフィによる腎瘢痕検出の有用性を検討した。

■ 解説

Farghaly らは膀胱尿管逆流症などを有する 190 例を対象に、DMSA による平面像と SPECT 撮影を行った。200 検査中、平面像では 95 検査、SPECT では 100 検査において瘢痕を検出できた¹⁾。

Temiz らは膀胱尿管逆流症を有する小児 62 例（平均 5 歳、6 カ月～15 歳）を対象とし、DMSA シンチグラフィと超音波検査の結果を比較検討した。その結果、DMSA シンチグラフィは 55% で瘢痕を検出したが、超音波検査では 38% の検出率であった。また超音波検査で正常とされた腎の 35% で、DMSA シンチグラフィで瘢痕を指摘し得た²⁾。

Brenner らは 40 例（うち小児 37 例）で DMSA 検査における平面像と SPECT 像の比較を行った。その結果、両者により検出し得た瘢痕の数に有意差は見られなかった³⁾。

Moorthy らは同日に超音波と DMSA 検査を施行した小児 930 腎を対象とした。その結果、超音波検査は腎瘢痕の検出に関して特異度が高いものの感度や陽性・陰性的中率が低く、DMSA 検査に置き換えることはできないと言及している⁴⁾。

さらに DMSA シンチグラフィではトレーサーの腎摂取率をパーセント表示で定量化できるため、腎機能の評価や経過観察にも有用な指標を得ることができる。

■ 検索キーワード式・参考にした二次資料

Pubmed により renal, scar, DMSA, detection のキーワードを用いて検索した。その中から 4 編を選択した。

- 1) Farghaly HRS, Mohamed Sayed MH : Technetium-99m dimercaptosuccinic acid scan in evaluation of renal cortical scarring : Is it mandatory to do single photon emission computerized tomography? Indian J Nucl Med 30 (1) : 26-30, 2015
- 2) Temiz Y et al : The efficacy of Tc99m dimercaptosuccinic acid (Tc-DMSA) scintigraphy and ultrasonography in detecting renal scars in children with primary vesicoureteral reflux (VUR). Int Urol Nephrol 38 (1) : 149-152, 2006
- 3) Brenner M et al : Comparison of 99mTc-DMSA dual-head SPECT versus high-resolution parallel-hole planar imaging for the detection of renal cortical defects. AJR Am J Roentgenol 193 (2) : 333-337, 2009
- 4) Moorthy I et al : Ultrasonography in the evaluation of renal scarring using DMSA scan as the gold standard. Pediatr Nephrol 19 (2) : 153-156, 2004

BQ 69

腎充実性腫瘍の評価において造影 CT は推奨されるか？

ステートメント

腎腫瘍が充実性が否かの判定において造影 CT を強く推奨する。

ダイナミック CT は、腎細胞癌の 7~8 割を占める淡明細胞型腎細胞癌を確定できることと、均一像であれば手術不要な良性疾患を疑うことができるため、推奨する。

背景

腎充実性腫瘍の診断は、充実性腫瘍であることの確定をまず行う。続いて、良悪性の鑑別を行うが、疾患頻度から腎細胞癌 (renal cell carcinoma : RCC) と腎血管筋脂肪腫 (angiomyolipoma : AML) やオンコサイトーマとの鑑別が重要である。さらに悪性病変の場合には、組織型に関する情報も提示できることが望ましい。最近では、分子標的治療の観点からも、淡明細胞型腎細胞癌とそれ以外の組織型の区別は重要である。以下に、腎充実性腫瘍の確定、良悪性の鑑別、腫瘍のサブタイプの診断に対する造影 CT の有用性について概説する。

解説

腎腫瘍が充実性が否かの性状診断において、単純 CT のみではなく造影 CT を撮像し、造影効果の有無をみることは非常に重要である。かつては、造影前後で 10HU 以上の CT 値上昇が認められる場合に、充実性と判断されていたが¹⁾、ヘリカル CT 登場後は pseudoenhancement の影響を考慮し、20HU 以上の CT 値上昇をもって造影効果と判定するようになって²⁾いる。また、5mm スライス厚では 10mm 以下の腫瘍の性状診断は困難であるが、3mm 厚程度の薄いスライス厚の像であれば 5~10mm の腫瘍の性状診断が著明に向上する³⁾。なお単純 CT を撮像した段階で嚢胞が強く疑われる場合には、通常の造影 CT (腎実質相) で十分だが、充実性腫瘍が疑われる場合には、良悪性の鑑別のためにダイナミック CT を推奨する。

腎充実性腫瘍の鑑別をしっかりと行うことは、摘出腫瘍に占める良性の頻度が 1cm 未満では 46.3%、2~4cm でも 20%程度あるとの報告もあることから、小径腫瘍の術前評価において特に重要である⁴⁾。AML は多くの場合、単純 CT で脂肪濃度 (<-10HU) を検出することで診断でき、classic AML と呼ばれる。脂肪濃度の検出においては、単純 CT の方が造影 CT よりも正確である⁵⁾。これに対し、AML の約 5% を占める fat-poor AML⁶⁾ と RCC の鑑別において造影 CT の均一性や造影パターンが有用である⁷⁾。まず、ダイナミック CT の皮髄相で不均一な濃染を呈するものは、淡明細胞型腎細胞癌すなわち悪性であることをほぼ確定できる⁸⁻¹⁰⁾ (図 1)。一方、fat-poor AML は造影早期で濃染することは少なく、多くの場合造影後均一な像を呈する^{6,7,11,12)} (図 2)。また、単純 CT で腎実質より高濃度 (45 HU 以上)^{6,7,13,14)}、さらに腫瘍の長径/短径比が大きいことが多い¹³⁾。オンコサイトーマは、中心性瘢痕が有名であるが、サイズが小さいと造影 CT で均一な像を呈する。オンコサイトーマは、造影パターンが嫌色素性腎細胞癌と類似しており、嫌色素性腎細胞癌も均一になる傾向があるため、両者の鑑別が問題になる。segmental enhancement inversion (腫瘍部は造影早期の方が後期より染まり、間質部は造影早期より後期の方が染まる) がオンコサイトーマに特徴的な所見であると提唱されたこともあるが、嫌色素性腎細胞癌でも見られることが報告され、依然として両者の鑑別は困難である。この他に、平滑筋腫、後腎性腺腫などの良性腫瘍も単純 CT で高濃度、造影 CT で均一な像を呈する。単純 CT 高濃度、均一な造影像 (hyperattenuating homogeneously enhancing masses) は、良性の可能性を示唆する有用な手がかりである^{6,7,11)}。ただし、乳頭状腎細胞癌などの悪性もこのような像を呈することがあるので、生検



図1 淡明細胞型腎細胞癌

造影 CT (皮髄相)；左腎に不均一に濃染する腫瘤 (→) を認め、淡明細胞型腎細胞癌の所見である。



図2 脂肪の乏しい AML (fat-poor AML)

造影 CT (皮髄相)；右腎に均一な充実性腫瘤 (→) を認め、脂肪の乏しい AML であった。

での確定が勧められる^{6,7,11)}。

RCC のサブタイプの診断にも、ダイナミック CT は有用である。RCC の組織型は、淡明細胞型、嫌色素性、乳頭状の3つが主である。淡明細胞型腎細胞癌は皮髄相で不均一に濃染し、腎実質相や早期排泄相で低下する⁸⁻¹⁰⁾。嫌色素性腎細胞癌は皮髄相で均一な中等度の造影効果を呈し、その後低下する⁸⁻¹⁰⁾。乳頭状腎細胞癌は皮髄相での造影効果はわずかで、徐々に均一に造影されることが多い⁸⁻¹⁰⁾。これらの造影パターンの違いは、腫瘍内の血管新生を反映しており⁸⁾、これらの主な3つの組織型は相互に鑑別できる。ただし、オンコサイトーマは、淡明細胞型腎細胞癌や嫌色素性腎細胞癌と類似し^{8-10,15-17)}、後腎性腺腫は乳頭状腎細胞癌と類似することに留意が必要である⁸⁾。

■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMedにより renal, tumor, CT, assessment, characteristics, differentiation, pathologic correlation, renal cell carcinoma, angiomyolipoma のキーワードを用いて検索した。

また、下記を二次資料として参考にした。

- 1) Wang ZJ et al : ACR Appropriateness Criteria[®] : clinical condition indeterminate renal masses. J Am Coll Radiol 17 : S415-S428, 2020

| 文献 |

- 1) Bosniak MA : The small (less than or equal to 3.0 cm) renal parenchymal tumor : detection, diagnosis, and controversies. Radiology 179 : 307-317, 1991
- 2) Curry NS : Small renal masses (lesions smaller than 3 cm) : imaging evaluation and management. AJR Am J Roentgenol 164 : 355-362, 1995
- 3) Jinzaki M et al : Evaluation of small (</=3 cm) renal masses with MDCT : benefits of thin overlapping reconstructions. AJR Am J Roentgenol 183 : 223-228, 2004
- 4) Frank I et al : Solid renal tumors : an analysis of pathological features related to tumor size. J Urol 170 : 2217-2220, 2003

- 5) Davenport MS et al : Diagnosis of renal angiomyolipoma with hounsfield unit thresholds : effect of size of region of interest and nephrographic phase imaging. *Radiology* 260 : 158-165, 2011
- 6) Jinzaki M et al : Angiomyolipoma : imaging findings in lesions with minimal fat. *Radiology* 205 : 497-502, 1997
- 7) Jinzaki M et al : Renal angiomyolipoma : a radiological classification and update on recent developments in diagnosis and management. *Abdom Imaging* 39 : 588-604, 2014
- 8) Jinzaki M et al : Double-phase helical CT of small renal parenchymal neoplasms : correlation with pathologic findings and tumor angiogenesis. *J Comput Assist Tomogr* 24 : 835-842, 2000
- 9) Zhang J et al : Solid renal cortical tumors : differentiation with CT. *Radiology* 144 : 494-504, 2007
- 10) Pierorazio PM et al : Multiphasic enhancement patterns of small renal masses (≤ 4 cm) on preoperative computed tomography : utility for distinguishing subtypes of renal cell carcinoma, angiomyolipoma, and oncocytoma. *Urology* 81 : 1265-1271, 2013
- 11) Silverman SG et al : Hyperattenuating renal masses : etiologies, pathogenesis, and imaging evaluation. *Radiographics* 27 : 1131-1143, 2007
- 12) Yang CW et al : Are there useful CT features to differentiate renal cell carcinoma from lipid-poor renal angiomyolipoma? *AJR Am J Roentgenol* 201 : 1017-1028, 2013
- 13) Woo S et al : Angiomyolipoma with minimal fat and non-clear cell renal cell carcinoma : differentiation on MDCT using classification and regression tree analysis-based algorithm. *Acta Radiol* 55 : 1258-1269, 2014
- 14) Schieda N et al : Unenhanced CT for the diagnosis of minimal-fat renal angiomyolipoma. *AJR Am J Roentgenol* 203 : 1236-1241, 2014
- 15) Kim JI et al : Segmental enhancement inversion at biphasic multidetector CT : characteristic finding of small renal oncocytoma. *Radiology*. 252 : 441-448, 2009
- 16) Schieda N et al : Diagnostic accuracy of segmental enhancement inversion for the diagnosis of renal oncocytoma using biphasic computed tomography(CT) and multiphase contrast-enhanced magnetic resonance imaging(MRI). *Eur Radiol* 24 : 2787-2794, 2014
- 17) Choudhary S et al : Renal oncocytoma : CT features cannot reliably distinguish oncocytoma from other renal neoplasms. *Clin Radiol* 64 : 517-522, 2009

腎腫瘍性病変の鑑別において MRI はどのような場合に推奨されるか？

ステートメント CTにて良悪性の判定が困難な場合や腎細胞癌のサブタイプの鑑別に MRIは有用である。また、妊娠・腎機能低下・ヨード造影剤に対するアレルギーなどで造影CTが施行できない場合にも MRIは用いられる。

■ 背景

近年、4 cm以下の小径腎腫瘍が偶発的に超音波検査、CTで発見される頻度が増加している。4 cm以下では良性の頻度が高くなることが知られており、良悪性の鑑別の重要性が高くなる¹⁾。MRIは、T1強調像（化学シフト画像：in phase像とopposed phase像）、T2強調像、拡散強調像、ダイナミック造影像などの画像データを定性的・半定量的・定量的なバイオマーカーとして解析するmultiparametric MRI (mpMRI)という概念がある²⁾。腎腫瘍性病変のmpMRIは、病変の検出のほかに質的診断（良悪性の鑑別）と腎細胞癌のサブタイプの鑑別に有用とされている¹⁾。

