

前立腺の MRI

吉廻 毅, 北垣 一

島根大学医学部放射線科

はじめに

本稿は第 34 回日本磁気共鳴医学会大会教育講演「骨盤・その他」の中の一つとして発表した講演内容をまとめたものである。

前立腺の MRI として、撮像方法、前立腺の解剖、前立腺疾患（前立腺肥大症、前立腺嚢胞、前立腺炎、膿瘍、前立腺癌）について述べる。

MRI 撮像方法

我々の施設での前立腺 MRI の撮像方法である。

- ① T₁ 強調横断像：spin echo 法，TR/TE = 500/15
- ② 脂肪抑制法併用 T₂ 強調横断像：fast SE 法，TR/efTE = 3600/100, 10ETL
- ③ T₂ 強調冠状断像：fast SE 法，TR/efTE = 3600/100, 10ETL
- ④ Dynamic Gd 造影 T₁ 強調横断像 I：3D fSPGR サブトラクション
- ⑤ 脂肪抑制法併用造影後 T₁ 強調横断像
- ⑥ Diffusion weighted image：EPI, b-factor 0, 1000

上記、撮像法は 1.5T MR 装置で pelvic array coil (phased array coi) を使用し、FOV 22 cm, スライス厚 5 mm, スライス gap 0.5, 15 slice

撮影時の条件である。機種が異なっても①, ②, ③が基本であり、機種、症例、施設条件によって他の条件を追加していく。

正常画像 (Figs. 1, 2)

前立腺の解剖は McNeal が組織学的に提唱した zonal anatomy が一般的に用いられている¹⁾。前立腺を、中心域 (central zone)、移行域 (transition zone)、辺縁域 (peripheral zone) の三つの領域に大別したものである。前立腺の MRI でもこの zonal anatomy が描出され、癌や前立腺肥大症を読影する上でも重要である。

中心域は射精管を取り囲むように、前立腺の上半分にある円錐状の領域で、正常では前立腺腺組織の 25% を占める。移行域は尿道の左右に位置し、正常腺組織の 5% を占めるが、年齢とともに増大する傾向があり、前立腺肥大症の 95% はこの領域より発生する。中心域と移行域を併せて内腺域 (inner gland) と呼ぶこともある。辺縁域は前立腺の上半分では背側に、下半分では背側から両外側に存在し、前立腺腺組織の 70% を占める。前立腺癌の 70% はこの領域から発生する。また、非腺組織としては、前立腺前方部分に前線維筋組織が存在し、尾側、尖部に近づくにつれて厚みを増す。

正常前立腺の zonal anatomy は T₂ 強調像で認識しやすい。MRI では T₂ 強調像で辺縁域は

キーワード MRI, prostate

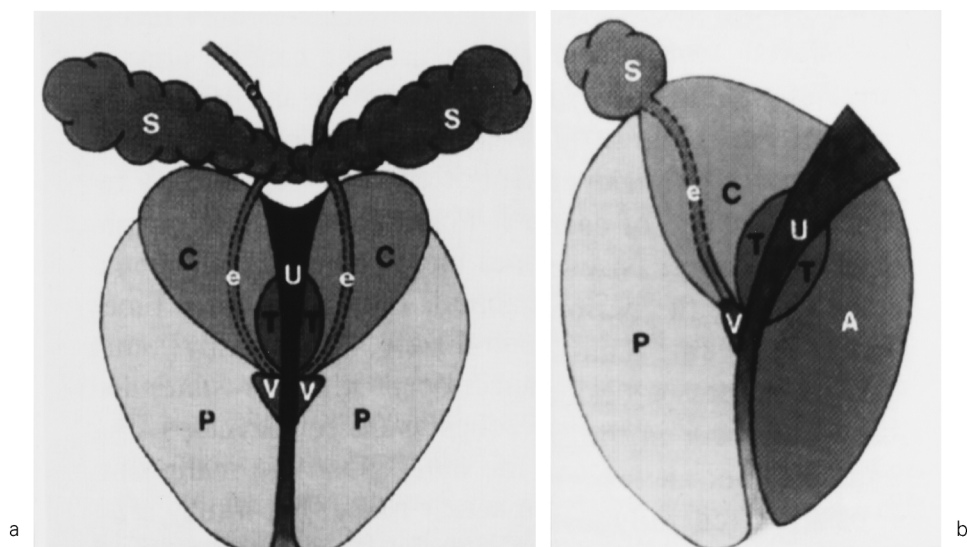


Fig. 1. Schematic diagram of prostate, from ref. 1

a : Coronal image, b : Sagittal image

S : Seminal vesicle, C : Central zone, T : Transition zone, P : Peripheral zone, U : Urethra, e : Ejaculatory duct, V : Verumontanum, A : Anterior fibromuscular band

