

総説

男性泌尿生殖器のMRI

杉村 和朗・楫 靖・吉廻 毅・今岡いづみ

島根医科大学 放射線科

Abstract

Prostatic carcinoma is recently increasing incidence in the Japanese male. Nevertheless, it is potentially curable if detected early and treated appropriately. Treatment options vary depending on the stage of the cancer. MRI has no role as a screening method for prostatic carcinoma because it is expensive, time consuming, and unable to differentiate benign from malignant tumors. MRI is becoming the imaging modality of choice for local staging of prostatic carcinoma and is rapidly replacing CT and ultrasonography for this purpose. Treatment protocols for bladder carcinoma also depend on the stage of the tumor. Clinical staging of bladder carcinoma has been limited. MRI is as good as or better than CT in bladder tumor staging when extravescical tumor involvement is present or tumors confined to the bladder. MRI also has the potential to become useful in the evaluation of male extragenital disease.

抄録

前立腺、膀胱の正常像、および悪性腫瘍の検出、病期診断を中心に、男性泌尿生殖器におけるMRIの有用性について述べた。前立腺の診断において、MRIはZonal anatomyを描出するため、癌、BPHの診断に役立つ。膀胱においても、癌のステージングに有用である。その他精巣、陰茎といった男性外生殖器の診断においても、MRIによって、従来の画像診断法と同等、ないしはそれ以上の情報が得られる。

はじめに*

MRIは、その優れたコントラスト分解能により、骨盤内臓器の診断に大きなインパクトを与えた。また撮像時間の短縮によるDynamic MRIの応用や、Endorectal Surface Coil、Phased Array Coilを用いた高分解能画像による診断など、現在も進歩し続けている。本稿では前立腺、膀胱の正常像、および悪性腫瘍の検出、病期診断を中心に、男性泌尿生殖器におけるMRIの有用性について述べる。

前立腺・精囊

(1)正常解剖とMRI像(図1)

前立腺は下に頂点を有する円錐形をした臓器である。頭側の前立腺基部は膀胱底部に、尾側の前立腺尖部は外尿道括約筋に接する。前立腺の外側は前立腺周囲静脈叢で肛門挙筋および内閉鎖筋と、背側はDenonvillier筋膜で直腸と境界される。Denonvillier筋

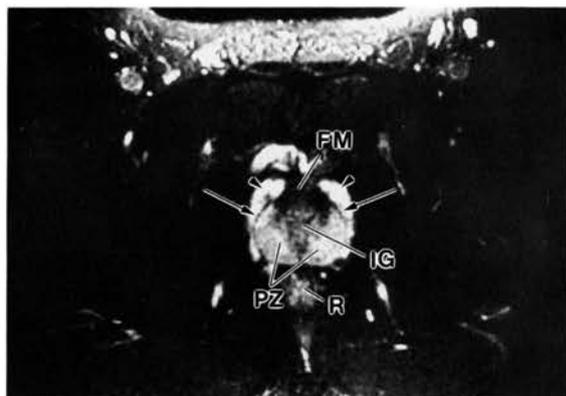


図1：正常前立腺MRI像(40歳)

脂肪抑制法併用T2強調横断像(phased array coil像)

T2強調像で前立腺は、低輝度のinner gland (IG: transition zone とcentral zone) と、その外側の高輝度を呈するPeripheral zone(PZ)に大きく分けられる。ただし青年期まではPZはIGよりわずかに輝度が高い程度である。前方には低輝度のAnterior fibromuscular stroma (FM)が見られる。phased array coil像による観察では、前立腺被膜(←)、前立腺周囲静脈叢(矢頭)がより明瞭に描出される。R: 直腸。

膜は腹膜反転の癒合によって形成される。このため前立腺と直腸に接する面は非常に厚い構造となっている^{1, 2, 3}。なお精囊は前立腺の頭側、膀胱の背側に左右対称に位置する。

前立腺は組織学的に大きくわけてtransition zone、central zone、peripheral zoneの3つに分かれる。transition zoneは前立腺部尿道の左右に位置し、前立



図2：前立腺膿瘍（53歳）

T2強調横断像

inner glandは多房性膿瘍（←）のため著しく腫大している。穿刺により粘稠度の低い膿汁が得られた。

腺組織の5%を占める。central zoneは射精管周囲をかこむような形で存在する前立腺組織で、前立腺組織の25%を占める。peripheral zoneは外側および背側に存在し約70%を占める^{2, 4)}。

前立腺はT1強調画像では均一な中等度の輝度として描出され、内部構造は認められない。一方T2強調画像で前立腺はtransition zoneとcentral zone（合わせてinner glandと呼ぶ）が低輝度に、それを取り囲むように後方から外側に、均一高輝度のperipheral zoneが描出される。

T2強調画像でfibromuscular stromaから前立腺周囲に連続する、低輝度の被膜様構造を認めることがある。この構造は躯幹コイルを用いた場合でも半数程度に認められる。前立腺被膜は1mm以下なので被膜だけが描出されたものではなく、前立腺被膜と前立腺周囲の間質組織が混合して描出されているものと考えられる。Endorectal Surface Coilを用いることにより、この構造はより明瞭になる^{5, 6, 7)}。

前立腺周囲にはT2強調画像で高信号に描出される前立腺周囲静脈叢がある。神経血管束は緩徐な血流によりT2強調画像では高信号、T1強調画像では脂肪による高信号の中に血流による低信号が混在した、3角形の構造として前立腺両背側に認められる。神経血管束は前立腺癌浸潤の目安になること、また機能温存手術に際して重要になるためその評価は重要である^{8, 9)}。