■ 解説

手術となる小腎充実性腫瘍の中では、悪性の腎細胞癌が最も多く（約80%）を占める。主に淡明細胞型・乳頭状・嫌色素性のサブタイプがあり、その頻度はそれぞれ75%、10%、5%とされ、淡明細胞型が予後不良である²⁾。充実性腎腫瘍のうち腎細胞癌と診断するCTの正診率は90%以上であり³⁾、ほとんどCTで大まかな治療方針を決めることができる。一方、良性腫瘍の頻度は1 cm未満では46.3%、2~4 cmでも20%程度との報告があり、主なものとして腎血管筋脂肪腫（angiomyolipoma：AML）とオンコサイトーマがある⁴⁾。ちなみに、日本人を含むアジア人では欧米に比べて摘出される良性の頻度は欧米より少なく、その理由はオンコサイトーマの頻度が少ないため、相対的に血管筋脂肪腫が多くを占める^{5,6)}。AMLの95%はCTにて腫瘍内に脂肪成分（CT値-10HU未満）を検出できるclassic AMLであるが、5%ほどは脂肪を検出できないfat-poor AMLで、CTのみでは腎細胞癌との鑑別がしばしば困難となる⁷⁾。オンコサイトーマは造影早期相で中等度~多血性の増強効果⁸⁾、中心瘢痕やsegmental enhancement inversionなどの特徴的な所見を示すが、腎細胞癌でも認められるため⁹⁾、CTのみでは診断は困難である。このためCTで良悪性判定困難な腎腫瘍については、MRIを追加することにより鑑別精度の向上が期待される¹⁾。

まず、CTにて造影後均一な像を呈する腫瘍は良性の可能性がある。その中でも、単純CTで骨格筋と同等の高濃度を呈し、T2強調像で低信号を呈するとfat poor AML (hyperattenuating type) が強く疑われる^{7,10)}。この場合、ADC mapでは低値を呈し、造影早期相で増強効果・後期相でwashoutを呈することが多い¹⁰⁾。また、単純CTで腎実質と同程度の濃度を呈し造影早期相で均一に軽度~中等度の増強効果を呈する腫瘍が、T1強調opposed phase像で同in phase像に比べて信号低下を呈する場合は、fat-poor AML (iso-attenuating type) が疑われる⁷⁾。しかし、CTにて中心瘢痕を持つ腎腫瘍に対するmpMRIの検討では、MRIがオンコサイトーマの除外診断に活用できる可能性はあるが¹¹⁾、積極的に診断するのは難しい。また、均一なオンコサイトーマの場合も、mpMRIを施行しても腎癌との鑑別は難しいと考えられている¹⁾。さらに、mpMRIが腎細胞癌のサブタイプの診断に有用なことがある。単純CTにて腎実質と同程度の濃度で、造影早期相で軽度の増強効果、後期相で漸増する腫瘍を見た場合は、頻度的には乳頭状腎細胞癌が最も疑われる。このときMRIを追加すると、T2強調像で低信号を呈すればやはり乳頭状腎細胞癌が示唆されるが¹⁰⁾、中-高信号を呈すれば粘液管状紡錘細胞癌¹¹⁾が考えられる。乳頭状腎細胞癌は腫瘍内出血のため、T1強調in phase像で同opposed

phase 像に比してしばしば信号低下を呈する¹²⁾。ちなみに、淡明細胞型腎細胞癌は細胞内脂質のため、T1 強調 opposed phase 像で同 in phase 像よりも低い信号、T2 強調像で不均一な高信号、造影早期相で不均一な濃染を呈する¹⁾。

CT はアクセスが簡便で、MRI に比べて安価で、腎腫瘍の質的診断や広い範囲の病期診断、動脈・静脈・尿管などの情報を 1 回の検査で得ることができるため、第一選択の検査として非常に有用である。長い検査時間や息止め検査に耐えられない高齢者・患者に対応できる利点もある¹⁴⁾。一方、MRI は電離放射線による被ばくがなく、CT に比べて優れた組織コントラストで病変を描出できる。手術が必要となる病変の検出、腎細胞癌の局所病期診断に関して、MRI 自体の診断能は CT に劣らない。しかし、多くの施設では検査予約が混んでおり、緊急で検査を実施できる施設は少ない。また、検査料金も CT よりやや高く、検査時間が長いことなどから CT の次に行う補助的検査になる。ただし、妊娠・腎機能低下・ヨード造影剤に対するアレルギーなど造影 CT が施行できない状況では第一に用いられる¹⁵⁾。

充実性腎腫瘍の画像診断を担うのは CT であるが、MRI を補助的に用いると良悪性の鑑別や腎癌のサブタイプの診断において有用な場合があり、治療方針の決定にも結び付く。

■ 検索キーワード・参考にした二次資料

Pubmed により renal tumors, renal cell carcinoma, oncocytoma, angiomyolipoma, MRI のキーワードを用いて検索した。検索期間は 2019 年 6 月までとした。

また、下記を二次資料として参考にした。

- 1) 日本医学放射線学会 編：画像診断ガイドライン 2016 年度版。金原出版、2016
- 2) Heilbrun ME et al : ACR Appropriateness Criteria® : indeterminate renal mass. J Am Coll Radiol 12 : 333-341, 2015

文献

- 1) Vendrami CL et al : Differentiation of solid renal tumors with multiparametric MR imaging. Radiographics 37 : 2026-2042, 2017
- 2) Kay FU et al : Imaging of solid renal masses. Radiol Clin North Am 55 : 243-258, 2017
- 3) Kim EY et al : Clinico-radio-pathologic features of a solitary solid renal mass at MDCT examination. Acta Radiol 51 : 1143-1148, 2010
- 4) Frank I et al : Solid renal tumors : an analysis of pathological features related to tumor size. J Urol 170 : 2217-2220, 2003
- 5) Fujii Y et al : Incidence of benign pathologic lesions at partial nephrectomy for presumed RCC renal masses : Japanese dual-center experience with 176 consecutive patients. Urology 72 (3) : 598-602, 2008
- 6) Fujii Y et al : Benign lesions at surgery for presumed renal cell carcinoma : an Asian perspective. Int J Urol 17 (6) : 500, 2010
- 7) Jinzaki M et al : Renal angiomyolipoma : a radiological classification and update on recent developments in diagnosis and management. Abdom Imaging 39 : 588-604, 2014
- 8) Cornelis F et al : Routinely performed multiparametric magnetic resonance imaging helps to differentiate common subtypes of renal tumours. Eur Radiol 24 : 1068-1080, 2014
- 9) Rosenkrantz AB et al : MRI Features of renal oncocytoma and chromophobe renal cell carcinoma. AJR Am J Roentgenol 195 : W421-427, 2010
- 10) Lim RS et al : Renal angiomyolipoma without visible fat : can we make the diagnosis using CT and MRI? Eur Radiol 28 : 542-553, 2018
- 11) Cornelis F et al : Combined late gadolinium-enhanced and double-echo chemical-shift MRI help to differentiate renal oncocytomas with high central T2 signal intensity from renal cell carcinomas. AJR Am J Roentgenol 200 : 830-838, 2013
- 12) Chiarello MA et al : Diagnostic accuracy of MRI for detection of papillary renal cell carcinoma : a systematic review and meta-analysis. AJR Am J Roentgenol 211 : 812-821, 2018
- 13) Cornelis F et al : CT and MR imaging features of mucinous tubular and spindle cell carcinoma of the kidneys : a multi-institutional review. Eur Radiol 27 : 1087-1095, 2017
- 14) Krishna S et al : CT imaging of solid renal masses : pitfalls and solutions. Clin Radiol 72 : 708-721, 2017
- 15) Allen BC et al : Characterizing solid renal neoplasms with MRI in adults. Abdom Imaging 39 : 358-387, 2014

BQ 70

腎癌の病期診断において推奨される画像検査は何か？

ステートメント

造影 CT を強く推奨する。MRI は造影 CT が施行できない症例の代替モダリティである。CT で腎周囲脂肪織浸潤、静脈内腫瘍栓、腫瘍栓の静脈壁浸潤の有無が判定困難な場合に、MRI が有用なことがある。

原発巣が巨大あるいは局所進展が強く、肺転移のリスクがある場合には、胸部 CT が推奨される。低リスクの場合には胸部 X 線写真を推奨する。

骨シンチグラフィはルーチン検査としては推奨しない。臨床的に骨転移が強く疑われる場合には考慮してもよい。

PET は遠隔転移の検索、さらにフォローアップにおける再発の診断にその有用性が報告されているが、ルーチン検査としての意義についてはいまだ明らかではない。

■ 背景

腎癌の術前病期診断は、治療方針をたてる上で不可欠である。腎癌取扱い規約でも述べられている通り、その中心的役割を担うのは CT である。この他、MRI、骨シンチグラフィ、PET も交えながら、これらの有用性を検証する。

■ 解説

1 CT

撮像法に関する前向き研究では、病期診断能は、単純、皮質髄質相、腎実質相の 3 相の組み合わせ（正診率 91%）の方が、単純と皮質髄質相あるいは腎実質相の 2 相の組み合わせ（それぞれ正診率 82%、86%）よりも有意に高かった¹⁾。ダイナミック造影 CT は腫瘍の質的診断のみならず、病期診断においても有用と考えられる。

従来から腎細胞癌の T 因子の病期診断能を低下させる最大の要因は、腎周囲脂肪織/腎洞脂肪織浸潤に対する診断能の低さにある (T1/T2 と T3a の区別) とされている¹⁻⁵⁾。腎周囲脂肪織浸潤の CT 所見としては、腎筋膜の肥厚、bridging septa の肥厚、液体貯留、腫瘍周囲や Gerota 筋膜内の血管の左右非対称性の拡張や不整像、腫瘍辺縁・腎周囲脂肪腔内での腫瘍性結節の存在、同結節への造影効果が増えられる^{6,7)}。腎癌取扱い規約では、腎輪郭から外方に突出して外側皮質の断裂、腎周囲脂肪織内の腫瘍と連続する 1 cm 以上の結節について評価するとされている。しかし腫瘍浸潤と炎症などによる脂肪組織の良性変化について鑑別に苦慮することがあり、CT による腎周囲脂肪織浸潤の感度は 84~100%、特異度は 56~93% と報告されている⁷⁻⁹⁾。16 列あるいは 64 列 MDCT による腎洞脂肪組織浸潤の診断能を検討した報告もあるが、冠状断再構成画像を組み合わせても陽性的中率は 48.9~56.3% と低い¹⁰⁾。Kim らの検討では CT 所見での腎洞脂肪浸潤の予測因子は腫瘍径 (5 cm 以上)、病変腎の造影不良、腫瘍辺縁の不整、リンパ節転移と報告されている¹⁰⁾。臨床上は、腎部分切除術の適応になる T1a の一部の症例を除けば、T1、T2、T3a はいずれも腎全摘術の適応となるため、腎周囲脂肪織/腎洞脂肪織浸潤を正確に術前診断することはそれほど重要でない。ただし、腎洞脂肪織には豊富に動静脈やリンパ管が存在するので全身転移をきたす可能性があり、腎洞脂肪織浸潤は無再発生存率および癌特異的生存率の予後因子とする報告がある¹¹⁾。

静脈内腫瘍栓の CT の診断能は、多断面再構成画像を用いることで向上し、検出能は感度 93%、特異度 80%

との報告や¹²⁾、腫瘍栓の範囲は segmental vein を除けば 84% で正確に同定でき、手術の計画に有用とする報告がある¹³⁾。

リンパ節転移の診断基準は、一般的に短径 1 cm 以上で馬蹄型の形態を失ったものとされるが、診断能は十分でない。4 列～64 列 MDCT によるリンパ節転移の評価では、正診率は 74～78% と報告されている^{5,8)}。顕微鏡的浸潤を判定できないので偽陰性が約 10%、反応性腫大リンパ節のため偽陽性が 3～43% 程度あるとされている。腫大以外の画像所見として、中心部壊死による低吸収域、不均一な造影効果は陽性的中率の高い CT 所見である¹⁴⁾。なお、リンパ節転移が臨床的に治療方針決定に影響を与える場合には、CT ガイド下生検/吸引が行われることもある。腎細胞癌の遠隔転移臓器としては肺が最多であることより、胸部 CT も撮影される。しかし、cT1a, cN0, で症状や検査データに異常がない場合には胸部 CT を省略できるとする報告もある¹⁵⁾。

2 MRI

被ばくはなく、組織コントラストが良好である。一般的には妊娠、重篤な造影剤アレルギーなど、CT が適切に撮影できない場合に用いる。出血性病変など CT にて造影効果が判定不能な場合も有用である。MRI の T 因子や腫瘍栓に対する診断能は、4 列 MDCT とほぼ等しいと報告されている^{2,12)}。しかし、MDCT はより短時間で広範囲の撮像が可能であり、遠隔転移の診断も可能であるため、病期診断における MRI の役割は限られる。

MRI が有用な場合として、nephron-sparing surgery の可否を判断する場合 (T1a と T3a の鑑別) が挙げられる。具体的には T2 強調像での偽被膜の断裂と周囲脂肪組織の変化を組み合わせることで、腎周囲脂肪組織浸潤に対する高い診断能 (正診率 91%) が得られる¹⁶⁾。また、CT で静脈内腫瘍栓の判定が困難な場合に、True FISP などの MRI が有用なことがある。腫瘍栓の静脈壁浸潤の判定にも、塞栓の texture analysis や静脈壁の性状などの MRI 所見が有用なことがある^{17,18)}。

