

総 説

前立腺 MRI — その臨床的意義 —

新本 弘

防医大誌 (2019) 44 (2) : 63-70

要旨：前立腺癌の罹患数が増加しているなか、前立腺MRIには局所の病期診断以外に、いかに効率的に臨床的有意癌を拾い上げるかという面で期待が持たれている。これは特に拡散強調画像が前立腺癌の悪性度と密接に関連しているからである。前立腺癌の拡散MRIの撮像方法、解析方法は日々進歩しており、パラレルイメージング、計算による高いb値の拡散強調画像、見かけの拡散係数以外の新たなバイオマーカーの検討などが挙げられ、その詳細に関しては本文中で触れた。前立腺MRIの標準化に関しては、Prostate Imaging and Reporting and Data System version 2 (PI-RADS v2)が重要な役割を果たしており、今後も改善されていくことになると思われる。また近年の大規模コホート研究により、前立腺生検前にMRIを施行することにより、不必要な生検を回避し、さらに臨床的有意癌の検出能を上昇させ、臨床的非有意癌の検出を抑えることができることがわかってきた。これは従来から日本で行われてきた前立腺癌の診断体系が正しいことの証明である。ただし生検前MRIで癌の所見はなくとも、PSAやPSA densityの持続的に上昇を示すような臨床的に前立腺癌の存在が疑わしい症例においては、生検が回避できないとする意見も多く、一部の臨床的有意癌においてはMRIで検出が困難であることも含めて、今後の検討課題となっている。

索引用語： 前立腺癌 / 磁気共鳴画像 / 臨床的有意癌 / 臨床的非有意癌 / 拡散強調画像 / 見かけの拡散係数 / 前立腺生検 / 経直腸的生検 / 融合標的生検

はじめに

前立腺癌の罹患数は2000年頃から急増し、国立がん研究センターの調査によれば、2018年がん統計予測で、前立腺癌は年間で約8万人の新規患者が発生し、2000年と比べて約4倍となっている¹⁾。前立腺癌の診断はprostate-specific antigen (PSA) 値、直腸診、経直腸的超音波ガイド下生検にて行われるが、米国では2016年、生検陰性の前立腺癌疑いの患者に対して、前立腺MRIおよびMRIを用いた狙撃生検を行なうことが推奨された²⁾。また近年の大規模コホート研究において、生検前にMRIを施行することにより、不必要な生検を回避し、臨床的な有意癌の検出能を上昇させ、非有意癌の検出を抑えることができると報告されている^{3, 4)}。本稿では前立腺MRIの最新知見とともに、なぜMRIが前

立腺癌診療に不可欠なのかについて概説する。

前立腺診療の特徴

前立腺癌の診断の第一歩はPSA値の測定である。PSAは前立腺上皮から分泌される蛋白であるが、ご承知のように前立腺癌患者では血清PSA 4ng/mL以上の高値を示すことが多い。しかし良性疾患である前立腺肥大症や前立腺炎においてもPSA値は上昇し、肥大結節1gにつきPSA値は0.1ng/mL上昇すると言われている⁵⁾。そのためPSA値の前立腺癌に対する特異度は約25%と低く、PSA高値で生検を行うと、約60~75%の男性は不必要な生検を受けることになる。また直腸診は前立腺背側(辺縁域)に存在する癌は触知することはできるが、腹側(移行域)に存在する癌は触れることができず、その

感度は30%程度である。経直腸的超音波ガイド下生検をすれば、すべての前立腺癌が検出できるかと言えば、そのようなことはない。系統的12カ所生検においては、生検をする部位が決まっており、その部位に存在しない癌（例えば前立腺腹側に存在する癌）は見逃してしまうことがある。一般的に癌の生検は何らかの画像をガイドに癌を狙って生検をするものであるが、全身のさまざまな癌に対する生検の中で、唯一決まった場所だけを系統的に生検するのが、前立腺生検である（ただし後述するが、最近では前立腺も標的生検が行われるようになってきている）。さらに経直腸的超音波ガイド下生検には、治療を必要としない臨床的非有意癌を検出してしまうことによる過剰治療の問題点や、前立腺癌の悪性を過小に見積もってしまう問題点も指摘されている（Fig. 1）。生検後に前立腺全摘術を行った症例において、約30~40%は生検時よりも全摘標本で癌のグリソンスコアが上昇するとされている（upgrading）⁶⁾。

もう1つ前立腺癌の診療で特徴的なことは、臨床的非有意癌の存在である。臨床的非有意癌とは文字通り臨床的に重要でない癌、すなわち患者さんの生命予後にかかわらない癌のことであるが、その定義はさまざまである。近年前立腺MRIの撮像、読影の標準化を目指して発刊されたProstate Imaging and Reporting and Data System version 2 (PI-RADS v2) においては、臨床的非有意癌の定義として、グリソンスコア6以下、かつ腫瘍体積0.5cc未満、かつ被膜外