精嚢は前立腺の後上方に、T1強調画像では均一な輝度の、T2強調画像では高輝度分葉状臓器として認められる。輝度および大きさは精嚢が男性ホルモン

依存臓器であることを反映して年齢と共に変化する。特に高齢者では精嚢分泌液の減少、精嚢壁の肥厚により短径の減少、T2強調画像における輝度の低下を来す^{10, 11, 12)}。また泌尿器科疾患に対する手術後、直腸癌術後に精嚢の位置が大きく偏位することがあり注意を要する。

(2) 疾患

a. 先天異常

前立腺の先天異常は泌尿生殖器系の奇形に複合して発生することが多い。その診断には尿路造影を含めた総合的な評価が必要になる。先天異常のうち主として嚢胞性疾患がMRIの対象となる。前立腺嚢胞には先天性として前立腺小室嚢胞(prostatic utricle cyst)、ミューラー管嚢胞がある¹³⁾。いずれもミューラー管の退行異常に起因する。前立腺小室嚢胞は通常小児期に発生し症状を伴わない。また他の奇形を合併することが多い。一方ミューラー管嚢胞は中年男性に発見されることが多く、しばしば前立腺肥大症様の症状を呈する。他の尿路奇形は合併しないことが多い。いずれも前立腺正中部に発生する。基本的にT1強調画像で低輝度、T2強調画像で高輝度を呈するが、嚢胞内容により特にT1強調画像では多彩な輝度を呈する。なお後天性として炎症性および貯留性嚢胞があるが、多くは外側に生じる。

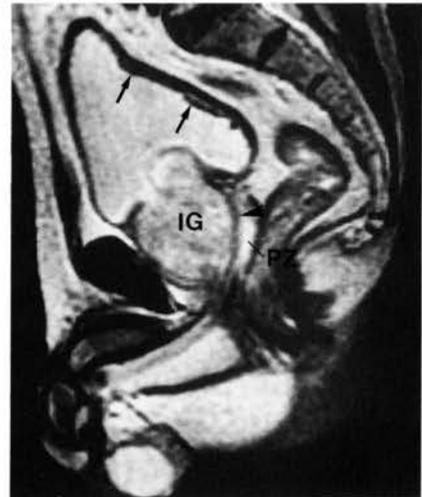


図3：前立腺肥大症（膀胱内突出型、いわゆる中葉肥大）（67歳） T2強調矢状断像

inner gland(IG)は著明に腫大し膀胱内に突出している。Peripheral zone(PZ)はBPH結節に圧迫され、外科的被膜(矢頭)が明瞭。慢性膀胱炎による肉柱が軽度見られる(←)。

表1 MRIによる前立腺癌の病期診断

Whitmore-Jewett	TNM	定義	MR所見
A	T1	触知しない癌	
B	T2	前立腺被膜内に限局	T2強調画像でperipheral zone内に限局性の低輝度
B1	T2A	片葉<1.5 cm	片葉に限局し1.5cm以下
B2	T2B	片葉>1.5 cm あるいは両葉	片葉に限局し1.5cm以上、あるいは両葉
C	T3	前立腺被膜をこえる	腫瘍部位に一致した表面の不整、傍前立腺静脈叢の異常、神経血管束の異常
C1		被膜浸潤	
C2		精囊浸潤	T2強調画像で精囊の非対称および低輝度
	T4	周囲臓器浸潤	筋層の断裂、明らかな浸潤像、脂肪の消失
D		転移	
D1		骨盤リンパ節転移	1cm以上の骨盤リンパ節腫大
D2		遠隔転移	骨ないし他臓器の転移所見

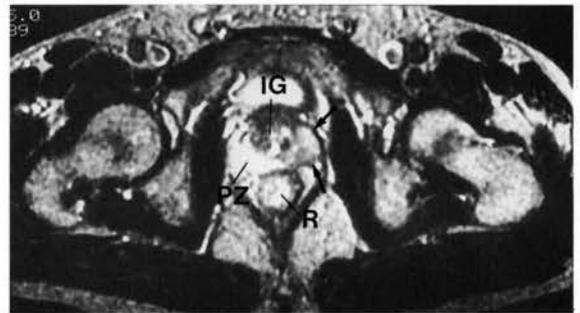


図4：前立腺癌（局所ステージB 2）（72歳）
T2強調横断像

右のPeripheral zone(PZ)は正常高輝度を呈しているが、左は全体に低輝度腫瘍で占められている(←)。腫瘍とinner gland(IG)は同程度の輝度であるため、その境界は不明瞭である。R：直腸。

b. 炎症性疾患 (図2)

前立腺炎自体がMRIの適応となることは無いが、慢性前立腺炎の場合臨床上前立腺癌との鑑別が必要な場合がある。病巣は病理学的特徴を反映して、T2強調画像で多数の高輝度病巣として描出される。しかしながら正常でもperipheral zoneは高輝度を呈するため、病巣を検出できないことが多い。Gd-DTPAで病巣が造影されることがあるが、必ずしも普遍的な所見ではない¹⁴⁾。

前立腺膿瘍は急速に悪化することがあるため、早期に正確な診断を行ないドレナージを始めとする治療を行なう必要がある。膿瘍の診断には超音波が有用であるが、MRIは液性成分の性状、病巣の正確な広がり診断に役立つ。また治療経過の観察、治療後の前立腺の状態の把握にも有用である¹⁵⁾。

c. 前立腺肥大症 (図3)

前立腺肥大症のうち、腺組織型はT2強調画像で不均一低から高輝度の腫大した結節がinner gland内にみられる。腫大した結節はperipheral zoneを圧迫し、結節との間に偽被膜である低輝度の外科的被膜を形成する。peripheral zoneは外科的被膜の外側で菲薄化しているが、正常高輝度は保たれる。T1強調画像では腫大して膀胱内へ突出した均一低輝度の前立腺と、慢性膀胱炎に基づく均一な壁肥厚および肉柱形成として描出される。一方間質型の場合は組織学的特徴を反映して、T2強調画像では不均一等から低輝度に描出され通常外科的被膜を認めない。前立腺肥大症の多くは間質型と腺組織型が様々な程度で混在している。このため、それらが含まれる割合によって各々の特徴的所見を呈する^{16, 17, 18)}。