高信号に、内腺域はほぼ均一な低信号に描出される。T₁強調像では前立腺は均一低信号に描出される。造影MRIでは内腺から造影され、遅れて辺縁域が造影される。造影後期では内腺域が強く、辺縁域がやや弱く造影される^{2),3)}。T₂強調像で中心域と移行域からなる内腺の内、前立腺部尿道を追跡することで、尿道周囲の移行域を認識できることがある。

前立腺肥大症 (Figs. 3, 4)

前立腺肥大症は前立腺、移行域から主に発生し、患者の生活に大きな影響を与える。加齢とともに増加し、50歳代の男性の約40~50%、80歳以上では80%以上に存在するとされる。しかし、臨床症状があるのは1/4である。

間質優位型と腺組織過形成優位型と、これらの混合型に分けられる。平滑筋の緊張亢進が原

因の間質優位型はStromal typeと呼ばれ、 α -blockerが治療に有効である。一方、Stromal type意外のものはNon-stromal typeと呼ばれ、酵素阻害剤の5 α -reductase inhibitorsが治療に有効である。このため、MRIで前立腺肥大症の組織型を予測することは治療に有用である^{3),4)}。

Stromal typeはMRIでは内腺の腫大はあまりなく、内腺はT₂強調像で低から中等度の信号を呈する。造影で内腺が比較的均一に造影される^{2),3)}。一方、Non-stromal typeはT₂強調像で、腫大した内腺に様々な大きさ、性状の結節を認め、造影で内腺は網状に造影される。また、腫大した内腺と圧併、菲薄化し、T₂強調像でやや低信号化した辺縁域との間に外科的被膜を認めることもある^{2),3)}。

2007年3月5日受理

別刷請求先 〒693-8501 島根県出雲市塩冶町 89-1 島根大学医学部放射線科 吉廻 毅

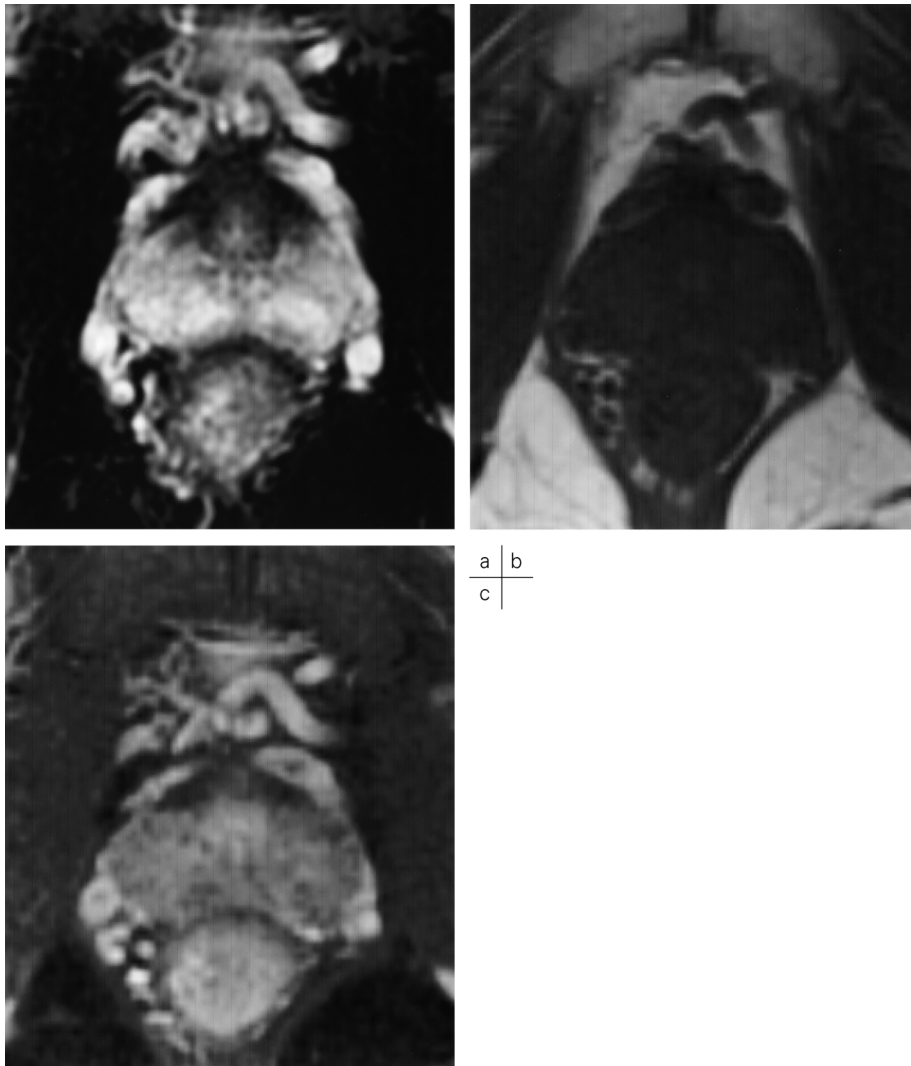


Fig. 2. MRI of normal prostate

On T2-weighted axial image with fat saturation (a), there is differentiation into a peripheral zone, transition zone, and anterior fibromuscular band. On T1-weighted axial image (b), the prostate demonstrates a homogenous signal of intermediate intensity, and the zones cannot be differentiated. Gd-DTPA enhanced T1-weighted axial image with fat saturation (c) showing enhancement of the transition zone.