3 骨シンチグラフィ

これまでの報告では、骨痛など骨転移を強く疑わせる条件下では骨シンチグラフィを行ってもよいが、病期診断のためのルーチン検査としての価値は低いとされている¹⁹⁻²³⁾。病理学的に腎細胞癌が証明された 205 例を対象にした後ろ向き研究では、骨転移は 34 例 (17%) に存在し、骨シンチグラフィの診断能は感度 94%、特異度 86% であったが、陽性的中率は 57% と低かった。また、T1-3aN0M0 の症例で骨痛のない患者での骨転移率は 5% 以下であり、このような場合に骨シンチグラフィは推奨しないと結論づけている¹⁹⁾。

また、Uchida らは腎癌 21 例を含む 227 例の骨転移患者で FDG-PET と骨シンチグラフィを比較し、骨シンチグラフィでは溶骨性転移における病変検出数 (19 病変) が FDG-PET (41 病変) よりも有意に低かったと報告している²⁴⁾。腎癌の骨転移のほとんどが溶骨転移であることを鑑みると、骨シンチグラフィの感度も高いとはいえないと考えられる。骨シンチグラフィは腎癌の病期診断のルーチン検査として施行することは推奨されず、原発巣の進展度が高く転移の可能性が高い患者あるいは骨痛や血液学的異常を伴う等、骨転移を強く疑う患者に施行することが妥当である。

4 PET

現在、PET (PET/CT) は、本邦においては早期胃癌を除くすべての悪性腫瘍に対して、他の検査、画像診断により病期診断、転移・再発の診断が確定できない場合に保険適用となっている。腎癌の場合、FDG-PET/CT の転移検出能について感度 89.5%、特異度 83.3%、正診率 85.7% であり、従来の検査法と比べてほぼ同等で優越性はなかったとしている²⁵⁾。しかし、一度の検査で全身検索ができること、造影剤による腎機能障害、アレルギーの問題が回避できるメリットはあるので、従来の検査によって診断が困難な場合に行うことが推奨されている。FDG は腎細胞癌への集積が低いことが知られており、今後 FDG に替わる他のトレーサーにより正診率が上昇することが期待される。

■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMedにより renal cell carcinoma, preoperative, staging, CT, MRI, bone scintigraphy, positron emission tomography, chest CT のキーワードを用いて検索した。

また、下記を二次資料として参考にした。

- 1) 日本泌尿器科学会・日本病理学会・日本医学放射線学会 編：腎癌取扱い規約 第5版。メディカルレビュー社，2020
- 2) 日本泌尿器科学会 編：腎癌診療ガイドライン2017年版。メディカルレビュー社，2017
- 3) Vikram R et al : ACR Appropriateness Criteria® : renal cell carcinoma staging. J Am Coll Radiol 13 : 518-525, 2016

| 文献 |

- 1) Kopka L et al : Dual-phase helical CT of the kidney : value of the corticomedullary and nephrographic phase for evaluation of renal lesions and preoperative staging of renal cell carcinoma. AJR Am J Roentgenol 169 : 1573-1578, 1997
- 2) Hallscheidt PJ et al : Diagnostic accuracy of staging renal cell carcinomas using multidetector-row computed tomography and magnetic resonance imaging : a prospective study with histopathologic correlation. J Comput Assist Tomogr 28 : 333-339, 2004
- 3) Roberts WW et al : Pathological stage does not alter the prognosis for renal lesions determined to be stage T1 by computerized tomography. J Urol 173 : 713-715, 2005
- 4) Hallscheidt PJ et al : Multislice computed tomography in planning nephron-sparing surgery in a prospective study with 76 patients : comparison of radiological and histopathological findings in the infiltration of renal structures. J Comput Assist Tomogr 30 : 869-874, 2006
- 5) Türkvtan A et al : Preoperative staging of renal cell carcinoma with multidetector CT. Diagn Interv Radiol 15 : 22-30, 2009
- 6) Tsili AC et al : Perinephric fat invasion on renal cell carcinoma : evaluation with multidetector computed tomography-multivariate analysis. JCAT 36 : 450-457, 2013
- 7) Hedgire SS et al : Preoperative evaluation of perinephric fat invasion in patients with renal cell carcinoma : correlation with pathological findings. Clinical Imaging 37 : 91-96, 2013
- 8) Catalano C et al : High-resolution multidetector CT in the preoperative evaluation of patients with renal cell carcinoma. AJR Am J Roentgenol 180 : 1271-1277, 2003
- 9) Bolster F et al : Renal cell carcinoma : accuracy of multidetector computed tomography in the assessment of renal sinus fat invasion. J Comput Assist Tomogr 40 (6) : 851-855, 2016
- 10) Kim C et al : Diagnostic value of multidetector computed tomography for renal sinus fat invasion in renal cell carcinoma patients. Eur J Radiol 83 : 914-918, 2014
- 11) Kresowik TP et al : Combined renal sinus fat and perinephric fat renal cell carcinoma invasion has a worse prognosis than either alone. J Urol 184 : 48-52, 2010
- 12) Hallscheidt PJ et al : Preoperative staging of renal cell carcinoma with inferior vena cava thrombus using multidetector CT and MRI : prospective study with histopathological correlation. J Comput Assist Tomogr 29 : 64-68, 2005
- 13) Guzzo TJ et al : The accuracy of multidetector computerized tomography for evaluating tumor thrombus in patients with renal cell carcinoma. J Urol 181 : 486-460, 2009
- 14) Tsili AC et al : Advanced of multidetector computed tomography in the characterization and staging renal cell carcinoma. World J Radiol 7 : 110-127, 2015.
- 15) Larcher A et al : When to perform preoperative chest computed tomography for renal cancer staging. BJU Int 20 : 490-496, 2017
- 16) Roy C Sr et al : Significance of the pseudocapsule on MRI of renal neoplasms and its potential application for local staging : a retrospective study. AJR Am J Roentgenol 184 : 113-120, 2005
- 17) Adams LC et al : Renal cell carcinoma with venous extension : prediction of inferior vena cava wall invasion by MRI. Cancer Imaging 18 : 17, 2018
- 18) Alayed A et al : Diagnostic accuracy of MRI for detecting inferior vena cava wall invasion in renal cell carcinoma tumor thrombus using quantitative and subjective analysis. AJR Am J Roentgenol : 212 : 562-569, 2019
- 19) Koga S et al : The diagnostic value of bone scan in patients with renal cell carcinoma. J Urol 166 : 2126-2128, 2001
- 20) Rosen PR et al : Bone scintigraphy in the initial staging of patients with renal-cell carcinoma : concise communication. J Nucl Med 25 : 289-291, 1984

- 21) Campbell RJ et al : Staging of renal cell carcinoma : cost-effectiveness of routine preoperative bone scans. *Urology* 25 : 326-329, 1985
- 22) Blacher E et al : Value of routine radionuclide bone scans in renal cell carcinoma. *Urology* 26 : 432-434, 1985
- 23) Staudenherz A et al : Is there a diagnostic role for bone scanning of patients with a high pretest probability for metastatic renal cell carcinoma? *Cancer* 85 : 153-155, 1999
- 24) Uchida K et al : F-FDG PET/CT for diagnosis of osteosclerotic and osteolytic vertebral metastatic lesions : comparison with bone scintigraphy. *Asian Spine J* 7 : 96-103, 2013
- 25) Park JW et al : Significance of 18F-fluorodeoxyglucose positron-emission tomography/computed tomography for the postoperative surveillance of advanced renal cell carcinoma. *BJU Int* 103 : 615-619, 2009

上部尿路上皮腫瘍が疑われる場合において CT は推奨されるか？

ステートメント

造影 CT のうち排泄相を撮像する CT urography は、上部尿路腫瘍が疑われる症例で、既知の尿路上皮腫瘍やその既往、中高年の肉眼的血尿患者などの高リスク群に対して推奨される。

■ 背景

尿路上皮癌は同時多発と高い再発率が特徴で、その診断には腎盂尿管膀胱を含めた尿路全体の精査を要する。膀胱癌は膀胱鏡にて診断できるが、腎盂尿管癌の診断は難しい。上部尿路腫瘍の精査に、CT urography (CTU) が普及してきているが、その有用性と問題点について概説する。

■ 解説

尿路全体を手軽にスクリーニングできる画像検査として、静脈性尿路造影が第一選択として長く用いられてきたが、MDCTにより造影剤投与後の排泄相を撮像する CTU の有用性が報告されている。partial MIP (ないし VR) 処理により尿路造影像のような腎盂尿管像を簡単に作成可能であり、また通常の高分解能の横断像で尿路および尿路以外の病変も詳細に観察できる。欧米では CTU の普及が急速に進み、尿路造影はほとんど行われなくなっている。過去の論文でも CTU による腎盂尿管癌の検出感度は、91~97%ときわめて高い数字が報告されている¹⁻³⁾。また、血尿患者を対象として腎盂尿管癌の診断成績を CTU と静脈性尿路造影とで比較した論文でも、静脈性尿路造影が感度 75~80%、特異度 81~86%、正診率 81~85%に対し、CTU が感度 94~96%、特異度 95~100%、正診率 94~99%と、静脈性尿路造影よりも CTU の方が優れる結果となっている^{4,5)}。米国放射線医学会のガイドラインでは血尿患者に対する検査法として静脈性尿路造影が 1, 2, 3 点 (9 点満点の最低ランク) に対し CTU は 7, 8, 9 点 (最高ランク) と評価され (二次資料 1)、欧州泌尿器学会および日本泌尿器学会のガイドラインでも CTU は上部尿路腫瘍の診断に強くすすめられる検査と述べられている (二次資料 2, 3)。

しかし、当初 1 検査あたりの X 線被ばくが CTU は静脈性尿路造影と比較して 2~3 倍 (過去の報告では CTU が 15~30 mSv 程度、尿路造影が 5~10 mSv 程度) という問題があり、欧州泌尿生殖器放射線医学会のガイドラインでは、CTU の適応を尿路上皮癌の可能性がより高い 40 歳以上の肉眼的血尿患者に限定し推奨している (二次資料 4)。CTU の普及の課題であった被ばくの低減のため、逐次近似法^{6) 7)} や低電圧撮影⁸⁾ の臨床利用が普及しつつある。また、低電圧撮影⁸⁾ や dual-energy CT⁹⁾ を使用し、画質を低下させることなく造影剤量の低減を図る方法も普及しつつある。撮影法は、上部尿路腫瘍の高リスク群においては、単純、皮髓相あるいは腎実質相、排泄相の 3 相撮影が一般的と思われるが、未だ議論が継続している¹⁰⁾。

■ 検索キーワード・参考にした二次資料

Pubmed により urothelial tumor, CT, CT urography のキーワードを用いて検索した。

また、下記を二次資料として参考にした。

- 1) Wolfman DJ et al: ACR Appropriateness Criteria®: hematuria. J Am Coll Radiol 17: S138-S147, 2020
- 2) Roupřet M et al: European Association of Urology guidelines on upperurinary tract urothelial carcinomas: 2020 update. Eur Urol 79 (1): 62-79, 2021

- 3) 日本泌尿器科学会 編：腎盂・尿管癌診療ガイドライン 2014 年版. メディカルレビュー社, 2014
- 4) Van Der Molen AJ et al : CT urography : definition, indications and techniques : a guideline for clinical practice. *Eur Radiol* 18 : 4-17, 2008

| 文献 |

- 1) Cowan NC et al : Multidetector computed tomography urography for diagnosing upper urinary tract urothelial tumour. *BJU International* 99 : 1363-1370, 2007
- 2) Chlapoutakis K et al : Performance of computed tomographic urography in diagnosis of upper urinary tract urothelial carcinoma, in patients presenting with hematuria : systematic review and meta-analysis. *Eur J Radiol* 73 : 334-338, 2010
- 3) Wang LJ et al : Diagnostic accuracy of transitional cell carcinoma on multidetector computerized tomography urography in patients with gross hematuria. *J Urol* 181 : 524-531, 2009
- 4) Wang LJ et al : Multidetector computerized tomography urography is more accurate than excretory urography for diagnosing transitional cell carcinoma of the upper urinary tract in adults with hematuria. *J Urol* 183 : 48-55, 2010
- 5) Jinzaki M et al : Comparison of CT urography and excretory urography in the detection and localization of urothelial carcinoma of the upper urinary tract. *AJR Am J Roentgenol* 196 : 1102-1109, 2011
- 6) Juri H et al : Low-dose computed tomographic urography using adaptive iterative dose reduction 3-dimensional : comparison with routine-dose computed tomography with filtered back projection. *J Comput Assist Tomogr* 37 : 426-431, 2013
- 7) Kim SH et al : Comparison of full- and half-dose image reconstruction with filtered back projection or sinogram-affirmed iterative reconstruction in dual-source single-energy MDCT urography. *AJR Am J Roentgenol* 211 : 641-648, 2018
- 8) Kim SY et al : Low-tube-voltage CT urography using low-concentration-iodine contrast media and iterative reconstruction : a multi-institutional randomized controlled trial for comparison with conventional CT urography. *Korean J Radiol* 19 : 1119-1129, 2018
- 9) Shuman WP et al : Dual-energy CT urography with 50% reduced iodine dose versus single-energy CT urography with standard iodine dose. *AJR Am J Roentgenol* 212 : 117-123, 2019
- 10) Fojecki G et al : Consultation on UTUC, Stockholm 2018 aspects of diagnosis of upper tract urothelial carcinoma. *World J Urol* 37 : 2271-2278, 2019