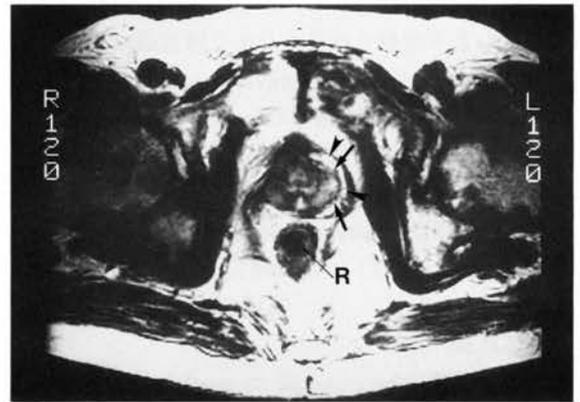


図5：前立腺癌（局所ステージC 1）（64歳）
T2強調横断像（phased array coil像）

左側の前立腺被膜(←)、前立腺周囲静脈叢(矢頭)は明瞭に描出されているが、右側では消失している。R：直腸。

前立腺の大きさと症状は必ずしも比例しないが、前立腺のなかに占めるtransition zoneの割合が大きいく程、また外科的被膜が厚く明瞭な程尿路狭窄症状が強い傾向がある。また膀胱内への腫瘍の膨隆が1.5 cmを越える場合、ほとんどの例で高度の尿路狭窄症状を呈する¹⁶⁾。そこでT2強調横断画像、および矢状断像でこれらを評価しておくことが、重要である¹⁹⁾。

d. 前立腺癌 (表1) (図4, 5, 6)

前立腺癌の70%はperipheral zoneを、20%はtransition zoneを、残り10%がcentral zoneを発生母地とする⁴⁾。peripheral zoneに存在する癌は殆どの場合、T2強調画像で高信号の中の低信号病巣として描出さ

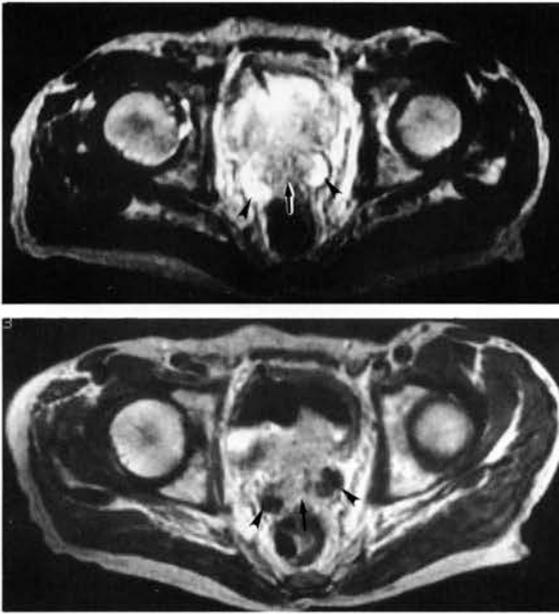


図6：前立腺癌精嚢浸潤（中心型）（82歳）

（上）A：T2強調横断像

（下）B：T1強調Gd-DTPA 造影横断像

精嚢両外側は正常輝度を呈している（矢頭）が、中心部はT2強調像で低輝度、Gd投与にて造影される（←）。

れる。躯幹コイルを用いた場合10mm程度の病巣の約70%が、15mm以上の約90%が検出できる²⁰⁾。T1強調画像で腫瘍は周囲の正常前立腺組織とはほぼ等輝度を呈するため病巣を同定できない。

一方transition zone およびcentral zoneに発生した癌は、高頻度に併存する前立腺肥大症とT2強調画像で同様の輝度を呈しほとんど検出できない。前立腺肥大症を疑い治療目的に施行した前立腺摘除術ないしTURP後の組織診で、偶然癌が発見された場合ステージA癌に分類される。ステージA癌の多くは前立腺の腹側寄り、主としてtransition zone およびcentral zoneを発生母地としている²¹⁾。そこで前立腺癌発生率の30%を占め、ステージA癌の重要な発生部位であるtransition zone およびcentral zone由来の癌の検出が今後の大きな課題である²²⁾。

Gd-DTPAで腫瘍は造影されるとする報告もあるが、必ずしも一定していない。周辺のperipheral zoneよりも造影されないこともある。前立腺肥大症との造影度の差もなく、inner gland発生癌の発見にGd-DTPA造影は役立たない⁸⁾。

癌が前立腺被膜内に限局している場合stage Bに分

類される。被膜浸潤の判定を行なう上で、前立腺周囲の低輝度被膜様構造の消失は決定的な意義を持たない。そこで被膜浸潤の有無は、前立腺辺縁の腫瘍による膨隆ないし不整、前立腺周囲静脈叢の異常、神経血管束の低信号といった間接所見で診断する^{7, 8, 9)}。

腫瘍が前立腺被膜を越えて広がるが、リンパ節転移および遠隔転移が見られない場合をstage Cに分類される。精嚢はT2強調画像で高輝度小葉状構造として明瞭に描出される。精嚢浸潤部位ではT2強調画像で正常高輝度が消失し低輝度に変化する¹⁰⁾。糖尿病、加齢、アミロイドーシスで正常精嚢が低輝度を呈することがある。浸潤癌病巣はGd-DTPAで造影されるが、非腫瘍病巣は造影されず鑑別に役立つ¹²⁾。