前立腺嚢胞 (Fig. 5)

前立腺嚢胞は発生場所、周囲構造物との関係と年齢を加味することで診断される⁵⁾が、発生場所の同定に苦慮することもある。

前立腺炎 (Fig. 6)

急性前立腺炎は症状、尿、血液データで診断され、画像診断が必要とされることはあまりない。慢性前立腺炎は男性の25~50%で罹患し

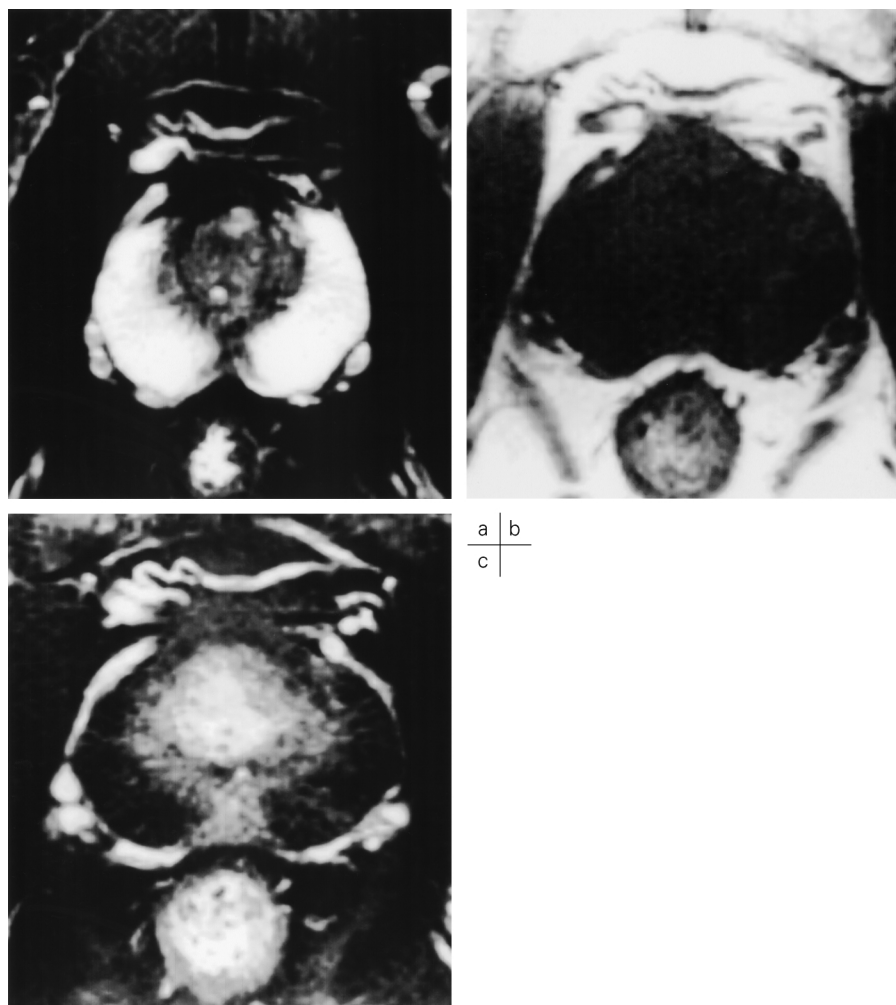


Fig. 3. MRI of stromal type benign prostatic hyperplasia
 On T2-weighted axial image with fat saturation (a), the inner gland is slighted swelling and demonstrates heterogeneous signal of low to intermediate intensity. On T1-weighted axial image (b), the prostate demonstrates a homogenous signal of intermediate intensity. Gd-DTPA enhanced T1-weighted axial image with fat saturation (c) showing homogenous enhancement of the inner gland.

ており、MRI の読影においてもしばしば認められる。下腹部会陰の鈍痛、不快感、頻尿、排尿痛、残尿感などの症状が認められるが本人が気づかないうちに軽快していることもある。MRI では前立腺辺縁域に T₂強調像で楔状の低信号域として描出され、同部の辺縁は萎縮して