への進展のない癌としている^{7, 8)}。臨床的非有意癌であれば本来は外科的治療や放射線治療の必要はなく、監視療法（active surveillance）の適応になるものが多い。PSA値、生検での癌陽性本数、グリソンスコア等を総合的に勘案して、臨床的非有意癌かどうかを予測する試みがなされてきたが、近年MRI、特に拡散強調像から算出される見かけの拡散係数（ADC: apparent diffusion coefficient）が前立腺癌の悪性度を見るのに有用であることがわかってきている^{9, 10)}。すなわち悪性度が高くなるにつれて、ADCが低くなり、拡散強調像では高信号、ADC mapでは低信号に描出される。拡散強調像やADC mapは、T2強調像とともに前立腺MRI診断の中核をなすものであり、逆にMRIで指摘できないような前立腺癌は、臨床的非有意癌である可能性が高いといえる。このため生検前にMRIを施行することにより、不必要な生検を回避し、臨床的非有意癌の検出を抑えることができると考えられている。

前立腺MRIの進化

前立腺MRIはMRI黎明期から撮像されていたが、当時はT2強調像だけの形態画像診断が主体であり、生検で診断された前立腺癌の病期診断、すなわち癌が前立腺被膜を超えて浸潤があるか否かが検査の目的であった。前立腺MRIが一変したのは2000年代に入り腹部、骨盤領域で拡散強調像が応用可能となってからである。これにはパラレルイメージング法と言われる高速

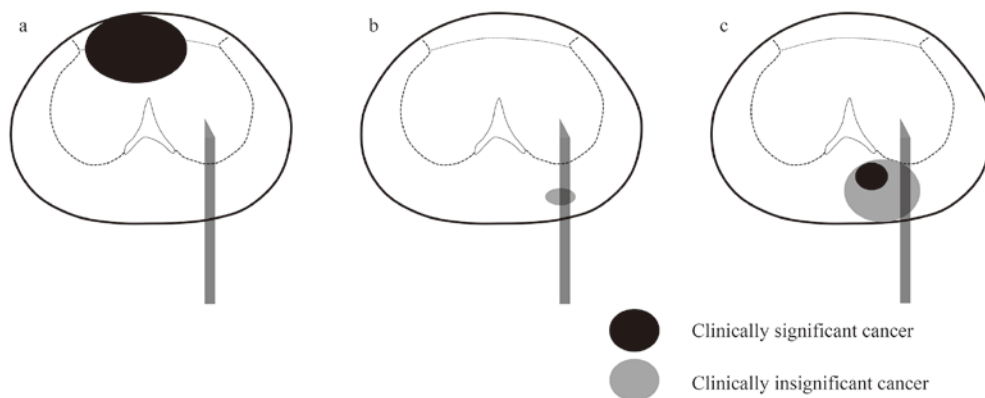


Fig. 1. The shortcomings of systematic transrectal prostate biopsy

The systematic transrectal prostate biopsy may miss clinically significant prostate cancer (a), detect clinically insignificant cancer (b), underestimate the aggressiveness of the tumor (c).

撮像法の出現によるところが大きい。拡散強調像は一般にecho-planar imaging (EPI) と言われる高速撮像法で撮像されるが、パラレルイメージング法によりEPIの欠点である歪み、アーティファクトが軽減されたことで、腹部、骨盤領域でも臨床上有用な拡散強調像が撮像できるようになった。拡散強調像で前立腺癌は高信号を示すため、拡散強調像の出現は、前立腺癌のMRI診断に大きなインパクトを与えることになった。今日において前立腺MRIは、形態診断であるT2強調像、機能診断である拡散強調像（水分子の拡散を見ている）、ダイナミックMRI（血管の多寡、血管透過性を見ている）を組み合わせたmultiparametric MRI (MP-MRI) で診断を行なうことが一般的である。前立腺癌は、T2強調像で低信号、拡散強調像で高信号、ADC mapで低信号（拡散低下）、ダイナミックMRIで早期濃染を示す (Fig. 2)。

拡散強調像において、拡散をどの程度強調す

るかというパラメータにb値 (s/mm^2) がある。すなわちb値が大きければ大きい程、より拡散が強調された画像となる。腹部領域では一般にb値は $1000 \text{ s}/\text{mm}^2$ 程度を用いることが多いが、前立腺においては、癌のコントラストを高めるために高いb値を用いることが推奨されている。高いb値を用いると、前立腺正常組織の信号が抑制され、癌とのコントラストがより鮮明になるからである。1.5T, 3TのMRIを用いた前立腺MRIで、 $b=2000 \text{ s}/\text{mm}^2$ による拡散強調像は、 $b=1000 \text{ s}/\text{mm}^2$ の拡散強調像に比べて、前立腺癌の診断能が優れていることが報告されている^{11, 12)}。またPI-RADS v2においても、拡散強調のb値は $1400 \text{ s}/\text{mm}^2$ 以上が推奨されている⁸⁾。ただしb値をあまりに大きくすると、拡散強調像の画質は劣化する。そこで近年、計算による高いb値の拡散強調像 (computed DWI) が登場した (Fig. 3)。Computed DWIは $b=0 (\text{s}/\text{mm}^2)$, $1000 (\text{s}/\text{mm}^2)$ などの任意の比較的小さな2点