前立腺癌が精嚢に浸潤する経路として、射精管、神経血管束および転移の3種類がある。射精管型では精嚢中央部が、神経血管束型では精嚢外側が、転移型では精嚢内に孤立して低輝度病巣が見られる。膀胱浸潤は、T2強調画像で認められる低輝度の膀胱筋層の腫瘍による消失として診断できる。直腸についても同様に、筋層の低輝度線の消失に加えて脂肪組織の消失として診断できる。

骨盤リンパ節に転移がある場合stage D1に、骨あるいは他臓器に遠隔転移がある場合、stage D2に分類される。リンパ節転移の有無は治療方針に大きな影響を与えるため、その評価は重要である。MRIでもCTと同様1cm以上の腫大リンパ節を転移と診断している。腫大リンパ節の検出においてCTとMRIの間に大きな差はない。遠隔転移のうち骨への転移頻度が最も高く、末期症例の85%に骨転移が見られる。前立腺癌の骨転移のうち80%はosteoblasticなパターンを呈する。また骨シンチグラフィでもbeautiful bone scanといわれる特徴的な所見を示すことが多い⁸⁾。

ほとんどの前立腺癌は高齢者に生じる。そこで骨髄は脂肪髄化しており、T1強調画像で高輝度を呈する。前立腺癌の転移も他の腫瘍と同様骨髄に始まる。そこで転移病巣はT1強調画像で高輝度の脂肪髄中の低輝度病巣として明瞭となる。ただし他の腫瘍に比べて高頻度にびまん性骨髄転移を生じるため、骨髄全体が低輝度を呈することがある。このような場合病巣は脂肪抑制画像で椎間板と同程度の高輝度に、またGd-DTPAでは造影され診断に役立つ²³⁾。

膀胱

(1) 正常解剖とMR像

膀胱は翻転した腹膜の下面に接して存在する腹膜外臓器で、伸展した状態では卵円形を呈することが多いが、尿の充満度や隣接臓器からの圧排の程度により大きく変化する。天蓋部は腹膜に覆われており、腸管、子宮体部と隣接している。底部は上部のみ腹膜に覆われ、下部は男性では精囊、精管膨大部およびDenonvillier筋膜で、女性では子宮と腔を介して直腸と隔てられている。側壁も上部のみが腹膜に覆われ、下部は膀胱静脈叢、膀胱周囲脂肪織と接し、その外側に肛門挙筋、内閉鎖筋が連続する。前壁は腹膜に覆われておらず、豊富な脂肪と静脈叢を含むretropubic fat pad (Retzius 腔)を介して恥骨に接している²⁾。

膀胱筋層および尿はT1強調画像でいずれも低輝度に描出され、分離できないことが多い。しかしfat-saturation法により、膀胱壁は尿、膀胱周囲脂肪織と分離され明瞭となる。この壁の厚さは、全層(粘膜、粘膜下層、筋層)を表している。一方、T2強調画像では尿は高輝度に、膀胱筋層は低輝度に描出されるため、T2強調画像が筋層評価に最も有用である。粘膜および粘膜下層は尿が高輝度であるため、同定できない。T2強調画像では周波数エンコード方向にchemical shift artifact が出現するため、一方では膀胱壁が薄く、反対側では厚く描出される²⁴⁾。

Gd-DTPA投与後ダイナミックスキャンを行なうと、まず粘膜下層が、それに引き続いて造影される筋層が認められる²⁵⁾。その後膀胱中に排泄されたGd-DTPAがその濃度によって層をなして見られる。

(2) 疾患

a. 先天異常

膀胱の先天異常には重複膀胱、膀胱外反症、膀胱憩室などがあり、他の尿路系の異常を伴うことが多い。膀胱憩室はT2強調画像で、膀胱と連続した筋層内に高輝度の尿が貯留した腔として見られる。また膀胱憩室に起因した排尿障害に基づく慢性膀胱炎は、内腔の不整ないし肥厚として認められる。尿膜管の異常としては、尿膜管が全長にわたり遺残する尿膜管瘻、臍側または膀胱側の内腔が残った尿膜管洞、臍及び膀胱との交通はないが一部内腔が開存している尿膜管嚢腫がある^{24, 26, 27)}。また尿膜管からは腺癌が発生することがあり先天異常とともに

表2 MRIによる膀胱癌の病期診断

TNM	定義	MR所見
Tis	表在癌	腫瘍を指摘できない
T1	表在癌 : 粘膜および粘膜下層	T2強調画像で筋層の低輝度線が保たれている dynamic MRIで浸染される腫瘍の筋層内浸潤を認めない
T2	浅層筋層浸潤	T2強調画像で筋層の低輝度線が保たれている dynamic MRIで浸染される腫瘍の筋層内浸潤を認める
T3	T3a 深層筋層浸潤	T2強調画像で筋層の低輝度線が腫瘍により断裂 T1およびT2強調画像で周囲脂肪織への浸潤を認めない
	T3b 周囲脂肪織浸潤	T2強調画像で筋層の低輝度線が腫瘍により断裂 T1ないしT2強調画像で周囲脂肪織への浸潤を認める
T4	周囲臓器浸潤	精囊、前立腺、直腸への腫瘍浸潤像
N	リンパ節転移	1cm以上の骨盤リンパ節腫大
M	遠隔転移	骨ないし他臓器への転移

