



Title	膀胱腫瘍のMRI診断 : 深達度診断におけるGd-DPTA併用 Fast Spin Echo法の有用性
Author(s)	谷本, 伸弘; 湯浅, 祐二; 遠藤, 雅裕 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1989, 49(12), p. 1552-1566
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18609
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

膀胱腫瘍のMRI診断：

深達度診断におけるGd-DTPA併用Fast Spin Echo法の有用性

慶應義塾大学医学部放射線診断科

谷本 伸弘	湯浅 祐二	遠藤 雅裕	大川 伸一
白神 伸之	藤沢 裕久	井戸 邦雄	小川 健二
百島 祐貴	志賀 逸夫	平松 京一	

同 泌尿器科

田 崎 寛

（平成元年8月2日受付特別掲載）

（平成元年10月4日最終原稿受付）

Magnetic Resonance Imaging of the Bladder Tumors Superiority of Serial “Fast SE” Assisted by Gd-DTPA in the Tumor Staging

Akihiro Tanimoto, Yuji Yuasa, Masahiro Endo, Shinichi Ohkawa, Nobuyuki Shiraga,
Hirohisa Fujisawa, Kunio Ido, Kenji Ogawa, Suketaka Momoshima,
Hayao Shiga and Kyoichi Hiramatsu

Department of Diagnostic Radiology, Keio University Hospital

Hiroshi Tazaki

Department of Urology

Research Code No. : 518

Key Words : Carcinoma, Urinary bladder, MR imaging,
Gd-DTPA, Fast spine echo

Eighteen cases with bladder tumors were examined by means of superconducting MRI. Sequences used were spin echo (TR/TE (msec)=500/20 as T1WI (weighted image) and 1500/80 as T2WI) and serial “fast spin echo (fast SE)” pre/post Gd-DTPA administration. “Fast SE” was a new technique offering a distinct T1WI (TR/TE=100/14, utilizing a 14 second breath hold). Slice thickness of “fast SE” was 10 mm and slice plane was selected perpendicular to the tumor base to detect the extent of invasion. Serial scan of “fast SE” was performed before and immediately after 0.1 mmol/kg Gd administration. Scanning was completed before the bladder was opacified by Gd. Tumor and normal mucosa were both markedly enhanced whereas the surrounding muscle layer remained hypointense. On delayed scan, the elevated character of the tumor was outlined by opacified urine but the distinction between the mucosa and the muscle layer became unclear. Total cystectomy (TC) was performed in 6 of 18 cases and pathological tumor extension was correlated with MR findings. Transurethral resection (TUR) was performed in the remaining 12 patients, and the tumor extension was assessed by follow-up biopsy after TUR. Intact liner hypointensity indicated superficial lesions (\leq pT2), while disruption of the linear hypointensity corresponded pathologically to deep muscle invasion (\geq pT3a). Accuracy of serial “fast SE” in tumor staging was 94% (17/18). Serial “fast SE” allowed the distinction of superficial from invasive tumors more accurately than conventional studies, and therefore assisted in choosing the correct operative method.

1. はじめに

膀胱腫瘍における手術術式はおもにその深達度により決定される。膀胱粘膜にとどまる腫瘍は経尿道的腫瘍切除術 (TUR-BT) が、膀胱筋層以上の浸潤を示す腫瘍は膀胱全摘術が施行されるのが通常である¹⁾。膀胱腫瘍の深達度診断法としては従来のCT・超音波のほかMRIが応用されつつある^{2)~9)}が、筋層浸潤を忠実に描出できるには至っていない。今回我々は、超伝導MRI装置を膀胱腫瘍の深達度診断に適用し、呼吸停止下のスピネコー法とGd-DTPAの併用にて明瞭な腫瘍と筋層浸潤の描出を得、術式決定に有用な深達度診断法と考えられたので報告する。

2. 対象および方法

① 対象 (Table 1)