いる。炎症の時期により造影で濃染することもある^{2),3)}。

前立腺膿瘍

急性前立腺炎の治療が不十分な場合に認めら

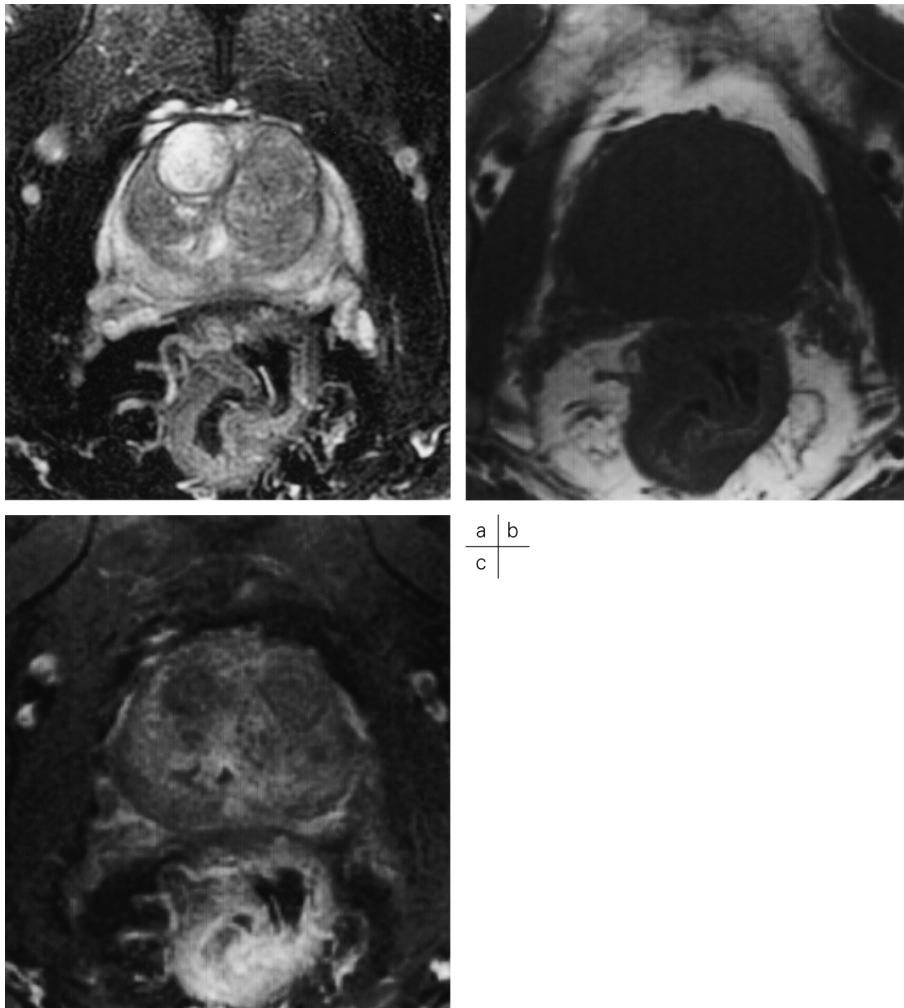


Fig. 4. MRI of non-stromal type benign prostatic hyperplasia
The prostate is enlarged. On T₂-weighted axial image with fat saturation (a), there are some nodular hyperplasia demonstrating heterogeneous intermediate to high signal intensity. The surgical pseudocapsule shows as a low signal intensity stripe. On T₁-weighted axial image (b), the prostate demonstrates a homogenous signal of intermediate intensity. Gd-DTPA enhanced T₁-weighted axial image with fat saturation (c) shows heterogeneous enhancement of the inner gland.

れる膿瘍形成である。MRI では不整な液体貯留として膿瘍腔が描出され、造影で濃染した被膜が認められる。病巣の範囲の描出に MRI は有用である⁶⁾。

前立腺癌 (Figs. 7~9, Table)

欧米では男性癌死亡の約 20% を占めるが、日本では約 3.5% で今後、食事の欧米化、高齢化社会で増加が予想される。現在、泌尿器科領

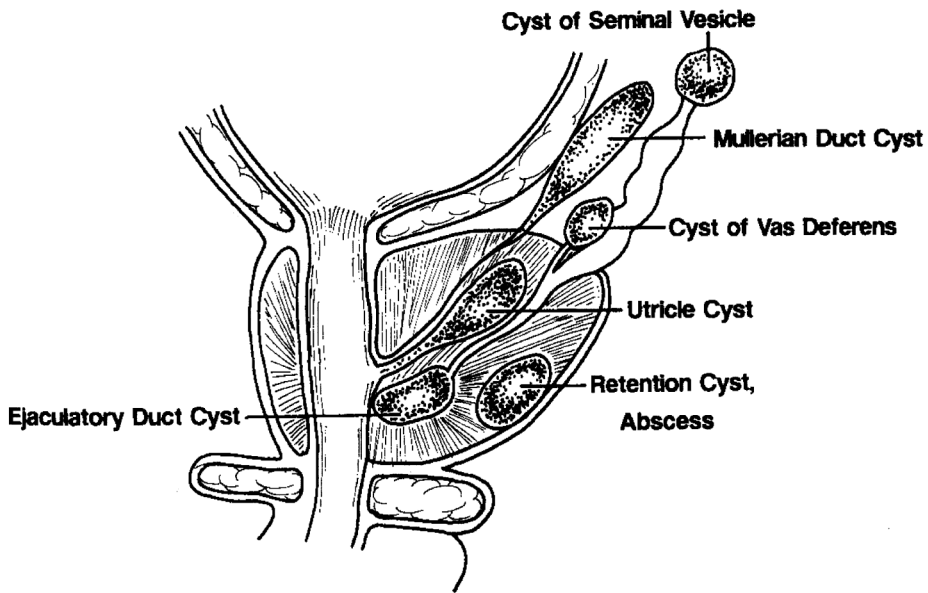


Fig. 5. Schematic diagram of prostate cyst, from ref. 5



Fig. 6. MRI of prostatitis

On T2-weighted axial image (a), wedge-shaped low signal intensity area shows in rt. peripheral zone of prostate. The area demonstrates heterogeneous enhancement on Gd-DTPA enhanced T1-weighted axial image with fat saturation (b).