BQ 72

膀胱癌の深達度診断において MRI は推奨されるか？

ステートメント 膀胱鏡で筋層浸潤性膀胱癌の可能性がある場合に、経尿道的膀胱腫瘍切除術前に MRI を施行することが勧められる。

■ 背景

膀胱癌は深達度によって治療方針や生命予後が異なる。特に、筋層浸潤の有無は膀胱温存の適否の判断において重要である。MRI にはその高いコントラスト分解能を活かした深達度診断が期待される。

■ 解説

膀胱癌の筋層浸潤の診断は経尿道的膀胱腫瘍切除術 (transurethral resection of the bladder tumor : TURBT) で切除された標本の病理診断によって確定される。しかし、病理診断においても過小評価が少なからず生ずることが知られている^{1,2)}。膀胱鏡で有茎性の小病変が観察され、筋層非浸潤癌の可能性が高い場合は MRI 検査は通常省略される。MRI は膀胱鏡で筋層浸潤癌が否定できない病変の TURBT 術前の病期診断を目的として施行される。膀胱癌の MRI 診断の普及を背景として 2018 年に標準的な MRI 撮像法・診断法を記した Vesical Imaging-Reporting and Data System (VI-RADS) が上梓された。VI-RADS の目的は初発あるいは再発性の膀胱癌の深達度診断である。MRI は TURBT の術後の修飾を避けるため、また VI-RADS の形態カテゴリー診断を行うために TURBT 術前に施行される。MRI は T2 強調像, 拡散強調像, ダイナミック造影を撮像する。T2 強調像では解剖学的情報が得られる。拡散強調像とダイナミック造影は腫瘍と正常組織

表 Vesical Imaging-Reporting and Data System (VI-RADS) のカテゴリー分類 (二次資料 2 をもとに作成)

カテゴリー	T2 強調像	拡散強調像	ダイナミック MRI
1	筋層の低信号が保たれており、かつ病変最大径が 1 cm 未満。腫瘍茎や腫瘍基部の粘膜下層を示唆する高信号の有無は問わない。	筋層の中等度信号が保たれており、かつ病変最大径が 1 cm 未満。腫瘍茎や腫瘍基部の粘膜下層を示唆する低信号の有無は問わない。	筋層に早期異常造影効果を認めず、かつ最大径が 1 cm 未満。腫瘍茎や腫瘍基部の inner layer enhancement の有無は問わない。
2	筋層の低信号が保たれており、かつ病変最大径が 1 cm 以上。有茎性の外方性発育型病変あるいは腫瘍基部に高信号の粘膜下層を伴う広基性病変。	筋層の中等度信号が保たれており、かつ病変最大径が 1 cm 以上。有茎性の外方性発育型病変あるいは腫瘍基部に低信号の粘膜下層を伴う広基性病変。	筋層に早期異常造影効果を認めず、かつ最大径が 1 cm 以上。有茎性の外方性発育型病変あるいは腫瘍基部に inner layer enhancement を伴う広基性病変。
3	無茎性の外方性発育型病変あるいは腫瘍基部に粘膜下層の高信号を伴わない広基性病変。筋層の低信号は保たれている。	無茎性の外方性発育型病変あるいは腫瘍基部に粘膜下層の低信号を伴わない広基性病変。筋層の中等度信号は保たれている。	無茎性の外方性発育型病変あるいは腫瘍基部に inner layer enhancement を伴わない広基性病変。筋層に早期異常造影効果は認めない。
4	低信号の筋層内に中等度信号の腫瘍の浸潤がみられるが、膀胱周囲脂肪織には及んでいない。	中等度信号の筋層内に高信号の腫瘍の浸潤がみられるが、膀胱周囲脂肪織には及んでいない。	腫瘍の造影効果は筋層内に及んでいるが、膀胱周囲脂肪織には及んでいない。
5	中等度信号の腫瘍が膀胱筋層全層を超えて膀胱周囲脂肪織に及んでいる。	高信号の腫瘍が膀胱筋層全層を超えて膀胱周囲脂肪織に及んでいる。	腫瘍の造影効果が膀胱筋層全層を超えて膀胱周囲脂肪織に及んでいる。

とのコントラストが高く、深達度診断における中心的な役割を果たす。深達度診断はカテゴリー分類表に準じて行われる(表)。カテゴリーが増加するにしたがって筋層浸潤の可能性が高まる。画質が良好であれば拡散強調像のカテゴリーをVI-RADSの最終診断として採用する。拡散強調像の画質が不適の場合はダイナミック造影のカテゴリーを最終診断として採用する。VI-RADSを用いた場合の筋層浸潤の感度・特異度はメタアナリシスによればそれぞれ0.83(95% CI, 0.70~0.90), 0.90(95% CI, 0.83~0.95)である³⁾。観察者間一致率(カッパ係数)は0.81~0.90と良好と報告されている。カテゴリー別の筋層浸潤癌の有病率は1:0%, 2:19%, 3:44%, 4:90%, 5:94%(全症例中の筋層浸潤性膀胱癌の有病率50%における検討)である⁴⁾。現在のところTURBTおよび病理診断が筋層浸潤の診断の原則であることには変わらないが、それを補完するツールとしてMRIが期待されている。なお、CT検査の筋層浸潤癌と筋層非浸潤癌との鑑別能は低い。

■ 検索キーワード・参考にした二次資料

Pubmedによりmagnetic resonance imaging, urinary bladder neoplasms, neoplasm stagingのキーワードを用いて検索した。

また、下記を二次資料として参考にした。

- 1) 日本泌尿器科学会 編：膀胱癌診療ガイドライン 2019 年度版。医学図書出版，2019
- 2) Panebianco V et al : Multiparametric magnetic resonance imaging for bladder cancer : development of VI-RADS (Vesical Imaging-Reporting And Data System). Eur Urol 74 : 294-306, 2018

| 文献 |

- 1) Cumberbatch MGK et al : Repeat transurethral resection in non-muscle-invasive bladder cancer : a systematic review. Eur Urol 73 : 925-933, 2018
- 2) Naselli A et al : Role of restaging transurethral resection for T1 non-muscle invasive bladder cancer : a systematic review and meta-analysis. Eur urol Focus 4 : 558-567, 2018
- 3) Woo S et al : Diagnostic performance of vesical imaging reporting and data system for the prediction of muscle-invasive bladder cancer : a systematic review and meta-analysis. Eur Urol Oncol 3 : 306-315, 2020
- 4) Ueno Y et al : Diagnostic accuracy and interobserver agreement for the Vesical Imaging-Reporting and Data System for muscle-invasive bladder cancer : a multireader validation study. Eur Urol 76 : 54-56, 2019

CQ 17

初発症例において臨床的意義のある前立腺癌を検出する目的で MRI 検査を行う場合、造影 MRI を省くことは推奨されるか？

推奨

「3T-MRI による適切な条件での撮像」「前立腺 MRI 読影の経験が豊富な放射線科医による画像評価」「MRI で得られた位置情報をガイドとした生検病理診断」の全てが可能な施設に限り、臨床的に意義のある前立腺癌の検出を目的とした MRI 検査で造影 MRI を省くことを弱く推奨する。

[推奨の強さ：2, エビデンスの強さ：弱 (C), 合意率：87% (13/15)]

背景

前立腺癌は、本邦で約 9 万人が罹患する悪性腫瘍である。前立腺癌は治療介入が必要な臨床的に意義のある (clinically significant : CS) 癌と、介入の必要性が乏しく臨床的に意義のない (clinically insignificant/not clinically significant : NCS) 癌に分類される。近年、前立腺 MRI は CS 癌を効率よく検出できるとの報告が数多くなされ、生検前検査法としての役割が重視されるようになってきた。前立腺癌の標準的な MRI 検査法および診断法が記された Prostate Imaging Reporting and Data System (PI-RADS) の初版では T2 強調像、拡散強調像、ダイナミック造影像を組み合わせた multiparametric MRI (mpMRI) で診断するとされていたが (二次資料 1), version 2 以降ではダイナミック造影像の役割が限定的となった (二次資料 2, 3)。これ以降、ダイナミック造影像を省いて T2 強調像と拡散強調像のみで診断する biparametric MRI (bpMRI) の有用性に関する報告が増えている。bpMRI では造影剤を使用しないため、検査時間の短縮、検査費用負担の軽減、医療従事者の仕事量の低減が期待され、造影剤の副作用の心配もない。一方で bpMRI は mpMRI に比べると CS 癌の検出能低下が懸念される。

今回は初発 CS 癌を検出する目的で MRI 検査を行う場合に造影 MRI を省くことは推奨されるか? を CQ として取り上げ、bpMRI と mpMRI の診断能について定性的システマティック・レビューを行った。

解説

本システマティック・レビューでは「CS 癌の検出能の低下」を害のアウトカムとして設定した。下記のキーワードを用いて bpMRI と mpMRI の診断能を比較した研究に関して検索を行ったところ 9 編が該当した¹⁻⁹⁾。9 編はいずれも横断研究であった。MRI の撮像には 1 編を除いて全て 3T 装置が用いられており、画像評価は全編で前立腺 MRI 読影に関する経験が豊富な放射線科医により行われていた。MRI の評価方法は、基本的に PI-RADS に沿った基準あるいは Likert scale などの独自の診断基準が採用されていた。病理診断は、ほとんどの論文で前立腺全摘除術または MRI で得られた位置情報をガイドとした標的生検によって施行されていた。CS 癌の定義は国際的に統一されているわけではないが、9 編における CS 癌の定義は臨床で採用されているものと同様であった (表 1)。9 編のバイアスリスクはおおむね低く、非直接性も低かった。

CS 癌の感度、特異度、正診率は、bpMRI ではそれぞれ 53~96%, 15~93%, 42~89%, mpMRI ではそれぞれ 52~95%, 16~93%, 42~88% であり、bpMRI と mpMRI の診断能はほぼ同等であった¹⁻⁹⁾。3 編では ROC 解析が行われており、AUC 値は、bpMRI では 0.68~0.81, mpMRI では 0.71~0.79 と差は見られなかった^{2,4,7)}。PI-RADS version 2 でのカテゴリー 4 以上を陽性の基準とした 1 編では、bpMRI は mpMRI に比して感度が有意に低く (63% vs. 80%), 特異度が有意に高い (72% vs. 45%) という trade-off の関係が認められ、造影剤を使用しないと偽陰性病変が増える (害のアウトカム) という結果であった²⁾。しかしながら、両者

表 システマティック・レビューで抽出された9編における「臨床的に意義のある前立腺癌」の定義

定 義	文献番号
GS 7 以上の病変	1), 3), 9)
GS 7 以上の病変 and/or 腫瘍体積 0.5 ml 以上の病変 and/or 被膜外浸潤を伴った病変	2)
GS 7 以上の病変 and/or 被膜外浸潤を伴った病変	4)
GS 7 以上の病変 and/or 腫瘍長が 5 mm 以上の病変	5)
intermediate から high risk の病変 (NCCN ガイドライン*)	6)
GS 7 以上の病変 or 腫瘍体積 0.5 ml 以上の病変	7)
生検による陽性コア 3 本以上の GS 6 の病変 and/or 生検による生検長の 50% 以上を占める GS 6 の病変 or GS 7 以上の病変	8)

GS : Gleason score, NCCN : National Comprehensive Cancer Network

*NCCN ガイドラインによる前立腺癌のリスク分類 (version 2.2014)

low risk : PSA (prostate specific antigen) ≤ 10 ng/ml, GS ≤ 6 , and T1-T2a

intermediate risk : PSA = 10-20 ng/ml, GS 7, and T2b

high risk : PSA > 20 ng/ml, and/or GS ≥ 8 , and/or T2c-T3a

の正診率 (66% vs. 71%) と AUC (0.81 vs. 0.79) は同等であった²⁾。

以上より、今回のシステマティック・レビューの結論としては、bpMRI の診断能は mpMRI とほぼ同等と考えた。

診断能以外の項目に関するシステマティック・レビューは行えなかったものの、造影 MRI を省略することで患者にとっては検査時間が短く、検査費用負担が軽減され、造影剤の副作用のリスクが無くなることは自明である。医療従事者にとってみれば、造影剤に関する問診が不必要となり、造影剤投与用のルート確保や副作用対応も必要なくなる。診療放射線技師による撮像時間も短くなり、医療従事者の仕事量は減少する。したがって、「3T MRI による適切な条件での撮像」「前立腺 MRI 読影の経験が豊富な放射線科医による画像評価」「MRI で得られた位置情報をガイドとした生検病理診断」の全てが可能な施設に限り、CS 癌の検出は造影 MRI を省いた bpMRI 検査で行うことを弱く推奨する。逆に、上記の前提条件を一つでも満たせない施設では bpMRI は mpMRI に比して CS 癌の検出能が低下するおそれがあるため、造影像を含めた mpMRI による評価が望ましい。bpMRI の実施にあたっては消化管蠕動によるモーションアーチファクトを抑制するための抗コリン剤の検査前投与、高空間分解能の T2 強調像、高 b 値 (1,400 s/mm² 以上) の拡散強調像など PI-RADS に準拠した撮像条件を確認する必要がある (二次資料 2, 3)。なお、本システマティック・レビューの対象は臨床的に CS 癌を疑われた患者であるため、今回の推奨は検診には適用されない。また、前立腺癌の家族歴がある場合や前回生検陰性で PSA 値が持続上昇する患者のように通常よりもリスクが高い患者については、bpMRI によって偽陰性を生じることが大きな損失につながる恐れがあるため、今回の推奨は適用できない。加えて、治療後の再発腫瘍の検出や病期診断 (被膜外浸潤、精嚢浸潤) においては bpMRI と mpMRI の診断能が同程度であることは示されていないため、必要に応じて造影検査を追加する。