対象は膀胱原発の移行上皮癌18例で、年齢分布は40~78歳である。初発症状は全例が血尿で、膀胱鏡あるいはIVPにて膀胱腫瘍が発見された。初回の膀胱鏡は腫瘍の局在を同定するとともに、腫瘍の生検はそれによる腫瘍部分の炎症性浮腫が深

達度診断を困難とすると予想されるため¹⁰⁾原則としてMRIの後に行なわれた。

② 方法

使用したMRI装置はGE社SIGNA (超伝導1.5tesla)である。まず前処置として、患者に検査2時間前より排尿を禁じる。検査時に膀胱が100~150mlの尿で中程度伸展した状態が望ましい¹⁰⁾。これ以上緊満すると、膀胱壁が伸展非薄化して深達度診断が困難となる。

スキャン方法は、まず呼吸同期下スピネコー法のT1強調画像 (TR/TE=500msec/20msec)、T2強調画像 (同1,500~2,000/80)、密度強調画像 (同1,500~2,000/20)を水平断にて得た。腫瘍の位置によっては冠状断、矢状断で代用した。FOV (Field of View: データ収集関心領域)は28~40cm、画像マトリックスは256×128、データ加算は2~4回、スライス厚は5mm、スライス間隔は1.5~2.5mmのマルチスライス法を用いた。

次に腫瘍基底部に最も垂直に近い断面を選択し、14秒間の呼吸停止下のスピネコー法 (TR=100msec, TE=14msec, 最大2スライスを1回のスキャンで得ることが可能)によるT1強調画像を得た (以下Fast SE法¹¹⁾)。ここでGd-DTPA (Magnevist®: 日本シエリング社)を0.1mmol/kg急速静注し、その後ただちにこのFast SE法を同一断面にて3回繰り返して施行した (3回のスキャンで約1分30秒かかる)。さらに造影剤が膀胱内に排泄された後のT1強調画像をマルチスライス法で得た。

なお、すべてのパルス系列にて周波数エンコーディング方向の折返しアーチファクトを阻止するためにno frequency wrapというソフトウェアを、血流アーチファクト防止のためにPRESATURATIONというソフトウェアを併用した。位相エンコーディング方向の折返し防止は呼吸同期下のスキャンでは原理的に不要となるが、呼吸停止下Fast SE法ではFOVに応じて適宜no phase wrapというソフトウェアを併用した。

3. 結果及び評価方法

① 各パルス系列における画像の特徴と客観的評価 (Table 2, 3)

Table 1 List of 18 cases of the bladder tumors

Case No.	Age	Sex	Tumor Configuration	Maximum Diameter of the Tumor(cm)*	Operative Method
①	78	F	Pap. broad base & multiple	1.8	TUR→TC
②	70	M	Pap. broad base	3.6	TC
③	50	M	Pap. broad base	1.9	TC
④	40	M	Pap. broad base & multiple	6.0	TC
⑤	60	M	Pap. broad base	1.5	TC
⑥	74	M	Pap. invasive	2.4	TUR→TC
⑦	62	M	Pap. pedunculated	2.4	TUR
⑧	43	M	Pap. broad base	2.3	TUR
⑨	71	M	Pap. pedunculated & multiple	1.0	TUR
⑩	55	M	Pap. pedunculated & multiple	0.5	TUR
⑪	66	M	Pap. broad base	3.7	TUR
⑫	72	M	Pap. pedunculated	3.3	TUR
⑬	65	M	Pap. pedunculated	1.4	TUR
⑭	63	M	Pap. broad base & multiple	2.5	TUR
⑮	63	M	Pap. pedunculated	0.7	TUR
⑯	72	M	Pap. broad base	1.5	TUR
⑰	53	F	Pap. pedunculated	5.0	TUR
⑱	73	F	Pap. pedunculated	1.8	TUR

*: Maximum diameter of the elevated part of the tumor was measured.