MRIがその診断に役立つ^{24, 26, 27, 28)}。

b. 炎症性疾患

BPHの排尿障害に伴う膀胱壁の肥厚、肉柱形成は膀胱筋層と等輝度の肥厚として描出される。この所見は特にT1強調画像で明瞭となる。膀胱と膀胱外腫瘍の癒着および慢性的圧迫による膀胱粘膜の浮腫は、特にプロトン密度強調画像で粘膜の高信号として見られる。放射線による変化は多彩で、粘膜の変化から瘻孔まで多彩な像を呈する^{29, 30)}。特にT2強調画像は放射線による組織学的な変化を良く反映する²⁹⁾。最初の変化はT2強調画像で膀胱三角部の高輝度として、次いで膀胱粘膜全体の浮腫として描出する。この変化は粘膜および粘膜下層に限局しており、筋層および膀胱周囲組織の変化は伴わない。その後膀胱壁の肥厚が生じる。これは主として膀胱周囲組織の炎症性変化と粘膜の浮腫にもとづいており、筋層の肥厚は少ない。T1強調画像で認



図7: 膀胱癌 (pT2) (50歳)

T2強調横断面像

乳頭状腫瘍(←)による筋層断裂は認めず、腫瘍が深層筋層まで浸潤していないことが明瞭(矢頭)。

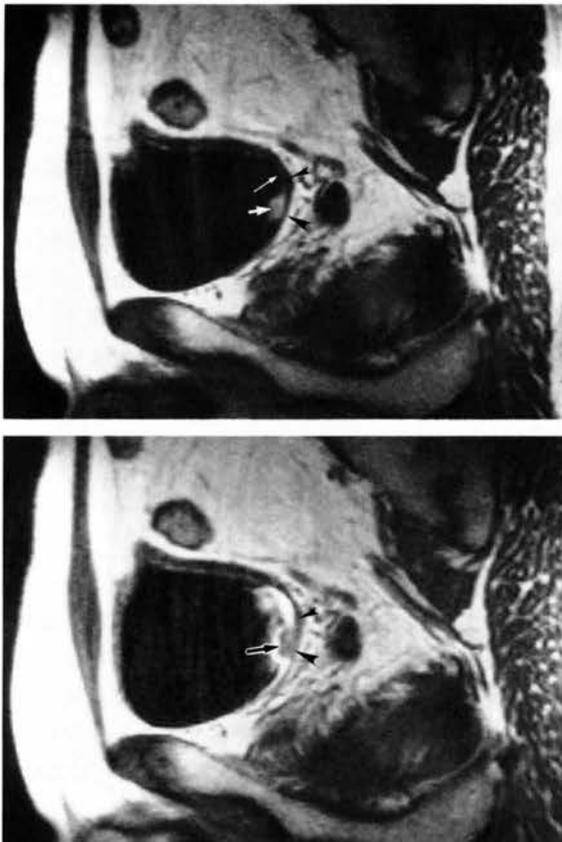


図8：膀胱癌 (pT1) (60歳)

(上) A：dynamic MRI(1分35秒後)

(下) B：dynamic MRI(3分10秒後)

ダイナミック早期(A)では、腫瘍(太矢印)と粘膜下層(←)だけが造影され、筋層(矢頭)は造影されず、筋層への深達度診断に役立つ。本例では造影される腫瘍は、筋層内に浸潤しておらず、T1以下であることがわかる(大阪府立成人病センター放射線科、鳴海善文博士の御好意により掲載)。

める膀胱壁の肥厚は、T2強調画像で高輝度の肥厚した膀胱周囲組織と低輝度を保つ筋層、および高輝度の粘膜および粘膜下層の3層にわかる。またT1強調画像で骨盤内脂肪織の線維化による輝度の低下、T2強調画像で腹膜の肥厚が低輝度に描出される。より高度の炎症は膀胱直腸瘻、膀胱膈瘻、骨盤内筋肉の変化、膿瘍形成をきたす。これらは高輝度の炎症病巣が、低輝度の膀胱筋層を断裂する所見、膀胱内の空気、骨盤内筋肉の高輝度化として見られる。これら高度の変化は45 Gyをしきい値として発生する。

c. 膀胱癌(表2)(図7、8)

T1強調画像で腫瘍は尿よりやや高輝度、周囲脂肪より低輝度に描出される。腫瘍と膀胱壁は同程度の輝度を呈するため両者を分離出来ない。T2強調画像で腫瘍は膀胱筋層より高輝度に、非常に高輝度の尿より低輝度に描出されるが、尿の輝度が非常に高いため、検出困難なことが多い。そこで基本的にT2強調画像は、他のパルス系列で描出された腫瘍の病期診断のためのパルス系列である。

腫瘍描出能は腫瘍の形態、存在部位に依存している。乳頭状の腫瘍は一般に容易に描出できるが、浸潤性に広がる広基性腫瘍の描出は難しい。腫瘍の大きさが1.0cmあれば確実に、乳頭状であれば5mm程度でも描出できる^{31, 32)}。fat-saturation法を用いると数mmの腫瘍も明瞭に描出できる。原発腫瘍に関しては腫瘍の大きさよりも筋層浸潤の有無、浸潤の深さが予後に大きな影響を与える。T2強調画像で膀胱筋層は低輝度に描出される。腫瘍はT2強調画像で尿より低信号に、筋層より高信号に描出される。そこで腫瘍の存在部位で、この低輝度線が断裂しているかどうか、筋層浸潤診断の程度を判定するうえで最も重要な所見となる。

腫瘍の存在部位でこの低輝度線が断裂している場合、腫瘍が筋層深層まで浸潤している(T3a以上)と診断する。一方腫瘍存在部位でこの低輝度線が肥厚もなく明瞭に認められる場合は、T2以下と診断する。しかし実際はT2以下とT3a以上の鑑別は必ずしも容易ではない。T3aでも深層筋層浸潤が軽度な場合は、断裂所見を呈さないことがある。またT2以下でも炎症が存在する場合には、筋層が肥厚したり輝度が高くなったりすることがあるので注意を要する。またChemical Shift Artifactにより膀胱壁の厚さに変化して見えるため、注意して深達度診断を行わねばならない。