■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMed により prostate neoplasms, prostate cancer, clinically significant cancer, magnetic resonance imaging, multiparametric MRI, biparametric MRI, abbreviated MRI, Prostate Imaging Reporting and Data System (PI-RADS) のキーワードを用いて検索した。

また、下記を二次資料として参考にした。

1) Barentsz JO et al : ESUR prostate MR guidelines 2012. Eur Radiol 22 : 746-757, 2012

- 2) Weinreb JC et al : PI-RADS Prostate Imaging – Reporting and Data System 2015, Version 2. *Eur Urol* 69 : 16–40, 2016
- 3) Turkbey B et al : Prostate Imaging Reporting and Data System Version 2.1 : 2019 Update of Prostate Imaging Reporting and Data System Version 2. *Eur Urol* 76 : 340–351, 2019

| 文献 |

- 1) van der Leest M et al : High diagnostic performance of short magnetic resonance imaging protocols for prostate cancer detection in biopsy-naive men : the next step in magnetic resonance imaging accessibility. *Eur Urol* 76 : 574–581, 2019
- 2) Choi MH et al : Prebiopsy biparametric MRI for clinically significant prostate cancer detection with PI-RADS version 2 : a multicenter study. *AJR Am J Roentgenol* 212 : 839–846, 2019
- 3) Mussi TC, et al : Comparison between multiparametric MRI with and without post – contrast sequences for clinically significant prostate cancer detection. *Int Braz J Urol* 44 : 1129–1138, 2018
- 4) Di Campi E et al : Diagnostic accuracy of biparametric vs multiparametric MRI in clinically significant prostate cancer : comparison between readers with different experience. *Eur J Radiol* 101 : 17–23, 2018
- 5) Lee DH et al : Comparison of multiparametric and biparametric MRI in first round cognitive targeted prostate biopsy in patients with PSA levels under 10 ng/mL. *Yonsei Med J* 58 : 994–999, 2017
- 6) Kuhl CK et al : Abbreviated biparametric prostate MR imaging in men with elevated prostate-specific antigen. *Radiology* 285 : 493–505, 2017
- 7) Barth BK et al : Detection of clinically significant prostate cancer : short dual-pulse sequence versus standard multiparametric MR imaging : a multireader study. *Radiology* 284 : 725–736, 2017
- 8) Mussi TC et al : Are dynamic contrast-enhanced images necessary for prostate cancer detection on multiparametric magnetic resonance imaging? *Clin Genitourin Cancer* 15 : e447–e454, 2017
- 9) Thestrup KC et al : Biparametric versus multiparametric MRI in the diagnosis of prostate cancer. *Acta Radiol Open* 5 : 2058460116663046, 2016

前立腺癌の局所病期診断において MRI は推奨されるか？

ステートメント 中リスク以上の前立腺癌において被膜外浸潤と精嚢浸潤の評価に MRI を推奨する。
(注：体表コイルの場合は 1.5T 以上の装置を用い撮像条件を最適化する必要がある)

■ 背景

前立腺癌は急増しており、前立腺癌に対する画像診断法の標準化は重要である。MRI は、前立腺癌局所病期診断において、信頼のおける画像診断法の一つとして位置づけられているが、全症例で施行されているわけではない。前立腺癌の局所病期診断（被膜外浸潤・精嚢浸潤）において、MRI が有用かどうか、どのような状況下で有用性が高まるのかを検証する。

■ 解説

MRI は、前立腺癌局所病期診断において、最も信頼のおける画像診断として位置づけられている。近年では読影者の経験による MRI 診断能のばらつきを改善し、撮像方法および読影方法の標準化を行うために、Prostate Imaging and Reporting and Data System (PI-RADS) が普及しているものの癌の検出が主たる目的であり、局所病期診断の具体的なスコアリング手法は確立されていない（二次資料 2）。これまでの被膜外浸潤に関する MRI 診断能の検討では経直腸コイルを用いた報告が多かったが、最近では 3T-MRI 装置で経直腸コイルを使用しない報告が増加している。前立腺被膜外浸潤、神経血管束への浸潤や精嚢浸潤の正確な評価には高分解能 T2 強調像が必要だが、3T-MRI 装置では体表コイルを用いたとしてもスライス厚の薄い高空間分解能撮像が可能なことから有利である。

まず、T2 強調像による信頼のおける被膜外浸潤の所見としては、①前立腺輪郭の変化（局所の膨隆・非対称）、②近傍を走行する神経血管束の形態的变化（左右非対称）、③被膜構造の断裂、④直腸前立腺角鈍化・消失、⑤神経血管束自体への浸潤などがある。これらは、すべて重みが同じではなく、①や②は間接的所見であり、前立腺外の腫瘍を直接表す④や⑤のほうが被膜外浸潤の疑い度合いは高い。⑥として腫瘍が前立腺被膜と接する長さも被膜外浸潤を予測する項目として取り上げられている。接する長さが 6 mm 以上なら軽微な被膜外浸潤、10 mm 以上ならはっきりした被膜外浸潤が疑われるとの報告もある¹⁾。T2 強調像による被膜外浸潤の診断能は、感度が 22～82%、特異度が 70～100%、正診率が 61～84%と報告により様々である²⁻¹⁷⁾。de Rooij らが病期診断に関する MRI の診断能をまとめたメタアナリシスを発表しており、被膜外浸潤に関して統合された感度と特異度はそれぞれ 57% (95% CI, 49～64%) と 91% (95% CI, 88～93%) であった¹⁸⁾。実際には、腫瘍と被膜が接する面に直交する断面での評価が可能か、という点も診断能を左右する。

被膜外浸潤の評価は T2 強調像が主役であるが、拡散強調像を追加することで被膜外浸潤の確信度が増す効果はある¹⁹⁾。一方で、ダイナミック造影を用いた被膜外浸潤の評価を T2 強調像に追加する意義があるかどうかについては、読影者の経験に左右される部分がある^{13,20)}。

次に、精嚢浸潤の所見としては、T2 強調像でブドウの房状の精嚢内部構造が低信号腫瘍により限局性あるいはびまん性に消失、精嚢壁・隔壁の限局性肥厚、前立腺と精嚢が成す角が消失、などがある²¹⁾。精嚢浸潤の診断能は感度が 23～100%、特異度が 75～100%、正診率が 76～97%と報告されている^{3-6,8-10,14-17)}。精嚢浸潤に関するメタアナリシスによる検討では T2 強調像で感度 51%（経直腸コイルなし）、59%（経直腸コイルあり）とされている¹⁸⁾。これに拡散強調像やダイナミック造影像を加えると感度が 53%から 64%に上昇する¹⁸⁾。

前立腺癌の診療では、臨床病期、PSA (prostate specific antigen)、Gleason スコア、生検針内の癌占拠率

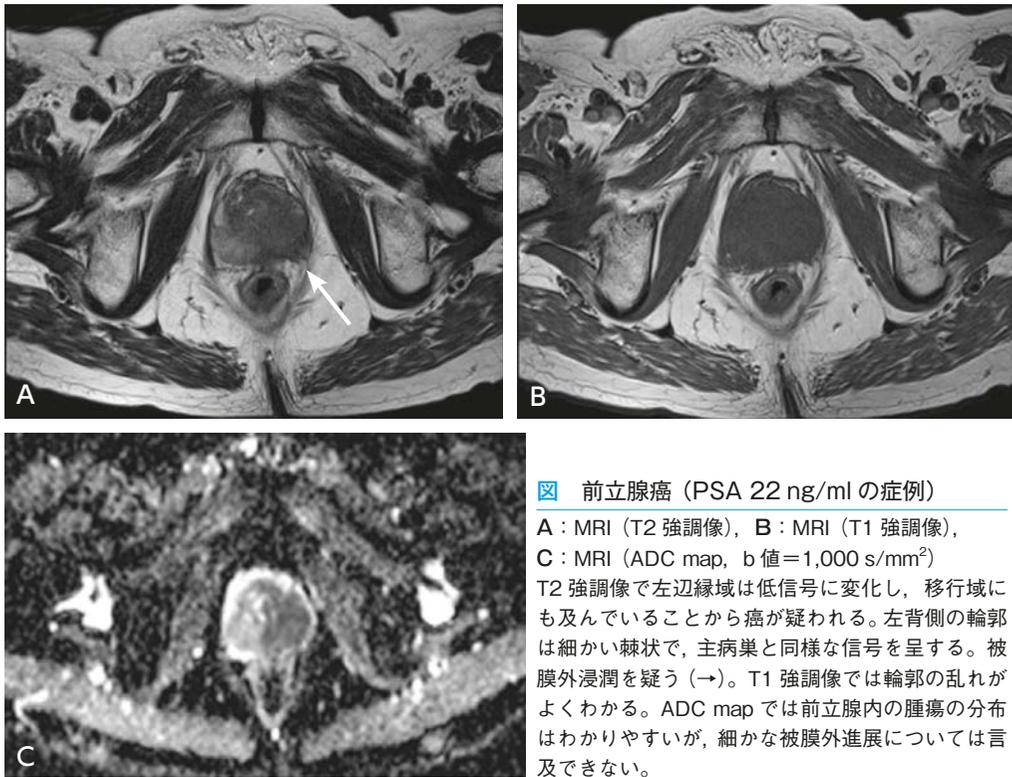


図 前立腺癌 (PSA 22 ng/ml の症例)

A : MRI (T2 強調像), B : MRI (T1 強調像),

C : MRI (ADC map, b 値=1,000 s/mm²)

T2 強調像で左辺縁域は低信号に変化し, 移行域にも及んでいることから癌が疑われる。左背側の輪郭は細かい棘状で, 主病巣と同様な信号を呈する。被膜外浸潤を疑う (→)。T1 強調像では輪郭の乱れがよくわかる。ADC map では前立腺内の腫瘍の分布はわかりやすいが, 細かな被膜外進展については言及できない。

度を組み合わせたリスク分類を加味して適切な治療が選択されている。欧米では画像検査を行う場合にも腫瘍のリスクを参考にして検査を選択することが広く認識されており, ガイドラインにも記載されている [EAU (欧州泌尿器学会 2020 年, 二次資料 3), ACR (米国放射線医会 2017 年, 二次資料 4)]。後方視的な検討では, リスクの低い症例での前立腺外進展に関する MRI 診断能は低いが, 中リスク以上では診断能は良好となる。一方, リスク間での特異度の変動は小さい⁸⁾。PSA 10 ng/ml, 生検での Gleason スコア 7 のいずれかの値を超える場合は, 中等度以上のリスクがあると判断され, MRI により被膜外浸潤と精嚢浸潤の評価をするメリットがある。

本邦では pelvic phased array coil などの体表コイルを使った画像で診断が行われることが多い。体表コイルのみでの撮像よりも体表コイルと経直腸コイルの両コイルで撮像する integrated system での撮像が病期診断能は向上するが¹⁴⁾, 経直腸コイルは国内では普及していない。体表コイルのみであっても, 1.5T 以上の MRI 装置を用い, 画質を劣化させる直腸ガスを排除した状態で, 4 mm 程度の薄いスライス厚で空間分解能を保ちながら撮像を行えば, 病期診断能に大きな差はないとされる¹⁷⁾。最新の PI-RADS version 2.1 でも, 経直腸コイルの使用は必須とされていない (二次資料 2)。

従来から用いられてきた形態画像を示す T2 強調像と, 拡散強調像やダイナミック造影像などの機能画像とを組み合わせた multiparametric MRI は, 癌の検出ほどのインパクトはないものの, 臨床データ, 腫瘍容積, 腫瘍と前立腺被膜との接触の長さなどの情報と合わせて評価することで, 治療前の病期診断能を改善する可能性がある^{11, 22-24)}。

■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMedにより prostate cancer, staging, MRI のキーワードを用いて検索し、主に 1.5T 装置, 3T 装置のものを参考にした。