TC: total cystectomy TUR: transurethral resection

各パルス系列の画像における膀胱腫瘍、膀胱粘膜、膀胱筋層の信号パターンは Table 2 に示したように、以下のような特徴があった。

【T1強調画像】腫瘍は尿よりやや高信号の場合が最も多かったが、直径1cm以下の腫瘍の描出は困難であった。膀胱粘膜、筋層はともに同程度の信号強度を示すことが多く粘膜と筋層の区別は困難な例が多かった。尿との比較では3者ともやや高信号から等信号を示した。ただし膀胱壁を粘膜と筋層とに分離して観察するのはあくまで現段階では仮定であり、後に述べるFast SE法とGd-DTPAの併用時に粘膜の信号強度が筋層より増強することを参考にしている。

【T2強調画像】腫瘍の信号強度は尿と同等かやや低く、T1強調画像より腫瘍の描出は不良で

あった。また検討症例すべてについて、膀胱壁を粘膜と筋層の2層構造としては描出されなかった。

【密度強調画像】腫瘍は尿よりやや高信号の場合が多く、その描出能はT1強調画像以上であった。膀胱壁はやや粘膜が筋層より高信号に描出される例が多く、その分離はT1強調画像とほぼ同等の画像を得た。

【Fast SE法+Gd-DTPA】造影直後より腫瘍、粘膜、粘膜下層の信号強度が著明に増強され、筋層は低信号帯として描出された。

【T1強調画像+Gd-DTPA】造影剤が膀胱内に排泄された後のT1強調画像では、著明に高信号となった尿により腫瘍の輪郭が極めて明瞭化したが、粘膜と筋層の区別は排泄前の状態よりやや不

Table 2 Signal intensity of the tissue compared with the urine ; No. of Cases

	Tumor				Bladder Mucosa				Bladder Muscle			
	H	IH	I	L	H	IH	I	L	H	IH	I	L
T1WI	3	10	5	0	0	6	12	0	0	1	17	0
T2WI	1*	0	8	9	0	0	0	18	0	0	0	18
PDWI	7	6	5	0	0	11	7	0	0	3	15	0
FSE	0	10	8	0	0	2	16	0	0	0	18	0
FSE+Gd	16	2	0	0	8	10	0	0	0	1	17	0

* : This case shows high intensity tumor on every sequence because of intratumoral hemorrhage after TUR biopsy.

Table 3-A Diagnostic utility scores on each pulse sequence for tumor detection

Sequence	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	Sum	Average Score	Rank
T1 WI	2	1	0	1	2	1	2	1	1	2	2	2	1	2	0	1	2	2	25	1.4	4
T2 WI	1	2	1	1	2	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	16	0.9	6
PD WI	2	2	1	2	2	1	2	1	1	0	2	2	1	2	0	1	2	2	26	1.4	3
Fast SE	1	2	1	2	2	0	2	1	1	0	2	2	1	1	0	1	1	0	20	1.1	5
FSE+Gd	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	34	1.9	2
T1WI+Gd	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	36	2.0	1

Table 3-B Diagnostic utility scores on each pulse sequence for tumor staging

Sequence	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	Sum	Average Score	Rank
T1 WI	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	6	0.3	5
T2 WI	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	20	1.1	3
PD WI	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	2	2	1	2	0	1	1	1	16	0.9	4
Fast SE	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	0.3	6
FSE+Gd	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	0	2	2	2	33	1.8	1
T1WI+Gd	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	2	2	1	25	1.4	2

明瞭となった。

以上の各パルス系列ごとの画像を各症例についてスコア化し客観的評価を試みた。スコアは2点満点で、明瞭に描出でき診断が容易な画像を2点、やや不明瞭だが診断が可能な画像を1点、不明瞭で診断不可能な画像を0点として評価した。その結果、腫瘍の描出能は造影後のT1強調画像が最も優れ、Fast SE+Gd-DTPAがこれに次いでいた (Table 3A)。深達度診断能ではFast SE+Gd-DTPAが最も優れていた (Table 3B)。以下症例を呈示する (Fig. 1~8)。