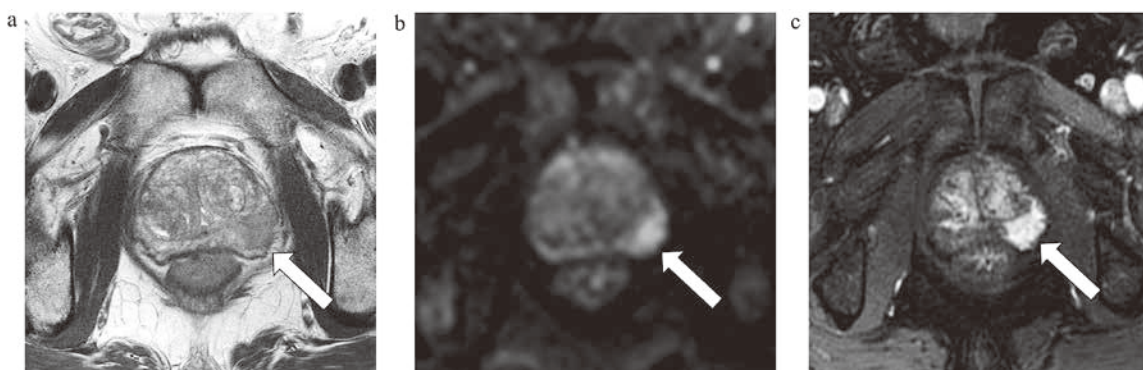


Fig. 2. Typical MR appearance of prostate cancer

Prostate cancer typically shows hypointensity on T2-weighted image (a), hyperintensity on diffusion-weighted image (b), and early enhancement on dynamic contrast-enhanced image (c).

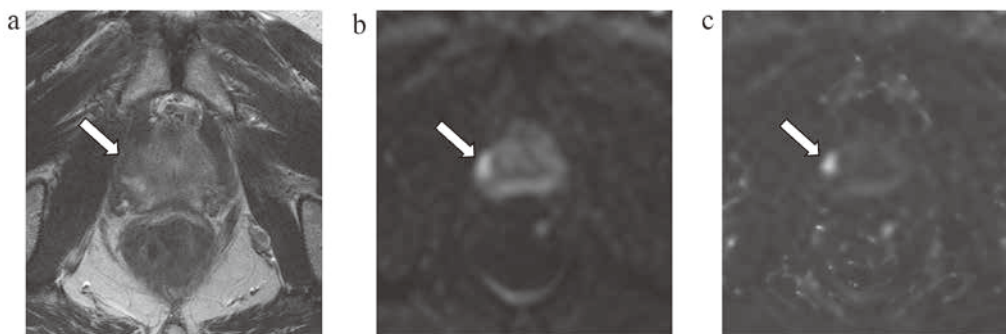


Fig. 3. Computed diffusion-weighted image

Prostate cancer is depicted in right peripheral zone at the apex as a hypointense lesion on T2-weighted image (a) and a hyperintense lesion on acquired diffusion-weighted image (b: $b\text{-value } 1000 \text{ sec}/\text{mm}^2$). On computed diffusion-weighted image (c: $b\text{-value } 2000 \text{ sec}/\text{mm}^2$), the lesion is more clearly seen.

のb値から、 $b=2000 \text{ s/mm}^2$ などの高いb値の拡散強調像を計算で求めるというものである。利点としてcomputed DWIで高いb値の拡散強調像を作成しても、画質の劣化があまり生じないことが挙げられる^{13,14}。

拡散MRIの解析方法

拡散強調像の解析方法としては、上記の如くADCが主に用いられている。ADCと前立腺癌の悪性（グリソンスコア）は反比例する傾向にあるため、ADCを見ることにより、前立腺癌の悪性度が評価できる。逆に言うとMP-MRIで指摘できない癌は、ADC値が比較的高値である訳であり、臨床的非有意癌である可能性が高い。このことは、MP-MRIでは小さなグリソン3+3の低悪性度の癌を見逃す可能性があるということにもなるが、これは臨床的非有意癌であるので、メリットであるという考え方もできる。ただしADCにも欠点がある。前立腺癌と肥大結節（特に間質優位型肥大結節）のADC値にはオーバーラップがあり、また前立腺癌のグリソンスコア間にもADC値のオーバーラップがある¹⁵。ADCの背景を説明すると、ADCは拡散強調像でb値を高くしていくと、すべての構造の信号強度は単指数関数的に減衰していく、すなわちプロトンは自由拡散するという仮