また、下記を二次資料として参考にした。

- 1) 日本医学放射線学会 編：画像診断ガイドライン 2016 年版。金原出版, 2016
- 2) Turkbey B et al : Prostate Imaging Reporting and Data System Version 2.1 : 2019 update of Prostate Imaging Reporting and Data System Version 2. Eur Urol 76 : 340-351, 2019
- 3) Mottet N et al : EAU guidelines on prostate cancer. European Association of Urology, 2020
- 4) Coakley FV et al : ACR Appropriateness Criteria® : prostate cancer—pretreatment detection, surveillance, and staging. J Am Coll Radiol 14 : S245-S257, 2017

| 文献 |

- 1) Rosenkrantz AB et al : Length of capsular contact for diagnosing extraprostatic extension on prostate MRI : assessment at an optimal threshold. J Magn Reson Imaging 43 : 990-997, 2016
- 2) Yu KK et al : Detection of extracapsular extension of prostate carcinoma with endorectal and phased-array coil MR imaging : multivariate feature analysis. Radiology 202 : 697-702, 1997
- 3) Sanchez-Chapado M et al : Comparison of digital rectal examination, transrectal ultrasonography, and multicoil magnetic resonance imaging for preoperative evaluation of prostate cancer. Eur Urol 32 : 140-149, 1997
- 4) Presti JC Jr et al : Local staging of prostatic carcinoma : comparison of transrectal sonography and endorectal MR imaging. Am J Roentgenol 166 : 103-108, 1996
- 5) Cornud F et al : Local staging of prostate cancer by endorectal MRI using fast spin-echo sequences : prospective correlation with pathological findings after radical prostatectomy. Br J Urol 77 : 843-850, 1996
- 6) Perrotti M et al : Endo-rectal coil magnetic resonance imaging in clinically localized prostate cancer : is it accurate? J Urol 156 : 106-109, 1996
- 7) Ogura K et al : Dynamic endorectal magnetic resonance imaging for local staging and detection of neurovascular bundle involvement of prostate cancer : correlation with histopathologic results. Urology 57 : 721-726, 2001
- 8) Allen DJ et al : Does body-coil magnetic-resonance imaging have a role in the preoperative staging of patients with clinically localized prostate cancer? BJU Int 94 : 534-538, 2004
- 9) Nakashima J et al : Endorectal MRI for prediction of tumor site, tumor size, and local extension of prostate cancer. Urology 64 : 101-105, 2004
- 10) Chelsky MJ et al : Use of endorectal surface coil magnetic resonance imaging for local staging of prostate cancer. J Urol : 150 : 391-395, 1993
- 11) Wang L et al : Prostate cancer : incremental value of endorectal MR imaging findings for prediction of extracapsular extension. Radiology 232 : 133-139, 2004
- 12) Brassell SA et al : Correlation of endorectal coil magnetic resonance imaging of the prostate with pathologic stage. World J Urol 22 : 289-292, 2004
- 13) Fütterer JJ et al : Staging prostate cancer with dynamic contrast-enhanced endorectal MR imaging prior to radical prostatectomy : experienced versus less experienced readers. Radiology 237 : 541-549, 2005
- 14) Fütterer JJ et al : Prostate cancer : comparison of local staging accuracy of pelvic phased-array coil alone versus integrated endorectal-pelvic phased-array coils. Local staging accuracy of prostate cancer using endorectal coil MR imaging. Eur Radiol 17 : 1055-1065, 2007
- 15) Chandra RV et al : Endorectal magnetic resonance imaging staging of prostate cancer. ANZ J Surg 77 : 860-865, 2007
- 16) Park BK et al : Comparison of phased-array 3.0-T and endorectal 1.5-T magnetic resonance imaging in the evaluation of local staging accuracy for prostate cancer. J Comput Assist Tomogr 31 : 534-538, 2007
- 17) Lee SH et al : Is endorectal coil necessary for the staging of clinically localized prostate cancer? : comparison of non-endorectal versus endorectal MR imaging. World J Urol 28 : 667-672, 2010
- 18) de Rooij M et al : Accuracy of magnetic resonance imaging for local staging of prostate cancer : a diagnostic meta-analysis. Eur Urol 70 : 233-245, 2016

- 19) Woo S et al : Extracapsular extension in prostate cancer : added value of diffusion-weighted MRI in patients with equivocal findings on T2-weighted imaging. *AJR Am J Roentgenol* 204 : W168-175, 2015
- 20) Bloch BN et al : Prediction of prostate cancer extracapsular extension with high spatial resolution dynamic contrast-enhanced 3-T MRI. *Eur Radiol* 22 : 2201-2210, 2012.
- 21) Roethke M et al : Seminal vesicle invasion : accuracy and analysis of infiltration patterns with high-spatial resolution T2-weighted sequences on endorectal magnetic resonance imaging. *Urol Int* 92 : 294-299, 2014
- 22) Schieda N et al : MRI assessment of pathological stage and surgical margins in anterior prostate cancer (APC) using subjective and quantitative analysis. *J Magn Reson Imaging* 45 : 1296-1303, 2017
- 23) Lim C et al : Evaluation of apparent diffusion coefficient and MR volumetry as independent associative factors for extra-prostatic extension (EPE) in prostatic carcinoma. *J Magn Reson Imaging* 43 : 726-736, 2016
- 24) Baco E et al : Predictive value of magnetic resonance imaging determined tumor contact length for extracapsular extension of prostate cancer. *J Urol* 193 : 466, 2015

BQ 74

前立腺癌の病期診断と治療後の経過観察において骨シンチグラフィは推奨されるか？

ステートメント

低リスク患者（PSA ≤ 10 ng/ml, グリソンスコア ≤ 7）では陽性率が低いため施行を避けるべきだが、骨転移を示唆する有症状例、治療後の PSA 再発例では有用である。

背景

骨は前立腺癌の転移先としてリンパ節に次いで2番目に多い臓器である。骨シンチグラフィは^{99m}Tcで標識したリン酸化合物（methylene diphosphonate, hydroxymethylene diphosphonate）を用いた核医学検査であり、全身の骨病変を高感度でスクリーニングできる利点を有する。前立腺癌の診療には古くから用いられてきたが、病期診断、治療後の経過観察にルーチンで施行することは被ばく、医療経済の観点から問題となり得る。近年骨シンチグラフィにコンピュータ支援診断（computer-aided diagnosis : CAD）が導入され、診断能や予後予測における有用性を示した報告が散見される。この項では、前立腺癌の骨シンチグラフィを扱った比較的最近の文献をレビューし、その活用法について概説する。

解説

前立腺癌骨転移の診断能を choline-PET/CT（本邦では保険適用外）、MRI、骨シンチグラフィで比較したメタアナリシスによると、11編の患者基準の解析で骨シンチグラフィの感度は79%、特異度は82%であり、choline-PET/CTやMRIに比して診断能は劣るとされている¹⁾。

前立腺癌の骨シンチグラフィに関する近年の文献には診断能の検討ではなく、患者背景[血清 PSA (prostate specific antigen) 値, グリソンスコア (Gleason's score), 原発巣の T 因子など] に応じた骨シンチグラフィの陽性率を検討した研究が多い²⁻⁹⁾。これらの知見を反映した最新の本邦、欧州、米国の泌尿器科学会の診療ガイドラインに共通する方針として、「PSA が 10 ng/ml 以下」「グリソンスコアが 7 以下」で無症状の患者については骨転移のリスクが低く、病期診断目的の骨シンチグラフィは勧められない。一方、骨病変を示唆する症状を有する患者や治療後の PSA 再発例（特に PSA の倍加速度が速い例）などでは病変部位の特定に有意義な可能性はある。骨シンチグラフィに SPECT, SPECT/CT を追加することで、骨転移の診断能が向上することは複数の報告¹⁰⁻¹²⁾ で示されているが、撮像時間の延長、SPECT/CT では CT 被ばくの追加が問題となる。SPECT, SPECT/CT はルーチンで追加するのではなく、プラナー像で判定困難な所見を認めた場合に、局所に限って行うことが望ましいと考えられる。

CAD の診断能は多くの文献で感度、特異度とも 80% を上回ることが示されている¹³⁻¹⁵⁾。ただし、CAD は基本的にパターン認識で良悪性の可能性を振り分けるのみであり、患者背景や他の画像検査の所見などを一切反映しないことに注意すべきである。CAD を用いて全身骨の異常集積の程度を数値化した bone scan index (BSI) が治療効果予測の指標や独立した予後予測因子となる（患者予後を反映する）という報告がある¹⁶⁻¹⁷⁾。BSI は治療後の集積低下を客観的に示し得る指標であり、特にびまん性骨転移の症例などでは病勢評価に有用と思われる。

■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMedにより prostate cancer, bone metastasis, bone scan, bone scintigraphyのキーワードを用いて文献を検索した。検索期間は2015年～2019年6月として検索を行い,新たに1編(文献17)を採用した。2016年版(CQ147)で引用した16編と合わせて17編を解説に引用した。

また,下記の二次資料を参考にした。

- 1) 日本泌尿器科学会 編:前立腺癌診療ガイドライン 2016年版. メディカルレビュー社, 2016
- 2) Mottet N et al : EAU guidelines on prostate cancer. European Association Urology, 2020

| 文献 |

- 1) Shen G et al : Comparison of choline-PET/CT, MRI, SPECT, and bone scintigraphy in the diagnosis of bone metastases in patients with prostate cancer : a meta-analysis. *Skeletal Radiol* 43 : 1503-1513, 2014
- 2) Zacho HD et al : Prospective multicenter study of bone scintigraphy in consecutive patients with newly diagnosed prostate cancer. *Clin Nucl Med* 39 : 26-31, 2014
- 3) Tanaka N et al : Bone scan can be spared in asymptomatic prostate cancer patients with PSA of ≤ 20 ng/ml and Gleason score of ≤ 6 at the initial stage of diagnosis. *Jpn J Clin Oncol* 41 : 1209-1213, 2011
- 4) Lee SH et al : Is it suitable to eliminate bone scan for prostate cancer patients with PSA ≤ 20 ng/ml? *World J Urol* 30 : 265-269, 2012
- 5) Palvolgyi R et al : Bone scan overuse in staging of prostate cancer : an analysis of a veterans affairs cohort. *Urology* 77 : 1330-1337, 2011
- 6) Briganti A et al : When to perform bone scan in patients with newly diagnosed prostate cancer : external validation of the currently available guidelines and proposal of a novel risk stratification tool. *Eur Urol* 57 : 551-558, 2010
- 7) Hirobe M et al : Bone scanning : who needs it among patients with newly diagnosed prostate cancer? *Jpn J Clin Oncol* 37 : 788-792, 2007
- 8) Ishizuka O et al : Prostate-specific antigen, Gleason sum and clinical T stage for predicting the need for radionuclide bone scan for prostate cancer patients in Japan. *Int J Urol* 12 : 728-732, 2005
- 9) Yap BK et al : Are serial bone scan useful for the follow-up of clinically localized, low to intermediate grade prostate cancer managed with watchful observation alone? *BJU Int* 91 : 613-617, 2003
- 10) McLoughlin LC et al : The improved accuracy of planar bone scintigraphy by adding single photon emission computed tomography (SPECT-CT) to detect skeletal metastases from prostate cancer. *Ir J Med Sci* 185 : 101-105, 2016
- 11) Helyar V et al : The added value of multislice SPECT/CT in patients with equivocal bony metastasis from carcinoma of the prostate. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 37 : 706-713, 2010
- 12) Even-Sapir E et al : The detection of bone metastases in patients with high-risk prostate cancer : ^{99m}Tc -MDP planar bone scintigraphy, single- and multi-field-of-view SPECT, ^{18}F -fluoride PET, and ^{18}F -fluoride PET/CT. *J Nucl Med* 47 : 287-297, 2006
- 13) Koizumi M et al : Evaluation of a computer-assisted diagnosis system, BONENAVI version 2, for bone scintigraphy in cancer patients in a routine clinical setting. *Ann Nucl Med* 29 : 138-148, 2015
- 14) Takahashi Y et al : Assessment of bone scans in advanced prostate carcinoma using fully automated and semi-automated bone scan index methods. *Ann Nucl Med* 26 : 586-593, 2012
- 15) Sadik M et al : Improved classification of planar whole-body bone scans using a computer-assisted diagnosis system : a multi-center, multiple-reader, multiple-case study. *J Nucl Med* 50 : 368-375, 2009
- 16) Mitsui Y et al : Prediction of survival benefit using an automated bone scan index in patients with castration-resistant prostate cancer. *BJU Int* 110 : E628-E634, 2012
- 17) Zacho HD et al : Bone scan index is an independent predictor of time to castration-resistant prostate cancer in newly diagnosed prostate cancer : a prospective study. *Urology* 108 : 135-141, 2017

ステートメント CTは有用性を示す強い根拠があり推奨する。PETは推奨する十分な科学的根拠がない。

背景

精巣腫瘍の大半が胚細胞性腫瘍であり、以下、単に精巣腫瘍とした場合、精巣胚細胞性腫瘍を指す。近年の化学療法の進歩により精巣腫瘍の治癒率は非常に高くなっており2006年の報告によると5年生存率はInternational Germ Cell Cancer Collaborative Group分類good risk群で94%、intermediate risk群で83%、poor risk群で71%である¹⁾。高い治癒率を達成するために最も重要な因子の一つが正確な病期診断であり、日本泌尿器科学会による病期分類は転移の部位およびその大きさによって決定される。これらを踏まえて、精巣腫瘍の病期診断における画像検査法、特にCTとPETについて検討した。