② MRIにおける深達度診断基準と病理学的深達度の関係 (Table 4, 5)

MRIにおける深達度診断基準は、①の結果より

Fast SE+Gd-DTPA法を中心に想定した (Table 4)。造影直後より、腫瘍と粘膜・粘膜下層は著明に高信号化する一方、筋層は低信号帯域として描出される。従って腫瘍基底部分において高信号帯域による低信号帯域の断裂や消失が認められれば、少なくとも筋層深部に達する深達度であると推定できる (Fig. 6, 7) この判定法に基いて、MRIにおける深達度をpT2以下とpT3a以上に分類して病理学的深達度と対比すると、Accuracyは94%であった (Table 5)。ただし、対象18例中6例は膀胱全摘術、12例はTUR-BTが施行されており、後者12例の病理学的深達度の検索はTUR切除標本に筋層部分が付着していれば筋層への浸潤の有無により、付着がなければ腫瘍のGradeと

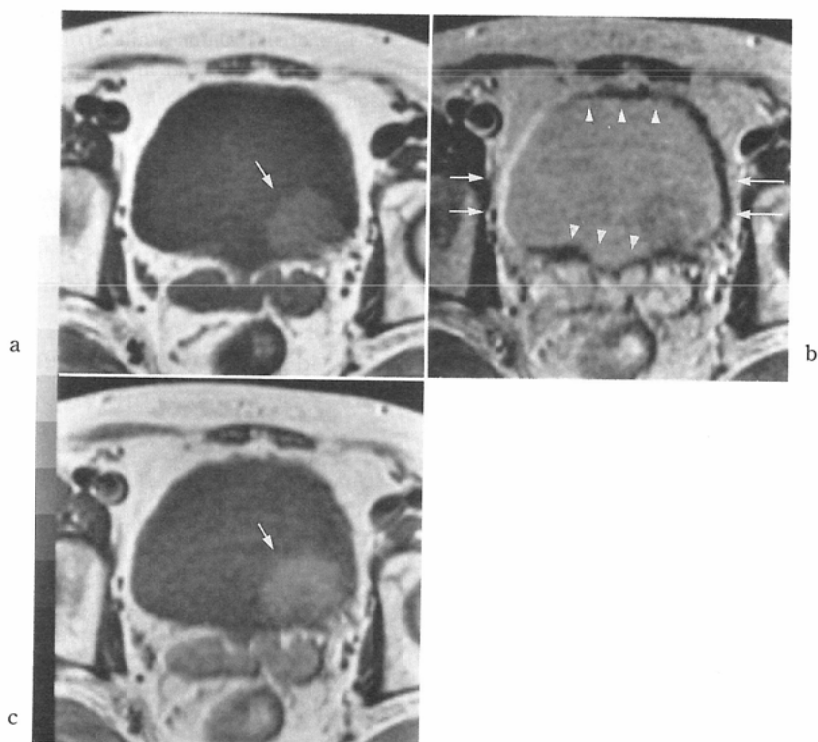


Fig. 1 Case No. 11 (Pathologic tumor staging : below pT2)

a. T1WI (T1 weighted image, SE 500msec/20msec). Papillary tumor shows higher intensity than the urine (arrow). Bladder mucosa cannot be differentiated from the muscle layer. b. T2WI (SE 1,500/80). Papillary configuration of the tumor is unclear on T2WI. Linear hypointensity corresponding to the bladder wall is revealed (arrowheads). Chemical shift artifact is also seen in the lateral wall (arrows). c. PDWI (Proton density weighted image, SE 1,500/20). PDWI shows high intensity tumor likewise T1WI (arrow).