域では、最も多い癌であり、発生率は年間10万人に10人認められる。発生頻度は年齢と相関し70歳以上が80%である。50歳以上の20

～30%に潜在 (latent cancer) が存在する³⁾。

前立腺癌の90%でPSA (前立腺特異抗原) が高値を示し、PSAは感度の高い検査法であ

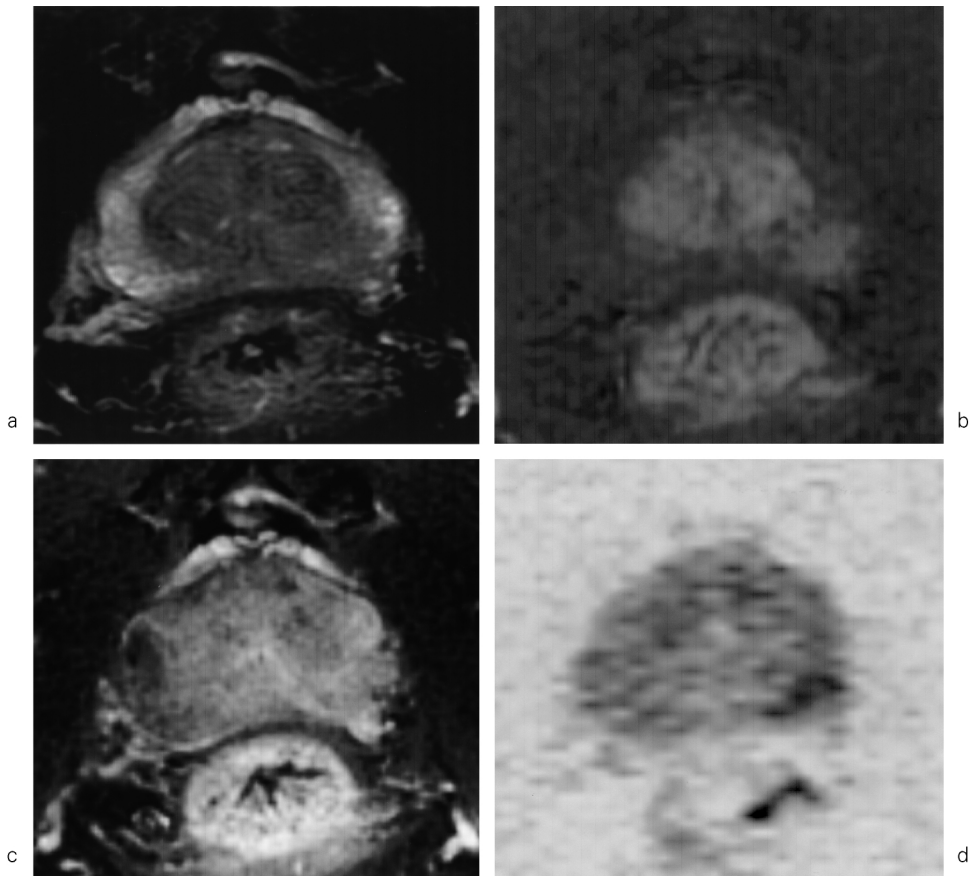


Fig. 7. MRI of prostate cancer (Gleason score 3+3=6) in lt. peripheral zone in a 70-year-old male

T₂-weighted axial image with fat saturation (a) shows the low signal intensity area in lt. peripheral zone. Gd-DTPA dynamic-subtraction T₁-weighted axial image in the early phase (30 s) (b) shows localized enhancement in the area. Gd-DTPA enhanced T₁-weighted axial image with fat saturation (c) shows heterogeneous enhancement in the area. On diffusion-weighted axial image (b=1000) (d), the area shows abnormal intensity and the area was diagnosed as cancer by an operation.