T3bでは低輝度線断裂所見が明瞭に認められる。この所見に加えて周囲脂肪織内に浸潤所見が見られる場合T3bの可能性が高くなる。その場合膀胱周囲の炎症所見、血管、尿管が浸潤所見と紛らわしい場合があるので注意する必要がある。周囲臓器浸潤(T4)のうち顕微鏡的なもの、また軽度の浸潤は診断できない^{33, 34, 35)}。また炎症と腫瘍の鑑別はほとんどの場合できない。膀胱癌の前立腺への浸潤と、前立腺癌の膀胱浸潤はしばしば同様の所見を呈し、これを鑑別することは難しい。

リンパ節転移の診断は腫大をもとにもとに行なう。



図9：陰茎癌（T1）（66歳）

Gd造影T1強調横断像

亀頭（G）に接して不均一輝度を呈する腫瘍が認められる（T）。白膜（矢頭）の断裂はなく、海綿体への浸潤は否定できる。

輝度に基づいた転移リンパ節と、非腫瘍性変化の鑑別はできない。CTと同様1.0から1.5cmに腫大したリンパ節を転移陽性と診断しているが、その診断能はCTと同程度である^{36, 37}。

Gd-DTPAは膀胱壁、腫瘍ともに同程度に造影する。そこで通常の造影像はステージ診断にほとんど寄与しない。Gd-DTPAダイナミックスタディで投与直後に腫瘍が造影され、ついで筋層が造影される事が知られている。そこでこの現象を利用して、Gd-DTPA投与直後に撮像し、腫瘍と筋層を分離して診断しようとする試みが行なわれている。即ち造影される腫瘍とまだ造影されていない筋層の関係に基づいて診断する。即ち腫瘍が筋層に全く影響を及ぼしていなければT1、影響を及ぼしているが筋層が残像している場合はT2、低輝度の筋層を造影された腫瘍が完全に貫通している場合をT3a以上と診断する。本法は二時の変化の少ない小腫瘍、浸潤癌に有用である可能性が高い。

陰 茎

(1) 正常解剖とMRI像

陰茎は両側の陰茎海綿体と、内部を尿道が通る尿道海綿体からなる。陰茎海綿体の後部は左右に開いて脚となり恥骨に付着する。尿道海綿体の後部は腫大して球部となり尿生殖隔膜に付着する。コラーゲン線維からなる白膜(tunica albuginea)が各々の海綿体を包み、その外側をBuck筋膜（陰茎筋膜）が包む。

左右の陰茎海綿体は不完全に分離され交通がある。一方陰茎海綿体と尿道海綿体の間はBuck筋膜で完全に隔てられ交通はない。更にその外側には皮膚との間にColles筋膜があり、陰茎をゆるく包む^{2, 38, 39}。

陰茎海綿体および尿道海綿体はT2強調画像で高輝度に、T1強調画像では筋肉より高輝度、脂肪より低輝度に描出される。Gd-DTPAによって海綿体は強く造影され高輝度を呈し、T2強調画像と類似した画像となる。海綿体を覆う白膜およびBuck筋膜は、海綿体の周囲を取り囲みT1およびT2強調画像のいずれも同様の低輝度を呈し、ほとんどの場合分離できない。

(2) 疾患

a. 外傷

陰茎は勃起時には外傷を受けやすくなる。また交通外傷に際して陰茎が恥骨によってはさまれ、海綿体断裂を来すことがある。急性期の陰茎折症では白膜が断裂し血腫が形成されるが、T2強調画像で高輝度の血腫が低輝度の白膜を断裂する所見を直接描出できる。また尿道損傷を合併していることもあり、その評価と治療方針の決定にMRIは役立つ。器質化した血腫および線維化はT2強調画像で明瞭な低輝度として描出され、その部位、広がりを経験するうえで役立つ⁴⁰。

b. 陰茎癌 (図9)

陰茎亀頭、陰茎尿道に生じた癌は、理学的所見で十分な情報が得られるため、MRIの果たす役割は少ない。一方陰茎脚より中枢側に発生した場合、MRIは他臓器浸潤をはじめとした腫瘍の広がり診断に役立つ。

腫瘍はT1強調画像で海綿体と同等ないし、やや低輝度を示す。T2強調画像は腫瘍を海綿体より低輝度、白膜および横紋筋より高輝度の病巣として描出する。そこでT2強調画像は腫瘍の海綿体浸潤の有無を、明瞭に描出する。腫瘍が尿生殖隔膜を越えて腹腔内に浸潤する場合、T2強調画像がこれを明瞭に描出する^{39, 40, 41}。

精 巣

(1) 正常解剖とMRI像

精巣は発生と共に、腹部から腹腔外の陰囊まで下降する。そこでその発生を知っておくことが、正常解剖、疾患を理解するうえで重要になる。



図10：Fournier壊疽（71歳）

T2強調矢状断像

陰嚢内にガス（矢頭）を伴う液貯留（太矢印）を認める。精巣（←）は正常の輝度を呈している。

後腹壁前面に生殖ひだとして発生した精巣の原基の尾側端は、精巣導帯(gubernaculum testis)に連続する。精巣導帯は外陰部の生殖隆起皮下に付着しているため、胎児の伸長により相対的に短縮し精巣は下降する。精巣は胎生3か月には深ソケイ輪付近に、胎生7か月にはソケイ管内を通過し、8か月末には陰嚢内の最終的位置に達する。下降に際して、腹膜、筋膜が精巣に付着し、精巣鞘膜、内精筋膜、精巣挙筋筋膜、外精筋膜となる⁴²⁾。生下時には3.5%が陰嚢内に下降していないがその後下降し、1年後には0.8%まで減少する^{43、44)}。