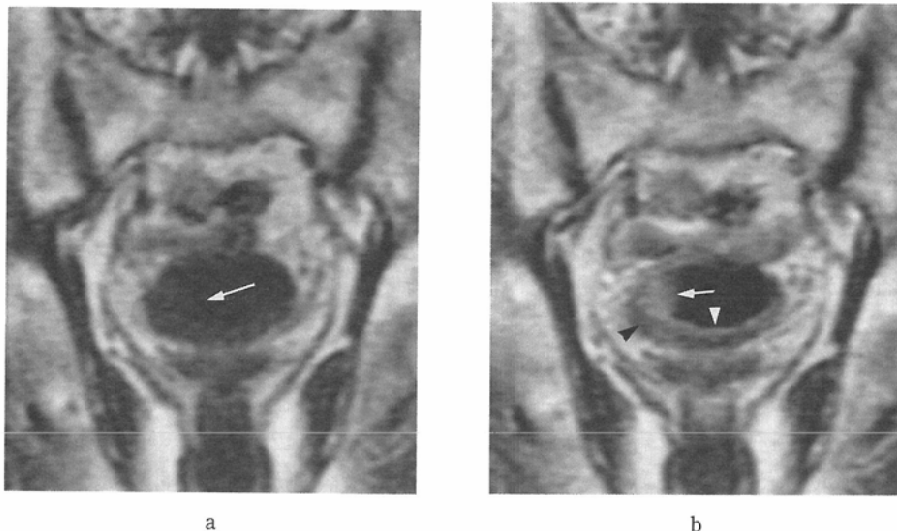


Fig. 2 Case No. 13 (below pT2)

a. Fast SE (SE 100/14, under 14 seconds breathhold). Right lateral wall is slightly thickened (arrow). b. Fast SE+Gd-DTPA. Broad base tumor (white arrow) and bladder mucosa (white arrowhead) are both markedly enhanced, although muscle layer still remains linear hypointensity (black arrowhead). (This is a sign of below pT2.)

術後の Follow-up の膀胱鏡下生検での再発所見の有無により¹²⁾行なった。

4. 考 察

① 各パルス系列における画像コントラスト

膀胱腫瘍の診断は、X線CT同様細部構造の描出が要求される領域であり、鮮明な画像を得ることが何より重要である。1.5tesla という高磁場MRI装置の利点としてはまず、巨視的磁化が大きくかつ磁場の均一性に優れているのでS/N比 (signal/noise ratio) の良い画像が得られることが挙げられる。繰り返し時間 (TR) を短縮して呼吸停止下でスキャンするスピンエコー法 (Fast SE) も高磁場装置ならではの可能な方法であり、我々の肝腫瘍・腎腫瘍における検討¹¹⁾では呼吸同期下スピンエコー法の T1強調画像より明らかに C/N 比 (contrast/noise ratio) に優れていた。ただし Fast SE 法はあくまで T1強調画像なので、膀胱腫瘍に応用した場合に腫瘍と健常膀胱壁部分とのコントラストがつきにくい点は従来の報告^{1)~3)}からも予想され、事実今回の結果 (Table 2, 3) もその通りであった。Fast SE 法の鮮明な画像

の下で膀胱腫瘍と健常膀胱壁のコントラストが十分につけば存在診断および深達度診断が容易となるという発想が今回の Gd-DTPA 併用の端緒である。

Gd-DTPA を用いないスピンエコー法画像について各パルス系列の画像コントラストを検討すると、T1強調画像では腫瘍の信号強度は尿よりやや高い傾向にあり、腫瘍自体の描出は良好な結果を得たが、壁との信号強度の差はほとんど見られず筋層浸潤の有無の診断には不向きであった。一方膀胱周囲脂肪織は高信号に描出され pT3b 以上の浸潤の判定には T1強調画像が有用と考えられた。T2強調画像では腫瘍の信号強度は尿よりやや低いか同程度の傾向にあり、腫瘍の乳頭成分の描出には不利であるが、膀胱壁全体が低信号帯として描出されるため pT3a 以上の有無の判定には有用と思われた。密度強調画像では腫瘍は尿より高信号を示し、腫瘍乳頭成分の描出には最も有利であった。深達度の判定には T1強調画像とはほぼ同等であった。これらの結果は低磁場装置における画像コントラストと類似しており^{1)~3)}、腫瘍の肉