定のもとでの拡散係数である。しかし実際の生体内ではさまざまな障壁（細胞内小器官、細胞膜など）があり、必ずしも自由拡散にはならず、制限拡散になっていることが多い。ADCはこの制限拡散は一切考慮していない。制限拡散を考慮したモデルには双指数関数モデル、Intravoxel incoherent motion (IVIM) モデル¹⁶、Diffusion kurtosis imaging (DKI)¹⁷、ガンマモデル^{18,19}などが挙げられる。DKIは拡散尖度画像ともいわれ、制限拡散の時に生じるプロトンの正規分布からのずれを評価するもので、制限拡散を考慮した拡散係数 (D) と組織の複雑さを反映したパラメータ (K) で評価を行う。前立腺癌において研究が盛んであるが、 D と K はADCよりもグリソンスコア6と7以上の前立腺癌の鑑別に有用であるという報告がある一方²⁰、最近の研究ではDKIはADCに追加するような情報を与えないという報告もされている²¹。ガンマモデルは生体を構成するプロトンそれぞれが固有の拡散係数を持ち、それが連続的に分布していることを仮定したモデルである (Fig. 4)。すでにガンマモデルがADCを凌駕する側面も報告されてはいるが¹⁹、ADCは簡便で臨床の場で非常に使いやすく、未だにADCを超えるような解析パラメータが出現しているとは言えないのが現状である。

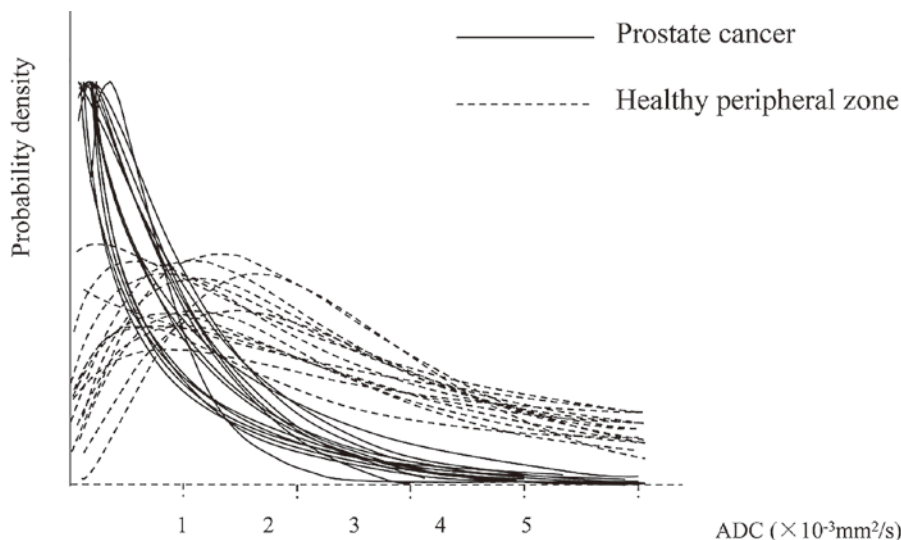


Fig. 4. The probability density functions in 26 prostate cancers (solid line) and contralateral healthy peripheral zone (dotted line). The distribution of ADCs in prostate cancer is strongly skewed toward lower ADC values less than $1.0 \text{ mm}^2/\text{s}$.

PI-RADS v2

前立腺MRIが普及するにつれて、施設間での前立腺MRIの画質の違い、診断医間での読影能力の違いが際立つようになってきた。そこで米国放射線学会、欧州泌尿生殖器放射線学会が共同で、前立腺MRIの撮像、読影の標準化を目指して、PI-RADS v2が作成された^{7, 8)}。PI-RADS v2はあくまで臨床的有意癌を診断するためのものであり、臨床的非有意癌は対象としていない。PI-RADS v2では、各病変が臨床的有意癌である可能性を、1-5の5段階のカテゴリーで判定する（臨床的有意癌である可能性が、1：非常に低い、2：低い、3：どちらとも言えない、4：高い、5：非常に高い）。診断の方法として、前立腺の辺縁域と移行域では大きく異なるのが特徴であり、辺縁域においては拡散強調像が評価の中心となり、移行域においてはT2強調像が評価の中心となるきわめて簡単なものである（Table 1）。PI-RADS v2においてはダイナミックMRIは重要視されておらず、ダイナミックMRIが評価に関与するのは、辺縁域の病変が、拡散強調像でカテゴリー3に評価された場合だけであり、その場合この病変がダイナミックMRIで早期濃染があれば、最終的な評価がアップしカテゴリー4となり、早期濃染がなければ3のままとなる。