る。一方、生検は感度 50%、特異度 82%である。一般に PSA 高値で生検で前立腺癌と診断されると、生検の悪性度 (Gleason score) や PSA 値から転移の確立を推測する Partin ノモグラムと MRI などの画像診断により病期の診断が行われる。そして臨床病期、PSA、Gleason score から治療法が選択される。現在、日本では治療法として手術、放射線治療 (外照

射、密封小腺源)、ホルモン、化学療法などがある。また、経過観察も選択肢の一つである³⁾。前立腺癌における MRI の役割は 1 癌検出、2 病期診断、3 治療後経過観察が考えられる。Fig. 7 は前立腺辺縁域の癌である。T₂強調画像で前立腺癌は辺縁域が高信号に描出される中に低信号として描出され、早期に濃染し、造影後期には辺縁正常域の濃染よりも弱く濃染す

ることが多い。拡散強調画像では異常信号を呈することが多い。T₂強調像で辺縁域で低信号を呈するものとしては、前立腺癌、生検後の出血、放射線治療後/ホルモン治療、瘢痕、炎症、肥大症結節などがある^{2),3),7)~9)}。Fig. 8は前立腺内腺域の癌である。T₂強調像で内腺域の癌は均一な低信号域で境界不明瞭で被膜の欠損した腫瘤として描出されることが多く^{10),11)}、造影でBPHよりも比較的早期に濃染し、造影後期には周囲よりも淡く低信号になる

ことが多く、拡散強調像では異常信号を呈することが多い^{8),9)}。Tanimotoらは前立腺癌の検出能をT₂強調像単独と、T₂強調像に拡散強調像を加えたものと、さらにdynamic studyを加えたものについて検討し、拡散強調像の有用性について報告している¹²⁾。

前立腺癌の病期診断において重要なのは癌が前立腺内に限局したT2症例であるか、前立腺、被膜外に浸潤したT3症例であるかの鑑別である。癌が前立腺内に留まっているかどうか

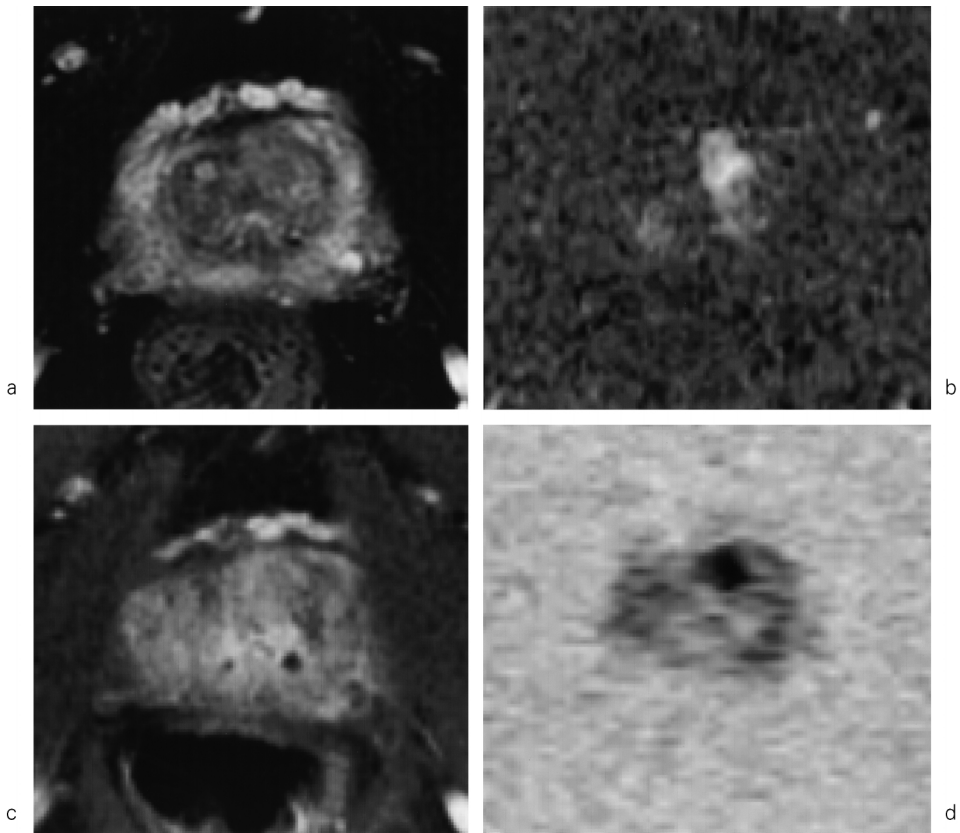


Fig. 8. MRI of prostate cancer (Gleason score 3+3=7) in transition zone in a 74-year-old male T₂-weighted axial image with fat saturation (a) shows the heterogeneous intermediate signal intensity area in lt. transition zone. Gd-DTPA dynamic-subtraction T₁-weighted axial image in the early phase (30 s) (b) shows localized enhancement in the area. Gd-DTPA enhanced T₁-weighted axial image with fat saturation (c) shows heterogeneous enhancement in the area. On diffusion-weighted axial image (b=1000) (d), the area shows abnormal intensity and the area was diagnosed as cancer by an operation.