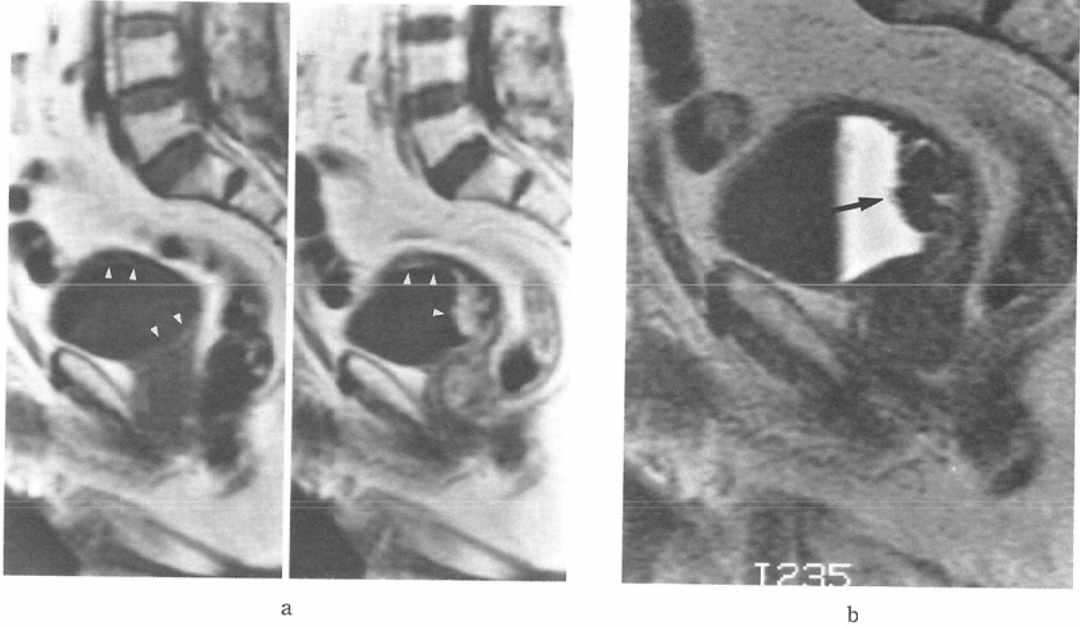


Fig. 3 Case No. 6 (pT1)

a. Left: Fast SE (SE 100/14). Bladder mucosa shows slightly high intensity (arrowheads). However, tumor configuration is not detected. Right: Fast SE+Gd-DTPA. Bladder tumor and mucosa are both remarkably enhanced (arrowheads). Linear hypointensity surrounding the mucosa in not disrupted but indicates superficial irregularity. (Irregularity without disruption is not significant.)
 b. T1WI (SE 500/20), aquired 5 minutes after Gd administration. Papillary shape of the tumor is clearly demonstrated (arrow) by the urine containing Gd-DTPA.
 c. Fast SE+Gd-DTPA, 3 months after TUR-BT. Mucosal defect and hypointensity area are revealed at the site of TUR-BT (arrow), although residual mucosa is prominently enhanced (arrowheads). This hypointensity is presumed to be scarring of the muscle layer.