また撮像法に関しても細かく規定されている。当然のことであるが、適切に撮像されていない前立腺MRIで、患者の治療方針が決定され

ることがあってはならない。PI-RADS v2においては、撮像装置は3T、あるいは16チャンネル以上のコイルを用いた1.5T MRIが推奨されている。1.5T未満のMRIでの前立腺の撮像は推奨されない。T2強調像では3 mmスライス厚、拡散強調像では4 mm以下のスライス厚が推奨されているため、基本的に比較的最新のMRI装置でなければ、十分な画質を得ることは難しい。また12-20cmの撮像範囲（field-of-view: FOV）、スライス面内空間分解能は位相方向0.7mm以下、周波数方向0.4mm以下が推奨されており、この点からも最新のMRI装置での撮像が望まれる。

最近の前立腺癌診断の流れ

日本においては前立腺MRIの普及は早く、以前よりPSA高値の患者において、生検前MRIが多くの施設で行われている。米国ではようやく2016年に、米国泌尿器科学会が、生検陰性の前立腺癌疑いの患者に対して、前立腺MRIおよびMRIを用いた狙撃生検を行なうことを推奨した²⁾。近年施行されたPROMIS studyにおいては、生検前にMP-MRIを施行することにより、27%の患者が生検を回避でき、臨床的有意癌の検出が5%減少し、臨床的有意癌の検出が18%増加したという結果が得られた³⁾。またPRECISION trialにおいては、生検前にMP-MRIを行い、標的生検を施行した群では、28%の患者が生検を回避でき、臨床的有意癌の検出が13%減少し、臨床的有意癌の検出が12%増加したとの結

Table 1. PI-RADS v2 assessment

Peripheral zone			
Diffusion-weighted image	T2-weighted image	Dynamic contrast-enhanced image	PI-RADS score
1	any	any	1
2	any	any	2
3	any	early enhancement (-)	3
		early enhancement (+)	4
4	any	any	4
5	any	any	5
Transition zone			
Diffusion-weighted image	T2-weighted image	Dynamic contrast-enhanced image	PI-RADS score
any	1	any	1
any	2	any	2
≤ 4	3	any	3
5			4
any	4	any	4
any	5	any	5

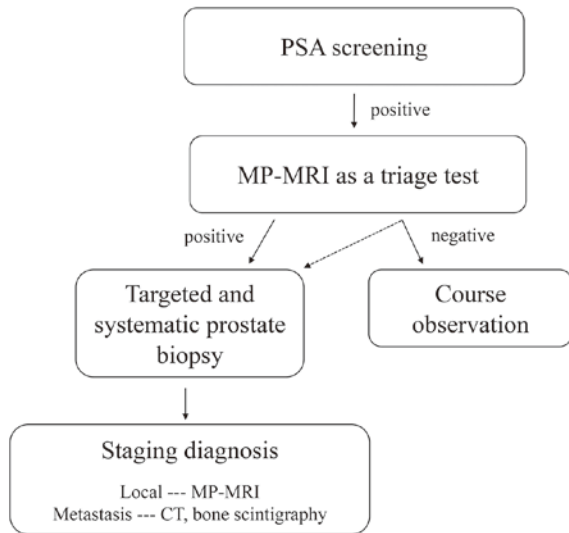


Fig. 5. The current diagnostic cascade of prostate cancer

果も得られた⁴⁾。これらの大規模臨床試験が示しているのは、生検前MRIの圧倒的な有用性であり、ようやく日本で従来から行われていた生検前MRIにエビデンスがついてきたということになる。Fig. 5に今日の前立腺癌の診断体系を示す。一方、生検前MRIで癌の所見はなくとも、PSAやPSA densityがかなりの高値、あるいは上昇傾向を示す症例においては生検が回避できないとする意見も根強くある^{22, 23)}。さらに泌尿器生殖器を専門とする放射線科医の読影でも、MP-MRIでは16%の臨床的有意癌を指摘できなかったとの報告もなされている²⁴⁾。グリソンパターン別の検討では、篩状腺管（グリソンパターン4）優位の前立腺癌は、他の腺管優位のグリソンパターン4と比べて、MRIでの検出能が低いとの報告もある^{25, 26)}。今後、MP-MRIの有用性とその限界に関して、さらに議論が深まっていくものと思われる。また生検の方法そのものも、決まった部位を生検する系統的生検に加えて、MRIで癌の疑われる部位を、超音波画像上に重ね合わせて表示させ、癌の疑われる部位を生検するMRI-超音波融合標的生検が米国では広く行われてきている。本邦でも融合標的生検は徐々に浸透してきており、今後の主流になるものと思われる。