でリンパ節転移の頻度が異なり、予後、治療方針が異なってくる。前立腺癌の被膜外浸潤を示唆する所見としては、Tableのようなものが挙げられる^{13),14)}。

このほかにも前立腺癌におけるMRIの役割には治療後経過観察がある。Fig. 9はホルモン治療前後の前立腺癌である。T₂強調像で治療効果により前立腺、癌はいずれも縮小し、前立腺の内部構造(zonal anatomy)も不明瞭になる。造影においても早期に造影された前立腺癌が造影されなくなる¹⁵⁾。最近では早期前立腺癌

Table. Diagnostic Criteria for Capsular Penetration of Prostate Cancer, from Ref. 13, 14

- smooth capsular bulge
- irregular capsular bulge: stranding
- focal capsular concavity: retraction
- broad (≥12 mm) tumor contact
- capsular thickening
- extracapsular tumor
- obliteration of the rectoprostatic angle
- asymmetry or direct involvement of the neurovascular bundle
- abnormality of vesicoprostatic venous plexus

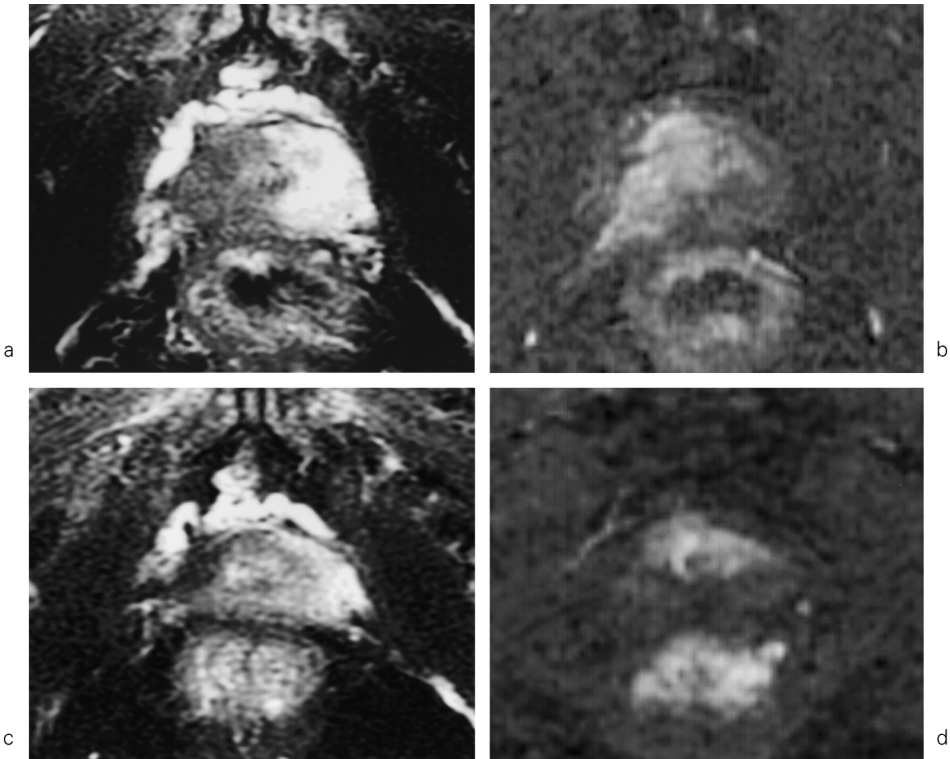


Fig. 9. Change of prostate cancer by hormonal therapy

T₂-weighted axial image with fat saturation (a) of pre-treatment prostate cancer shows the low signal intensity area in rt. peripheral zone. Gd-DTPA dynamic-subtraction T₁-weighted axial image in the early phase (30 s) (b) shows localized enhancement in the area. The area was diagnosed as cancer by biopsy.

T₂-weighted axial image with fat saturation (c) of post-treatment prostate cancer shows that the area becomes smaller and demonstrates low signal intensity. Gd-DTPA dynamic-subtraction T₁-weighted axial image (30 s) (d) shows no localized enhancement in the area.

の治療法の一つとして¹²⁵Iシード線源を前立腺全体に挿入する低線量率組織内照射が日本国内でも広がっている¹⁶⁾。治療計画，治療後線量分布計算，経過観察にMRIは有用である。また，MRSの前立腺癌の治療経過観察における有用性も報告されている¹⁷⁾。

以上，前立腺のMRIについて述べた。前立腺のzonal anatomyを明瞭に描出するMRIは前立腺疾患の診断のみでなく，治療効果判定にも有用であり，今後，さらに増加が予測される前立腺癌診療において大きな位置を占めると考えられる。今回の内容が日常診療の一助になれば幸いである。