解説

精巣腫瘍の病期診断においてはCTが必須の検査であり日本泌尿器科学会のほか、ACR(American College of Radiology)、EAU(European Association of Urology)といった欧米の代表的ガイドラインでもCTの施行は強く推奨されている(二次資料1~3)。精巣腫瘍で最も転移の頻度が高いのは後腹膜リンパ節であり、全腹部を必ずスキャンする。CTによる後腹膜リンパ節転移の診断(図)は基本的にはサイズクライテリアによるが、感度、特異度はカットオフ値に大きく依存する。Hiltonらの報告²⁾によるとカットオフ値10mmを用いた場合、特異度は100%だったが感度は37%しかなかった。これを4mmまで下げると感度は93%に向上するが、特異度が58%であった。Hudolinらは感度と特異度のバランスから7~8mmのカットオフ値を提唱している³⁾。また頭尾方向でのリンパ節長が転移と相関していたとの報告もあり⁴⁾横断像のみならず冠状断像などのMPRも有用である。サイズによる診断では、小さな転移が偽陰性になるほか、炎症性腫大などは偽陽性となり限界があるが、リンパ流の解剖を理解することである程度は診断能を向上することができる。つまり右精巣腫瘍においては、右腎静脈尾側の大動静脈間リンパ節が最初に還流が認められる部位(primary landing zone)で、傍大静脈~大静脈前~大動脈前リンパ節にかけてリンパ節転移が好発する。一方、左精巣腫瘍では左腎静脈尾側の傍大動脈リンパ節がprimary landing zoneで大動静脈間~大動脈前リンパ節にかけてリンパ節転移が好発する。これらの部位にリンパ節が目立つ場合は特に注意を要する。

肺転移の検出では胸部CTは胸部単純写真よりも感度が高い。ただし10mm以下の肺病変では偽陽性が多いことが知られている。特にI期のセミノーマでは胸部X線写真で異常がなければ胸部CTは省略できる可能性がある⁵⁾。縦隔リンパ節の検出に関する報告は乏しいが胸部CTが優れていると考えられる。

病期診断でFDG-PETを追加する有用性については確たる結論は出ていない。非セミノーマにおける病期診断目的のPETは、感度や陰性的中率においてCTよりも有意に優れているという報告がある^{6,7)}。しかし、2007年の多施設共同の前向き試験では尿管侵襲陽性のI期非セミノーマ症例111例のうちPET陰性の87例において無治療で経過観察を行ったところ、中央値12カ月の経過観察期間中に33例が再発したため途中で打ち切られた。PET陰性でも37%が1年以内に再発したことを考えると、PET陰性をもって無治療で経過観察できるとはいえない⁸⁾。初期病期診断においてPETで偽陰性となる理由として、小さな病変(0.5cmあるいは1cm以下)や成熟奇形腫の存在が挙げられる⁹⁾。一方、セミノーマの病期診断におけるPETの役割に関しては十分な文献がない。以上より現時点では病期診断においてPETを推奨する明確な根拠はない。

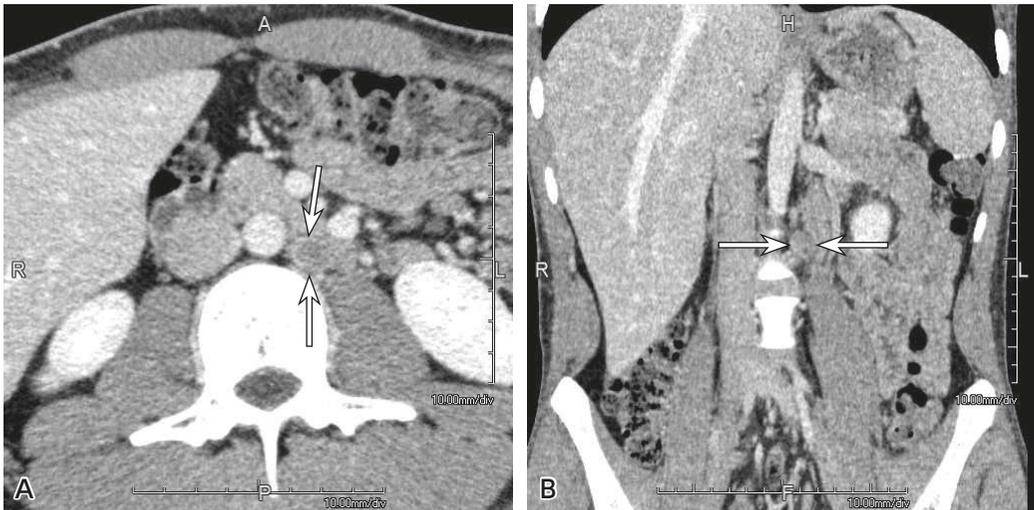


図 左精巣腫瘍に対して高位精巣摘除後の症例

A : 造影 CT (横断像), B : 造影 CT (冠状断像)

傍大動脈リンパ節が横断像で 10×14 mm, 冠状断像で頭尾方向に 17 mm と腫大しており転移が疑われる (A, B→)。非セミノーマ IIA 期と診断された。

検索キーワード・参考にした二次資料

PubMed により testicular neoplasms, seminoma, nonseminoma, CT, PET のキーワードを用いて検索した。また、下記を二次資料として参考にした。

- 1) 日本泌尿器科学会 編：精巣腫瘍診療ガイドライン 2015 年版. 金原出版, 2015
- 2) Yacoub JH et al : ACR Appropriateness Criteria® : staging of testicular malignancy. J Am Coll Radiol 13 (10), 1203-1209, 2016
- 3) Laguna MP et al : EAU guidelines on testicular cancer 2020. European Association of Urology, 2020

文献

- 1) van Dijk MR et al : Survival of non-seminomatous germ cell cancer patients according to the IGCC classification : an update based on meta-analysis. Eur J Cancer 42 : 820-826, 2006.
- 2) Hilton S et al : CT detection of retroperitoneal lymph node metastases in patients with clinical stage I testicular nonseminomatous germ cell cancer : assessment of size and distribution criteria. AJR Am J Roentgenol 169 : 521-525, 1997
- 3) Hudolin T et al : Correlation between retroperitoneal lymph node size and presence of metastases in nonseminomatous germ cell tumors. Int J Surg Pathol 20 : 15-18, 2012
- 4) Howard SA et al : Craniocaudal retroperitoneal node length as a risk factor for relapse from clinical stage I testicular germ cell tumor. AJR Am J Roentgenol 203 : W415-420, 2014
- 5) Horan G et al : CT of the chest can hinder the management of seminoma of the testis : it detects irrelevant abnormalities. Br J Cancer 96 : 882-885, 2007
- 6) de Wit M et al : [18F] -FDG-PET in clinical stage I / II non-seminomatous germ cell tumours : results of the German multicentre trial. Ann Oncol 19 : 1619-1623, 2008
- 7) Lassen U et al : Whole-body FDG-PET in patients with stage I non-seminomatous germ cell tumours. Eur J Nucl Med Mol Imaging 30 : 396-402, 2003
- 8) Huddart RA et al : 18fluorodeoxyglucose positron emission tomography in the prediction of relapse in patients with high-risk, clinical stage I nonseminomatous germ cell tumors : preliminary report of MRC trial TE22 : the NCRI Testis Tumour Clinical Study Group. J Clin Oncol 25 : 3090-3095, 2007
- 9) De Santis M et al : The role of positron emission tomography in germ cell cancer. World J Urol 22 : 41-46, 2004

BQ 76

精巣腫瘍の治療後の評価において推奨される画像検査は何か？

ステートメント

精巣腫瘍に対する化学療法後の評価として CT が推奨される。

FDG-PET は、セミノーマにおける化学療法後残存腫瘍（特に 3 cm 以上）の viability 評価に関して高い陰性的中率を有し、治療方針の決定に寄与しうる。非セミノーマにおいては FDG-PET による治療後評価に関して十分な科学的根拠がなく、推奨しない。

■ 背景

近年の化学療法の進歩により、転移を伴う進行期の精巣腫瘍においても治癒率の向上は著しいが、化学療法後に残存腫瘍が認められた場合の治療方針については議論がある。残存腫瘍は viability のある腫瘍細胞を含まない壊死・瘢痕組織のみであることも多く、後腹膜リンパ節郭清術（retroperitoneal lymph node dissection：RPLND）は手術侵襲度が高いこともあり、画像診断による評価への期待は大きい。本稿では、転移を伴う精巣腫瘍の化学療法後評価に用いる画像診断について、セミノーマと非セミノーマに分けて概説する。

■ 解説

転移のない精巣腫瘍には根治的高位精巣摘除術が施行され、必要に応じて化学療法および放射線治療が追加される。再発チェックのための定期的経過観察（サーベイランス）を腫瘍マーカーおよび腹部 CT で行うことが、他国の複数のガイドラインで強く推奨されている。

転移を伴うセミノーマに対しては、高位精巣摘除術に加えて化学療法が施行される。化学療法後の評価も、腫瘍マーカーおよび腹部 CT で行うことが強く推奨されている。化学療法後 55～80% に残存腫瘍が認められるが、多くは壊死組織や線維化組織である。従来、残存腫瘍の活動性を判断する方法として、CT での最大腫瘍径 3 cm がカットオフ値とされてきたが、実際は 3 cm 以上の残存腫瘍のうち viability のある病変は 11～37% しか認められない¹⁾。

セミノーマの化学療法後の残存腫瘍の viability 評価に関して、特に腫瘍径が 3 cm 以上の場合に FDG-PET が高い能力を有することが報告されており²⁻⁵⁾、複数の国際ガイドラインでセミノーマの化学療法後残存腫瘍の評価に対し FDG-PET が推奨されている。一方で、FDG-PET では偽陽性が多いとの報告も散見される⁶⁻⁹⁾。2014 年に発表されたシステムティック・レビューによると、プール解析の結果、FDG-PET の感度、特異度、陽性的中率、陰性的中率はそれぞれ 78%、86%、58%、94% であったと報告されている¹⁰⁾。これまでに報告されている FDG-PET の陰性的中率はおおむね 90% 以上と高いことから^{1, 2, 4-7)}、化学療法後 6 週間以降に FDG-PET 陰性であれば残存腫瘍径が 3 cm 以上であっても viability のある腫瘍が残存している可能性は低いと考えられ、追加治療回避を考えてよい。陽性的中率は報告によって 23～100% とばらつきがあるが、2018 年に発表された FDG-PET 陽性の残存腫瘍 90 例を検討した報告によると、陽性的中率は 23% と低く、腫瘍径 3 cm 以上の症例に限っても 22% であった⁹⁾。したがって、FDG-PET 陽性の所見のみで積極的な追加治療を行うことには慎重になる必要があり、EAU（European Association of Urology）の最新のガイドラインでも腫瘍の増大がなければ FDG-PET あるいは CT でフォローアップすることを推奨している。

非セミノーマ性精巣腫瘍において、2000 年発表の 641 例の前向き多施設共同研究によると、化学療法後の CT での残存腫瘍の径が小さいほど、また縮小率が高いほど術後壊死組織のみであった割合が高かった¹¹⁾。しかし、残存腫瘍の径が 9 mm 以下の場合で 28%、径の縮小率が 85% 以上の場合で 20% に viability のある腫

瘍（奇形腫あるいは癌）の残存が認められた。さらに2003年に、BEP療法後の残存病変の径が20mm以下の87例に対しRPLNDを行った結果、33%にviabilityのある腫瘍を認めたと報告された¹²⁾。したがって、非セミノーマにおいては化学療法後残存腫瘍の径が小さくてもviabilityのある腫瘍が残存する可能性は比較的高いといえる。

非セミノーマに対する化学療法後のFDG-PET評価に関しては2008年に全例で結果を組織学的に確定した前向き多施設共同研究が行われ、感度、特異度、陽性的中率、陰性的中率はそれぞれ70%、48%、59%、51%であり、正診率は56%であった。CTの正診率は55%、腫瘍マーカーの正診率は56%であり、CTおよび腫瘍マーカーにFDG-PETを加えても、術後組織予測に関する付加情報は得られないという結果であった¹³⁾。他の検討でも、FDG-PETでは成熟奇形腫の残存が偽陰性になるという問題が指摘されており¹⁴⁾、FDG-PETの使用は他国のガイドラインでも推奨されていない。

■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMedによりtesticular, testis, germ cell tumor, tumor, cancer, carcinoma, seminoma, nonseminoma, CT, PETのキーワードを用いて検索し、採択した文献からさらに参考文献を取捨選択した。