ダイナミックMRIは不要？

近年、乳腺MRIにおいてabbreviated MRI（短縮MRI）という考え方が話題になっている^{27, 28)}。

乳腺MRIをスクリーニングに使おうと考えた時に、MRIの長い検査時間、高い検査費用が問題になってくる。乳腺のabbreviated MRIとは、現在一般に乳腺MRIで行われているT1, T2, 拡散強調像などは施行せず、ダイナミックMRIを造影前後に1回ずつ行なうというものであり、撮像時間、読影時間を短縮させ、MRI検査のコストを削減する狙いがある。Kuhlらはすべての撮像を行なう通常の乳腺MRIとabbreviated MRIとを比較して、その診断能に差がないことを示した²⁷⁾。前立腺MRIにもこのabbreviated MRIの考え方が応用されてきている。前立腺のabbreviated MRIにおいては、ダイナミックMRIは施行せず、T2強調像と拡散強調像だけのbiparametric MRIを行なう。この方法で前立腺癌のスクリーニングを行なうことにより、検査時間短縮を図り、造影剤使用によるコストとリスクを避けることができる。すでに前立腺のabbreviated MRIはMP-MRIと同等の診断能を有するといった論文も登場してきている²⁹⁾。しかし前立腺のダイナミックMRIは特に中心域や前線維筋性間質に存在する癌の診断には欠かせないものであり、その他の部位の前立腺癌においても、その診断の確信度を高めるものでもあり、ダイナミックMRIの果たす役割は少なくない。これらの点は今後議論となり、整理されていくことになると思われる。

終わりに

前立腺MRIの最新の知見、その臨床的意義について概説した。前立腺癌は臨床的非有意癌、あるいは剖検ではじめて認識されるラテント癌が存在するといった特徴を持つ癌であり、MRIでいかに治療すべき癌とそうでない癌を区別することが重要となってくる。今回は紙面の関係で触れなかったが、骨転移の経過観察におけるMRI、特に拡散強調像の役割も重要である。前立腺癌の診断手順、診断方法は大きく様変わりしつつあるが、前立腺癌の診療におけるMRIの重要性は今後もさらに増加していくものと思われる。