謝 辞

最後に今回の講演に協力して下さった島根大学泌尿器科，井川幹夫教授，滋野和志先生，洲村正裕先生，獨協医科大学放射線科，楢 靖教授，島根大学放射線科，和田昭彦先生，島根大学中央放射線部，原真司技師，梶谷尊郁技師，内田幸司技師，永見晶子技師に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) McNeal JE. Monographs in urology. In : Stamey TA, ed. The Prostate Gland: morphology and pathobiology. Prieceton, USA : Burroughs Wellcome, 1983 ; 3-33
- 2) Hricak H, The prostate gland. In : Carrington B, Hricak H, ed. MRI of the pelvis. New York, USA : Raven Press, 1991 ; 249-311
- 3) 杉村和朗 : 前立腺・精囊. 杉村和朗, 井川幹夫編著. 泌尿器の画像診断. 東京 : 秀潤社, 2001 ; 253-279
- 4) Ishida J, Sugimura K, Okizuka H, Kaji Y, Moriyama M, Nagaoka S, Mizutani M, Ishida T : Benign prostatic hyperplasia : value of MR imaging for determining histologic type. Radiology 1994 ; 190 : 329-331
- 5) McDermott VG, Meakem TJ, 3rd, Stolpen AH, Schnall MD : Prostatic and periprostatic cysts : findings on MR imaging. Am J Roentgenol 1995 ; 164 : 123-127
- 6) 森山正浩, 杉村和朗, 楢 靖, 江原省治, 石田哲哉 : 前立腺膿瘍 1 例の MR 所見. 日磁医誌 1992 ; 12 : 360-363
- 7) Claus FG, Hricak H, Hattery RR : Pretreatment evaluation of prostate cancer : role of MR imaging and 1H MR spectroscopy. Radiographics 2004 ; 24 : 167-180
- 8) Ito H, Kamoi K, Yokoyama K, Yamada K, Nishimura T : Visualization of prostate cancer using dynamic contrast-enhanced MRI : comparison with transrectal power Doppler ultrasound. Br J Radiol 2003 ; 76 : 617-624
- 9) Sato C, Naganawa S, Nakamura T, Kumada H, Miura S, Takizawa O, Ishigaki T : Differentiation of noncancerous tissue and cancer lesions by apparent diffusion coefficient values in transition and peripheral zones of the prostate. J Magn Reson Imaging 2005 ; 21 : 258-262
- 10) Li H, Sugimura K, Kaji Y, Kitamura Y, Fujii M, Hara I, Tachibana M : Conventional MRI capabilities in the diagnosis of prostate cancer in the transition zone. Am J Roentgenol 2006 ; 186 : 729-742
- 11) Akin O, Sala E, Moskowitz CS, Kuroiwa K, Ishill NM, Pucar D, Scardino PT, Hricak H : Transition zone prostate cancers : features, detection, localization, and staging at endorectal MR imaging. Radiology 2006 ; 239 : 784-792
- 12) 谷本伸弘, 新本 弘, 栗林幸夫, 中島 淳, 香野日高, 村井 勝 : 高PSA患者を対象とした前立腺MRI : 癌のscreeningにおけるDWIおよびdynamic MRIの有用性. 日磁医誌 2006 ; 26 : 52-57
- 13) Yu KK, Hricak H, Alagappan R, Chernoff DM, Bacchetti P, Zaloudek CJ : Detection of extracapsular extension of prostate carcinoma with endorectal and phased-array coil MR imaging : multivariate feature analysis. Radiology 1997 ; 202 : 697-702
- 14) Outwater EK, Petersen RO, Siegelman ES, Gomella LG, Chernesky CE, Mitchell DG : Prostate carcinoma : assessment of diagnostic criteria for capsular penetration on endorectal

- coil MR images. *Radiology* 1994 ; 193 : 333-339
- 15) Padhani AR, MacVicar AD, Gapinski CJ, Dearnaley DP, Parker GJ, Suckling J, Leach MO, Husband JE : Effects of androgen deprivation on prostatic morphology and vascular permeability evaluated with MR imaging. *Radiology* 2001 ; 218 : 365-374
- 16) 青木 学. 低線量率組織内照射の適応と役割. 青木 学, 秋元哲夫編. 前立腺癌—放射線治療のすべて—(臨床放射線別冊). 東京 : 金原出版, 2006 ; 141-154
- 17) Pickett B, Kurhanewicz J, Pouliot J, Weinberg V, Shinohara K, Coakley F, Roach M 3rd : Three-dimensional conformal external beam radiotherapy compared with permanent prostate implantation in low-risk prostate cancer based on endorectal magnetic resonance spectroscopy imaging and prostate-specific antigen level. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006 ; 65 : 65-72

Magnetic Resonance Imaging of the Prostate

Takeshi YOSHIKAWA, Hajime KITAGAKI

*Department of Radiology, Shimane University Faculty of Medicine
89-1 Enya, Izumo, Shimane 693-8501*

Magnetic resonance (MR) imaging plays an important role in the diagnosis and treatment of disease of the prostate ; we describe imaging methods, prostatic anatomy, and prostatic disease. MR imaging that distinctly depicts the zonal anatomy of the prostate is particularly useful for diagnosis, and it is important assessing hormone treatment and the in curative effect of chemotherapy and for planning and follow-up of brachytherapy. Restoration and utility of MR spectroscopy and 3T MR imaging of the prostate are expected. The role of MR imaging of the prostate in the medical care of prostatic cancer is anticipated to have increasing importance in the future.