正常精巣はT1強調画像で均一な中間輝度に、T2強調画像では均一な高輝度を呈する。その周囲にT1、T2強調画像ともに低輝度の白膜が描出される。精巣上体は精巣の後外側に存在し、T1強調画像では精巣と同程度、T2強調画像では精巣より低輝度を呈する。精巣内に白膜に連続した低輝度の精巣縦隔を認めることがある⁴⁴⁾。

精巣に連続して、高輝度の脂肪内に低輝度の屈曲した精索が認められる。

(2) 疾患

a. 停留精巣

停留精巣は、精巣下降経路に存在するT1強調画像で軟部組織と同等の低輝度、T2強調画像で高輝度の

軟部腫瘍として描出される⁴⁵⁾。T2強調画像の輝度はリンパ節より高いため、両者を鑑別できる。高輝度腫瘍内に低輝度の精巣縦隔、高輝度腫瘍に連続する低輝度の精巣導帯を認める場合は診断がより確実になる。なお停留精巣は時間と共に萎縮、線維化を来す。萎縮ないし線維化が生じた精巣はT1、T2強調画像共に低輝度を呈するため、MRIは精巣の機能診断にも役立つ^{45、46、47)}。

b. 炎症性疾患 (図10)

精巣上体炎はMRIで精巣上体の腫大として描出されるが信号強度の変化はない。精巣炎を合併すれば、T2強調画像で精巣の輝度が低下する。機能のある正常精巣がT2強調画像で高輝度に描出されることを利用して、陰嚢内の膿瘍が精巣におよぼす影響を見ることができる。特にFournier壊疽の様にガスが存在して超音波による情報が少ない場合など、その評価に役立つ⁴⁸⁾。

c. 精巣腫瘍

セミノーマはT2強調画像で精巣より低輝度、プロトン強調画像では精巣と同程度の均一輝度を呈し、被膜は不明瞭であると報告されている⁴⁹⁾。しかしながら腫瘍内出血により不均一輝度を呈することもあり、例外も多い。一方非セミノーマは不均一混合輝度を呈し、辺縁に被膜を表わす低輝度線が認められることがあるとされている⁴⁹⁾。しかしながらMRIも超音波検査と同様、組織型はもとより良性と悪性の鑑別もできない。また腫瘍はT2強調画像で低輝度を呈し、白膜も低輝度であることから局所の病期診断にもあまり役立つ。精巣腫瘍の診断におけるMRIの有用性は、超音波検査で診断が困難な浸潤性の場合などに限られてくる⁴¹⁾。

参考文献

1. Tanagho EA. Anatomy of the genitourinary tract. In: Tanagho EA, McAninch JW eds. General urology Appleton and Lange, Norwalk, 1-15, 1988
2. Tanagho EA. Anatomy of the lower urinary tract. Campbell's urology. In: Walsh PC, Gitters RF, Perlmutter AD, Stamey TA eds. WB Saunders Company, Philadelphia, 1986; 46-74.
3. Frohmuler H, Stelzner F, Stegner HE: Prostate, Seminal vesicle. Applied anatomy of the pelvis. Spring-Verlag, Berlin, 160-170, 1987.
4. McNeal JE. Monographs in urology. In: Stamey TA eds. The Prostate gland: morphology and