利益相反

本論文に関連して開示すべき利益相反はあり

ません。

文 献

- 1) 国立研究開発法人国立がん研究センターがん対策情報センター：2018年のがん統計予測
https://ganjoho.jp/reg_stat/statistics/stat/short_pred.html, (参照2018-12-18)
- 2) Rosenkrantz, A.B., Verma, S., Choyke, P., Eberhardt, S.C., Eggener, S.E., Gaitonde, K., Haider, M.A., Margolis, D.J., Marks, L.S., Pinto, P., Sonn, G.A. and Taneja, S.S.: Prostate magnetic resonance imaging and magnetic resonance imaging targeted biopsy in patients with a prior negative biopsy: a consensus statement by AUA and SAR. *J. Urol.* 196: 1613-1618, 2016.
- 3) Ahmed, H.U., El-Shater Bosaily, A., Brown, L.C., Gabe, R., Kaplan, R., Parmar, M.K., Collaco-Moraes, Y., Ward, K., Hindley, R.G., Freeman, A., Kirkham, A.P., Oldroyd, R., Parker, C. and Emberton, M.: PROMIS study group. Diagnostic accuracy of multiparametric MRI and TRUS biopsy in prostate cancer (PROMIS): a paired validating confirmatory study. *Lancet* 389: 815-822, 2017.
- 4) Kasivisvanathan, V., Rannikko, A.S., Borghi, M., Panebianco, V., Mynderse, L.A., Vaarala, M.H., Briganti, A., Budäus, L., Hellawell, G., Hindley, R.G., Roobol, M.J., Eggener, S., Ghei, M., Villers, A., Bladou, F., Villeirs, G.M., Viridi, J., Boxler, S., Robert, G., Singh, P.B., Venderink, W., Hadaschik, B.A., Ruffion, A., Hu, J.C., Margolis, D., Crouzet, S., Klotz, L., Taneja, S.S., Pinto, P., Gill, I., Allen, C., Giganti, F., Freeman, A., Morris, S., Punwani, S., Williams, N.R., Brew-Graves, C., Deeks, J., Takwoingi, Y., Emberton, M. and Moore, C.M.: PRECISION study group collaborators. MRI-targeted or standard biopsy for prostate-cancer diagnosis. *N. Engl. J. Med.* 378: 1767-1777, 2018.
- 5) 菊地栄次, 大家基嗣：前立腺肥大症とPSA（針生検の適応を含む）。平尾佳彦 編, よくわかって役に立つ前立腺肥大症のすべて。永井書店, 大阪, 2009, pp.51-53.
- 6) Epstein, J.I., Feng, Z., Trock, B.J. and Pierorazio, P.M.: Upgrading and downgrading of prostate cancer from biopsy to radical prostatectomy: incidence and predictive factors using the modified Gleason grading system and factoring in tertiary grades. *Eur. Urol.* 61: 1019-1024, 2012.
- 7) Weinreb, J.C., Barentsz, J.O., Choyke, P.L., Cornud, F., Haider, M.A., Macura, K.J., Margolis D., Schnall, M.D., Shtern, F., Tempny, C.M., Thoeny, H.C. and Verma, S.: PI-RADS Prostate Imaging-Reporting and Data System: 2015, Version 2. *Eur. Urol.* 69: 16-40, 2016.
- 8) American College of Radiology. Prostate Imaging Reporting and Data System (PI-RADS) version 2
<http://www.acr.org/Quality-Safety/Resources/PIRADS>, (Accessed 2018-12-18)
- 9) Hambrook, T., Somford, D.M., Huisman, H.J., van Oort, I.M., Witjes, J.A., Hulsbergen-van, de Kaa, C.A., Scheenen, T. and Barentsz, J.O.: Relationship between apparent diffusion coefficients at 3.0-T MR imaging and Gleason grade in peripheral zone prostate cancer. *Radiology* 259: 453-461, 2011.
- 10) Itou, Y., Nakanishi, K., Narumi, Y., Nishizawa, Y. and Tsukuma, H.: Clinical utility of apparent diffusion coefficient (ADC) values in patients with prostate cancer: Can ADC values contribute to assess the aggressiveness of prostate cancer? *J. Magn. Reson. Imaging* 33: 167-172, 2011.
- 11) Katahira, K., Takahara, T., Kwee, T.C., Oda, S., Suzuki, Y., Morishita, S., Kitani, K., Hamada, Y., Kitaoka, M. and Yamashita, Y.: Ultra-high-b-value diffusion-weighted MR imaging for the detection of prostate cancer: evaluation in 201 cases with histopathological correlation. *Eur. Radiol.* 21: 188-196, 2011.
- 12) Kitajima, K., Takahashi, S., Ueno, Y., Yoshikawa, T., Ohno, Y., Obara, M., Miyake, H., Fujisawa, M. and Sugimura, K.: Clinical utility of apparent diffusion coefficient values obtained using high b - value when diagnosing prostate cancer using 3 tesla MRI: Comparison between ultra - high b - value (2000 s/mm²) and standard high b - value (1000 s/mm²). *J. Magn. Reson. Imaging* 36: 198-205, 2012.
- 13) Blackledge, M.D., Leach, M.O., Collins, D.J. and Koh, D.M.: Computed diffusion-weighted MR imaging may improve tumor detection. *Radiology* 261: 573-581, 2011.
- 14) Ueno, Y., Takahashi, S., Kitajima, K., Kimura, T., Aoki, I., Kawakami, F., Miyake, H., Ohno, Y. and Sugimura, K.: Computed diffusion-weighted imaging using 3-T magnetic resonance imaging for prostate cancer diagnosis. *Eur. Radiol.* 23: 3509-3516, 2013.
- 15) Oto, A., Kayhan, A., Jiang, Y., Tretiakova, M., Yang, C., Antic, T., Dahi, F., Shalhav, A.L., Karczmar, G. and Stadler, W.M.: Prostate cancer: differentiation of central gland cancer from benign prostatic hyperplasia by using diffusion-weighted and dynamic contrast-enhanced MR imaging. *Radiology* 257: 715-723, 2010.
- 16) Shinmoto, H., Tamura, C., Soga, S., Shiomi, E., Yoshihara, N., Kaji, T. and Mulkern, R.V.: An intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging study of prostate cancer. *Am. J. Roentgenol.* 199: W496-W500, 2012.
- 17) Tamura, C., Shinmoto, H., Soga, S., Okamura, T., Sato, H., Okuaki, T., Pang, Y., Kosuda, S. and Kaji, T.: Diffusion kurtosis imaging study of prostate cancer: preliminary findings. *J. Magn. Reson. Imaging* 40: 723-729, 2014.
- 18) Oshio, K., Shinmoto, H. and Mulkern, R.V.: Interpretation of diffusion MR imaging data using a gamma distribution model. *Magn. Reson. Med. Sci.* 13: 191-195, 2014.
- 19) Shinmoto, H., Oshio, K., Tamura, C., Soga, S., Okamura, T., Yamada, K., Kaji, T. and Mulkern, R.V.: Diffusion-weighted imaging of prostate cancer using a statistical model based on the gamma distribution. *J. Magn. Reson. Imaging.* 42: 56-62, 2015.
- 20) Rosenkrantz, A.B., Sigmund, E.E., Johnson, G., Babb, J.S., Mussi, T.C., Melamed, J., Taneja, S.S., Lee, V.S. and Jensen, J.H.: Prostate cancer: feasibility and preliminary experience of a diffusional