また、下記を二次資料として参考にした。

- 1) Laguna MP et al : EAU guidelines on testicular cancer 2020. European Association of Urology, 2020
- 2) Gilligan T et al : NCCN Guidelines[®] : testicular cancer ver 2. 2021. National Comprehensive Cancer Network, 2021

| 文献 |

- 1) Bachner M et al : 2-18fluoro-deoxy-D-glucose positron emission tomography (FDG-PET) for postchemotherapy seminoma residual lesions : a retrospective validation of the SEMPET trial. *Ann Oncol* 23 : 59-64, 2012
- 2) De Santis M et al : Predictive impact of 2-18fluoro-2-deoxy-D-glucose positron emission tomography for residual postchemotherapy masses in patients with bulky seminoma. *J Clin Oncol* 19 : 3740-3744, 2001
- 3) Becherer A et al : FDG PET is superior to CT in the prediction of viable tumour in post-chemotherapy seminoma residuals. *Eur J Radiol* 54 : 284-288, 2005
- 4) Ambrosini V et al : 18F-FDG PET/CT impact on testicular tumours clinical management. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 41 : 668-673, 2014
- 5) De Santis M et al : 2-18fluoro-deoxy-D-glucose positron emission tomography is a reliable predictor for viable tumor in postchemotherapy seminoma : an update of the prospective multicentric SEMPET trial. *J Clin Oncol* 22 : 1034-1039, 2004
- 6) Hinz S et al : The role of positron emission tomography in the evaluation of residual masses after chemotherapy for advanced stage seminoma. *J Urol* 179 : 936-940, 2008
- 7) Siekiera J et al : Can we rely on PET in the follow-up of advanced seminoma patients? *Urol Int* 88 : 405-409, 2012
- 8) Decoene J et al : False-positive fluorodeoxyglucose positron emission tomography results after chemotherapy in patients with metastatic seminoma. *Urol Oncol* 33 : 23.e15-23.e21, 2015
- 9) Cathomas R et al : Questioning the value of fluorodeoxyglucose positron emission tomography for residual lesions after chemotherapy for metastatic seminoma : results of an International Global Germ Cell Cancer Group registry. *J Clin Oncol* 36 : 3381-3387, 2018
- 10) Treglia G et al : Diagnostic performance of fluorine-18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in the postchemotherapy management of patients with seminoma : systematic review and meta-analysis. *Biomed Res Int* 2014 : 852681, 2014
- 11) Steyerberg EW et al : Retroperitoneal metastases in testicular cancer : role of CT measurements of residual masses in decision making for resection after chemotherapy. *Radiology* 215 : 437-444, 2000
- 12) Oldenburg J et al : Postchemotherapy retroperitoneal surgery remains necessary in patients with nonseminomatous testicular cancer and minimal residual tumor masses. *J Clin Oncol* 21 : 3310-3317, 2003
- 13) Oechsle K et al : [18F] Fluorodeoxyglucose positron emission tomography in non seminomatous germ cell tumors after chemotherapy : the German multicenter positron emission tomography study group. *J Clin Oncol* 26 : 5930-5935, 2008
- 14) De Santis M et al : The role of positron emission tomography in germ cell cancer. *World J Urol* 22 : 41-46, 2004

BQ 77

副腎腺腫の診断において推奨される画像検査は何か？

ステートメント

単純 CT および造影ダイナミック CT を強く推奨する。

chemical shift MRI は、単純 CT より高い感度を有しており、推奨する。

背景

近年、画像診断の発達・普及に伴い、他の目的で施行された画像検査において副腎に腫瘍性病変が偶然発見される（偶発腫）ことが少なくない。副腎偶発腫の頻度は CT 検査件数の 5%程度と報告されている^{1,2)}。副腎偶発腫の約 75%が副腎腺腫であり²⁾、副腎腫瘍の鑑別診断においては副腎腺腫の診断が重要となる。本稿では、副腎腺腫の診断に通常用いられる CT および chemical shift MRI について概説する。

解説

CT および MRI による副腎腺腫の診断は、主として脂質の有無と造影パターンによる 2つのアプローチによりなされる。腺腫は細胞内の豊富な脂質の存在により、単純 CT で転移性腫瘍よりも低い吸収値を呈する。メタアナリシスでは、腫瘍内の平均 CT 値<10 HU を腺腫とした場合、感度 71%および特異度 98%と報告されている³⁾。この診断基準は ACR Appropriateness Criteria[®]においても採用されている（二次資料 1）。平均 CT 値<10 HU を診断基準として用いると、約 70%の腺腫が単純 CT にて診断可能となる³⁾。平均 CT 値以外の手法として、腫瘍内の全てのピクセルの CT 値をヒストグラム解析し、CT 値<0 HU のピクセルが 10%以上もしくは CT 値の 10 パーセンタイル（=平均 CT 値-[1.282×標準偏差]）<0 HU を腺腫とした場合の感度は 84~91%と報告されている⁴⁻⁶⁾。これら単純 CT で腺腫の診断が可能であった場合、追加の画像検査は不要となる⁷⁾。

副腎腺腫は転移性腫瘍と比較し、線維性間質の少ない髄様系腫瘍の特徴を反映し、造影剤の流出率が高い。ダイナミック CT を用いた造影剤流出率は、①単純 CT がある場合：（早期相の CT 値-後期相の CT 値）÷（早期相の CT 値-造影前の CT 値）、②単純 CT がない場合：（早期相の CT 値-後期相の CT 値）÷（早期相の CT 値）により定量的に計測される。造影 1 分（早期相）および 15 分後（後期相）の画像を用いると、単純 CT にて副腎腺腫と診断できなかった腫瘍（平均 CT 値>10 HU）の診断能は、①単純 CT がある場合（造影剤流出率>60%）で感度 86%と特異度 92%、②単純 CT がない場合（造影剤流出率>40%）で感度 77~82%と特異度 89~92%と報告されている^{8,9)}。

脂質の検出という点においては chemical shift MRI は CT より感度が高く、特に少量の脂質の検出に優れている。in phase と比較して、opposed phase で明らかな信号低下を視覚的に認める場合は脂質の存在が示唆され、腺腫と診断可能である^{10,11)}。定量的評価としては、①腫瘍の信号低下率 [(tumor signal intensity on in phase-tumor signal intensity on opposed phase)÷tumor signal intensity on in phase]、②腫瘍・脾信号比 (tumor to spleen signal intensity on opposed phase÷tumor to spleen signal intensity on in phase) を算出する手法が用いられる。腫瘍の信号低下率が 16.5%以上もしくは腫瘍・脾信号比が 71%以下を腺腫とした場合、感度 81~100%、特異度 94~100%で診断可能である^{1,5,12)}。メタアナリシスでは定性と定量的評価の診断能に差はないとされている¹³⁾。また、腫瘍の信号低下率のカットオフ値を 20%とした場合、単純 CT にて副腎腺腫の診断が得られなかった腫瘍（CT 値>10 HU）の感度は 67%、特異度は 100%であり¹⁴⁾、chemical shift MRI は CT ヒストグラムより診断能が高い¹⁵⁾。chemical shift MRI とダイナミック CT の診断能を比較した報告においては、単純 CT にて副腎腺腫の診断が得られなかった腫瘍（平均 CT 値>10 HU）における、ダイナ

ミック CT の正診率は 88.1% (感度 91.7%, 特異度 74.8%), chemical shift MRI の正診率は 73.6% (感度 67.1%, 特異度 88.7%) で, ダイナミック CT が有用であったと報告されている¹⁶⁾。したがって, 単純 CT にて診断が得られない腫瘍における chemical shift MRI の診断能には限界があるが^{14,17)}, 単純 CT 同様, 特異度の高い非侵襲的検査として推奨される。

以上の脂質検出ならびに造影パターンを用いたいずれの診断法においても, 副腎皮質癌, 淡明細胞腎細胞癌, 肝細胞癌や褐色細胞腫などは偽陽性例があるため¹⁸⁻²¹⁾, 既往歴, 腫瘍の大きさ, 増大傾向, などの臨床情報にも注意する。

拡散強調像に関しては, chemical shift MRI で診断困難な副腎腫瘍に対して, ADC 値 $>1.50 \pm 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ の病変は腺腫である可能性が高いとの報告がある²²⁾。しかしながら, 腺腫の ADC 値は悪性腫瘍のそれより低いとする逆の結果の報告²³⁾ や腺腫と転移性腫瘍の ADC 値に有意な差は見られないとする報告もあり²⁴⁾, 結論には至っていない。

■ 検索キーワード・参考にした二次資料

PubMed により adrenal, adrenocortical, adenoma, mass, tumor, incidentaloma, pheochromocytoma, imaging, metastasis, computed tomography, magnetic resonance imaging, positron emission tomography のキーワードを用いて検索し, さらに取捨選択した。

また, 下記を二次資料として参考にした。

- 1) Choyke PL et al : ACR Appropriateness Criteria[®] : incidentally discovered adrenal mass. J Am Coll Radiol 3 : 498-504, 2006

| 文献 |

- 1) Boland GW et al : Incidental adrenal lesions : principles, techniques, and algorithms for imaging characterization. Radiology 249 : 756-775, 2008
- 2) Song JH et al : The incidental adrenal mass on CT : prevalence of adrenal disease in 1,049 consecutive adrenal masses in patients with no known malignancy. AJR Am J Roentgenol 190 : 1163-1168, 2008
- 3) Boland GW et al : Characterization of adrenal masses using unenhanced CT : an analysis of the CT literature. AJR Am J Roentgenol 171 : 201-204, 1998
- 4) Ho LM et al : Lipid-poor adenomas on unenhanced CT : does histogram analysis increase sensitivity compared with a mean attenuation threshold? AJR Am J Roentgenol 191 : 234-238, 2008
- 5) Halefoglu AM et al : Differentiation of adrenal adenomas from nonadenomas using CT histogram analysis method : a prospective study. Eur J Radiol 73 : 643-651, 2010
- 6) Rocha TO et al : Histogram analysis of adrenal lesions with a single measurement for 10th percentile : feasibility and incremental value for diagnosing adenomas. AJR Am J Roentgenol 211 : 1227-1233, 2018
- 7) Garrett RW et al : Adrenal incidentalomas : clinical controversies and modified recommendations. AJR Am J Roentgenol 206 : 1170-1178, 2016
- 8) Caoili E M et al : Adrenal masses : characterization with combined unenhanced and delayed enhanced CT. Radiology 222 : 629-633, 2002
- 9) Marty M et al : Diagnostic accuracy of computed tomography to identify adenomas among adrenal incidentalomas in an endocrinological population. Eur J Endocrinol 178 : 439-446, 2018
- 10) Korobkin M et al : Characterization of adrenal masses with chemical shift and gadolinium-enhanced MR imaging. Radiology 197 : 411-418, 1995
- 11) Mitchell DG et al : Benign adrenocortical masses : diagnosis with chemical shift MR imaging. Radiology 185 : 345-351, 1992
- 12) Fujiyoshi F et al : Characterization of adrenal tumors by chemical shift fast low-angle shot MR imaging : comparison of four methods of quantitative evaluation. AJR Am J Roentgenol 180 : 1649-1657, 2003
- 13) Platzek I et al : Chemical shift imaging for evaluation of adrenal masses : a systematic review and meta-analysis. Eur Radiol 29 : 806-817, 2019

- 14) Haider MA et al : Chemical shift MR imaging of hyperattenuating (>10 HU) adrenal masses : does it still have a role? *Radiology* 231 : 711-716, 2004
- 15) Jhaveri KS et al : Comparison of CT histogram analysis and chemical shift MRI in the characterization of indeterminate adrenal nodules. *AJR Am J Roentgenol* 187 : 1303-1308, 2006
- 16) Koo H J et al : The value of 15-minute delayed contrast-enhanced CT to differentiate hyperattenuating adrenal masses compared with chemical shift MR imaging. *Eur Radiol* 24 : 1410-1420, 2014
- 17) Park BK et al : Comparison of delayed enhanced CT and chemical shift MR for evaluating hyperattenuating incidental adrenal masses. *Radiology* 243 : 760-765, 2007
- 18) Patel J et al : Can established CT attenuation and washout criteria for adrenal adenoma accurately exclude pheochromocytoma? *AJR Am J Roentgenol* 201 : 122-127, 2013
- 19) Choi YA et al : Evaluation of adrenal metastases from renal cell carcinoma and hepatocellular carcinoma : use of delayed contrast-enhanced CT. *Radiology* 266 : 514-520, 2013
- 20) Heye S et al : Adrenocortical carcinoma with fat inclusion : case report. *Abdom Imaging* 30 : 641-643, 2005
- 21) Moosavi B et al : Intracellular lipid in clear cell renal cell carcinoma tumor thrombus and metastases detected by chemical shift (in and opposed phase) MRI : radiologic-pathologic correlation. *Acta Radiol* 57 : 241-248, 2016
- 22) Sandrasegaran K et al : Characterization of adrenal masses with diffusion-weighted imaging. *AJR Am J Roentgenol* 197 : 132-138, 2011
- 23) Song J1 et al : Utility of chemical shift and diffusion-weighted imaging in characterization of hyperattenuating adrenal lesions at 3.0T. *Eur J Radiol* 81 : 2137-2143, 2012
- 24) Tsushima Y et al : Diagnostic utility of diffusion-weighted MR imaging and apparent diffusion coefficient value for the diagnosis of adrenal tumors. *J Magn Reson Imaging* 29 : 112-117, 2009