- pathobiology, Burroughs Wellcome, Princeton, 1983; 3-33.
5. Allen KS, Kressel HY, Arger PH et al. Age-related changes of the prostate: evaluation by MR imaging. *AJR* 1989; 152: 77-81.
 6. Schnall MD, Imai Y, Tomaszewski J et al: Prostate cancer: local staging with endorectal surface coil MR imaging. *Radiology* 1991; 178: 797-802.
 7. Schnall MD, Bezzi M, Pollack HM et al: Magnetic resonance imaging of the Prostate. *Magnetic Resonance Quarterly* 1990; 6: 1-16.
 8. 杉村和朗: 骨盤臓器のMR I 診断. 医学書院, 1993年
 9. Bezzi M, Kressel HY, Allen KS et al: Prostatic carcinoma: Staging with MR imaging at 1.5T. *Radiology* 1988; 169: 339-346.
 10. Scarf, Nuruddin RN, Hricak H et al: MR imaging of the seminal vesicles. *AJR* 1991; 156: 989-994.
 11. Hricak H. The seminal vesicles. MRI of the pelvis. In: Hricak H, Carrington B eds. *Martin Dunitz* 1991; 313-342.
 12. Kaji Y, Sugimura K, Nagaoka S et al: Ishida T. Amyloid deposition in seminal vesicles mimicking tumor invasion from bladder cancer: MR findings. *J Comput Assist Tomogr* 1992; 16: 989-991.
 13. Geveno PA, Van Sinoy ML, Sintzoff Jr SA et al. Cysts of the prostate and seminal vesicles: MR imaging findings in 11 cases. *AJR* 1990; 155: 1021-1024.
 14. Meares EM: Prostatitis and related disorders. In Walsh PC, Gitters RF, Perlmutter AD, Stamey TA, ed. *Campbell's urology*. WB Saunders Company, Philadelphia, 868-887, 1986.
 15. 杉村和朗, 榊靖, 起塚裕美, 吉廻毅, 石田哲哉: 腹部のMR 診断: 膀胱・前立腺疾患. *臨床画像* 増刊号, 8: 118-135, 1992
 16. Walsh PC: Benign prostatic hyperplasia. In Walsh PC, Gitters RF, Perlmutter AD, Stamey TA, ed. *Campbell's urology*. WB Saunders Company, Philadelphia, 1248-1267, 1986.
 17. Ishida J, Sugimura K, Okizuka H et al: BPH: Value of MR imaging for determining histologic type. *Radiology* 190: 35-37, 1994
 18. Schiebler ML, Tomaszewski JE, Bezzi M et al: Prostatic carcinoma and benign prostate hyperplasia: correlation of high-resolution MR and histopathologic findings. *Radiology*: 172, 131-137, 1989
 19. Ishida J, Sugimura K, Kaji Y et al: Comparison of MR imaging and urodynamic study of benign prostatic hyperplasia. *Radiology* 185: 276, 1993
 20. Rifkin MD, Zerhouni EA, Gatsonis CA et al: Comparison of magnetic resonance imaging and ultrasonography in staging early prostate cancer: Results of a multi-institutional cooperative trial. *N Engl J Med* 323: 621-626, 1990.
 21. McNeal JE, Price HM, Redwine EA, et al: Stage A versus stage B adenocarcinoma of the Prostate: Morphological comparison and biological significance. *The Journal of Urology* 139: 61-65, 1988.
 22. Carroll PR, Sugimura K, Cohen MB et al: Detection and staging of prostatic carcinoma after transurethral resection or open enucleation of the prostate: accuracy of magnetic resonance imaging. *The Journal of Urology*: 147, 402-406, 1992
 23. Uchida N, Sugimura K, Kajitani A et al: MR imaging of vertebral metastases: evaluation of fat saturation imaging. *Eur. J Radiol* 17: 91-94, 1993.
 24. Fisher MR, Hricak H, Crooks E: Urinary bladder MR imaging: Part I, Normal and benign conditions. *Radiology* 157: 467-470, 1985.
 25. Narumi Y, Kadota T, Inoue E et al: Bladder tumors: Staging with Gadolinium-enhanced oblique MR imaging. *Radiology* 187: 145-150, 1993.
 26. Hricak H: The bladder and female urethra. In: Hricak H ed. *MRI of the pelvis*, Raven Press, New York, 417-429, 1991.
 27. Fredland GW, De Vries EA, Nino-Murcia M et al: Congenital anomalies of the urinary tract. In: Pollack HM, ed. *Clinical Urology*, WB Saunders, Philadelphia, 577-599, 1990.
 28. 杉村和朗: 泌尿器 (男性骨盤)。腹部MRI 診断、板井悠二編、秀潤社、1993年
 29. Sugimura K, Carrington BM, Quivey JM et al. Postirradiation changes in the pelvis: assessment with MR imaging. *Radiology*, 175: 805-813, 1990
 30. Hricak H: Postoperative and postradiation changes in the Pelvis. *Magnetic Resonance Quarterly* 6: 276-297, 1990.
 31. Tavares N, Demas BE, Hricak H: MR imaging of bladder neoplasm. *Urol Radiol* 12; 27-33, 1990.
 32. Piccoli CW, Rifkin MD: Magnetic resonance imaging of the prostate and bladder. *Top Magn Reson Imag* 2: 51-66, 1990.
 33. Fisher MR, Hricak H, Tanagho EA: Urinary bladder MR imaging: Part II, Neoplasm. *Radiology* 157: 471-477, 1985.

34. Buy J-N, Moss AA, Guinet CG, et al: MR staging of bladder carcinoma: correlation with pathologic findings. *Radiology* 169: 695-700,1988.
35. Wood DP, Lorig R, Pontes JE et al: The role of magnetic resonance imaging in the staging of bladder carcinoma. *The Journal of Urology* 140: 741-744, 1988.
36. Hodson NJ, Husband JE, Macdonald JS: The role of computed tomography in the staging of bladder cancer. *Clin Radiol* 146; 389-395, 1979.
37. Husband JS, Olliff JFC, Williams MP, et al: bladder cancer: Staging with CT and MR Imaging. *Radiology* 173: 435-440, 1989.
38. Lierse W: Penis. Applied anatomy of the pelvis. Springer-Verlag, Berlin, 139 -148, 1987.
39. Hricak H, Marotti M, Gilbert TJ, et al. Normal penile anatomy and abnormal penile conditions: evaluation with MR imaging. *Radiology* 169: 683-690, 1988.
40. Hricak H: The penis and male urethra. MRI of the pelvis. In: Carrington B, Hricak H ed. Appleton and Lange. 383-415, 1991
41. Popovich MJ, Hricak H: The penis / male urethra and scrotum. In: Higgins CB, Hricak H, Helms CA ed. *Magnetic Resonance Imaging of the Body*. 2nd edition. Raven Press, New York, 939-959, 1992.
42. Snell RS (山内昭雄、飯野晃啓訳) : 腹部その1 腹壁。スネル臨床解剖学、メディカル・サイエンス・インターナショナル、111-158、1983。
43. Snell RS (山内昭雄訳) : 生殖器系の発生。スネル臨床発生学、メディカル・サイエンス・インターナショナル、193- 218、1985。
44. Frohmuler H, Stelzner F, Stegner HE: Testis applied anatomy of the pelvis; Springer-Verlag, Berlin, 188-198, 1987
45. Friedland GW, Paul Chang. The role of imaging in the management of the impalpable undescended testis. *AJR* 151: 1107-1111, 1988.
46. 村上純滋、鬼塚英雄、妹尾康平、他。停留率丸のMRI - US, CTとの比較-。日滋医誌 11: 120-128, 1991.
47. Kier R, McCarthy S, Rosenfield AT, et al. Nonpalpable testis in young boys: evaluation with MR imaging. *Radiology* 164: 169-173, 1987.
48. Okizuka H, Sugimura K, Yoshizako T et al: Fournier Gangrene: Diagnosis by MR imaging. *AJR*. 158: 1173-1174, 1992
49. Johnson OJ, Mattrey RF, Phillipson J: Differentiation of seminomatous from nonseminomatous testicular tumors with MR imaging. *AJR* 154:539-543, 1990

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

複写をご希望の方へ

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

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

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 3F FAX : 03-3475-5619 E-mail : info@jaacc.jp

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

直接、断層映像研究会へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

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

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

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

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

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

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

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

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

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

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