- kurtosis model for detection and assessment of aggressiveness of peripheral zone cancer. *Radiology* 264: 126-135, 2012.
- 21) Tamada, T., Prabhu, V., Li, J., Babb, J.S., Taneja, S.S. and Rosenkrantz, A.B.: Prostate cancer: Diffusion-weighted MR imaging for detection and assessment of aggressiveness-comparison between conventional and kurtosis models. *Radiology* 284: 100-108, 2017.
 - 22) Moldovan, P.C., Van den Broeck, T., Sylvester, R., Marconi, L., Bellmunt, J., van den Bergh, R.C.N., Bolla, M., Briers, E., Cumberbatch, M.G., Fossati, N., Gross, T., Henry, A.M., Joniau, S., van der Kwast, T.H., Matveev, V.B., van der Poel, H.G., De Santis, M., Schoot, I.G., Wiegel, T., Yuan, C.Y., Cornford, P., Mottet, N., Lam, T.B. and Rouvière, O.: What is the negative predictive value of multiparametric magnetic resonance imaging in excluding prostate cancer at biopsy? A systematic review and meta-analysis from the European Association of Urology Prostate Cancer Guidelines Panel. *Eur. Urol.* 72: 250-266, 2017.
 - 23) Panebianco, V., Barchetti, G., Simone, G., Del Monte, ., Ciardi, A., Grompone, M.D., Campa, R., Indino, E.L., Barchetti, F., Sciarra, A., Leonardo, C., Gallucci, M. and Catalano, C.: Negative multiparametric magnetic resonance imaging for prostate cancer: What's next? *Eur. Urol.* 74: 48-54, 2018.
 - 24) Borofsky, S., George, A.K., Gaur, S., Bernardo, M., Greer, M.D., Mertan, F.V., Taffel, M., Moreno, V., Merino, M.J., Wood, B.J., Pinto, P.A., Choyke, P.L and Turkbey, B.: What are we missing? False-negative cancers at multiparametric MR imaging of the prostate. *Radiology* 286: 186-195, 2018.
 - 25) Truong, M., Hollenberg, G., Weinberg, E., Messing, E.M., Miyamoto, H. and Frye, T.P.: Impact of Gleason subtype on prostate cancer detection using multiparametric magnetic resonance imaging: Correlation with final histopathology. *J. Urol.* 198: 316-321, 2017.
 - 26) Truong, M., Feng, C., Hollenberg, G., Weinberg, E., Messing, E.M., Miyamoto, H. and Frye, T.P.: A comprehensive analysis of cribriform morphology on magnetic resonance imaging/ultrasound fusion biopsy correlated with radical prostatectomy specimens. *J. Urol.* 199: 106-113, 2018.
 - 27) Kuhl, C.K., Schradling, S., Strobel, K., Schild, H.H., Hilgers, R.D. and Bieling, H.B.: Abbreviated breast magnetic resonance imaging (MRI): First postcontrast subtracted images and maximum-intensity projection - A novel approach to breast cancer screening with MRI. *J. Clin. Oncol.* 32: 2304-2310, 2014.
 - 28) Sheth, D. and Abe, H.: Abbreviated MRI and accelerated MRI for screening and diagnosis of breast cancer. *Top. Magn. Reson. Imaging* 26: 183-189, 2017.
 - 29) Kuhl, C.K., Bruhn, R., Krämer, N., Nebelung, S., Heidenreich, A. and Schradling, S.: Abbreviated biparametric prostate MR imaging in men with elevated prostate-specific antigen. *Radiology* 285: 493-505, 2017.

Clinical significance of magnetic resonance imaging for the Prostate gland

Hiroshi SHINMOTO

J. Natl. Def. Med. Coll. (2019) 44 (2) : 63 – 70

Abstract: With the increasing number of prostate cancer afflicted, prostate MRI is expected in terms of how efficiently it picks up clinically significant cancer. This is especially because diffusion-weighted imaging is closely related to the aggressiveness of prostate cancer. Imaging and analysis methods of diffusion-weighted MRI in prostate cancer are progressing day by day, including parallel imaging, computed diffusion-weighted imaging with high b value, new biomarkers other than apparent diffusion coefficient. Regarding standardization of prostate MRI, Prostate Imaging and Reporting and Data System version 2 (PI - RADS v2) plays an important role, and it is expected that it will be improved in the future. With the recent large-cohort study, by enforcing MRI before prostate biopsy, it avoids unnecessary biopsy, further increases the detectability of clinically significant cancer, and suppresses detection of clinically insignificant cancer. However, there are some papers that systematic biopsy cannot be avoided in high-risk cases, even if there are no positive findings in pre-biopsy MRI. Further studies are needed in this field.

Key words: prostate cancer / magnetic resonance imaging / clinically significant cancer / clinically insignificant cancer / diffusion-weighted image / apparent diffusion coefficient / prostate biopsy / transrectal biopsy / targeted biopsy