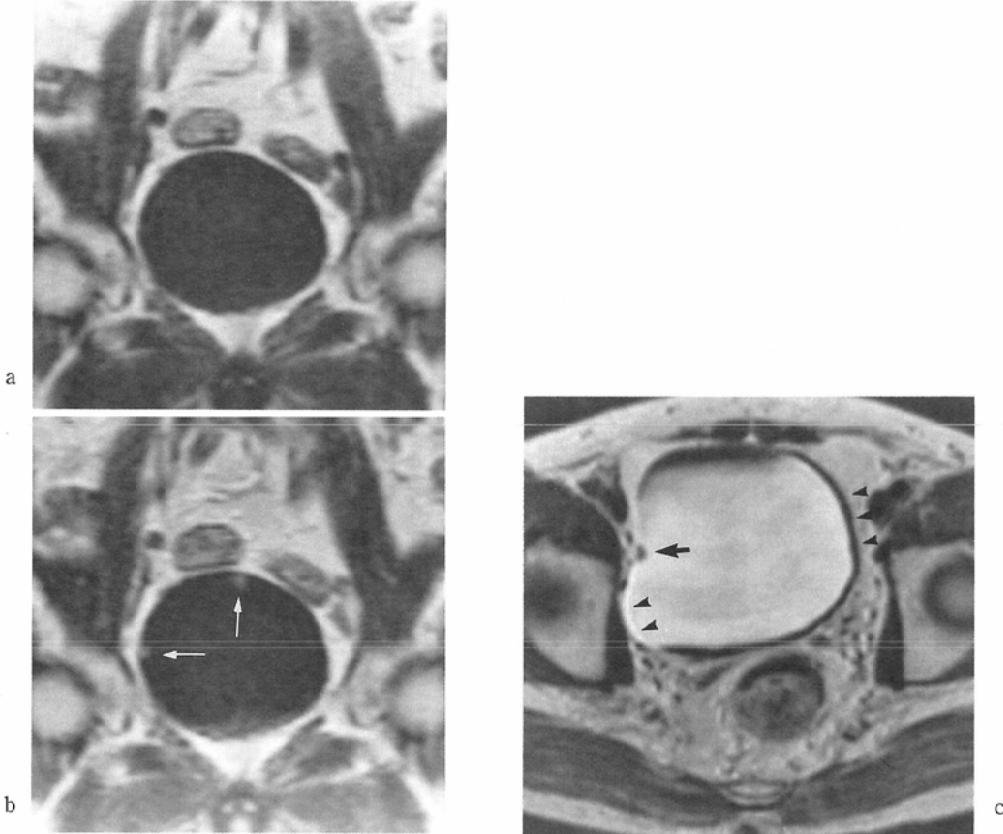


Fig. 4 Case No. 10 (below pT2)

a. Fast SE (SE 100/14) No evident tumor is recognized. b. Fast SE+Gd-DTPA. Tiny papillary tumors about 5mm in diameter are visualized at the bladder dome and right lateral wall (arrows). Enhancement of bladder mucosa is negligible because the bladder is considerably inflated. c. T1WI (SE 500/20), aquired 5 minutes after Gd administration. Tiny papillary tumor is seen in the right lateral wall (arrow). Chemical shift artifact is also apparent (arrowheads).

眼形態が乳頭状か浸潤性かにより診断に最適なパルス系列が異なってくることを示唆すると思われる。

② Gd-DTPA の併用について

膀胱腫瘍の画像診断法としてのMRIにMRI用造影剤であるGd-DTPAを併用したという報告は我々の調べた限りでは未だない。Gd-DTPAは常磁性物質であり、著明なT1短縮効果を有するのでその経静脈性投与によりT1強調画像にて組織がGd-DTPAの血流分布に応じた高信号化を示すようになる¹³⁾。解剖学的には、膀胱壁は内側から粘膜・粘膜下層および周囲結合織から構成さ

れ、一方膀胱動脈は周囲結合織内を走行後、筋層を貫いてから粘膜下層と移行上皮直下にて密なnetworkを形成し一部は移行上皮内に進入する¹⁴⁾。また選択的膀胱動脈造影における膀胱腫瘍と粘膜の濃染もよく経験されるところである¹⁵⁾。従ってGd-DTPA急速静注直後の時点では膀胱壁での血流分布のままに筋層に比較して膀胱腫瘍・粘膜・粘膜下層に高濃度にGd-DTPAが存在するので、Fast SE法にて高信号部として描出されるのはまさに粘膜・粘膜下層と腫瘍であり、その周囲を取り巻く低信号帯は筋層に一致すると考えられる。ただし膀胱移行上皮は膀胱の伸展程度

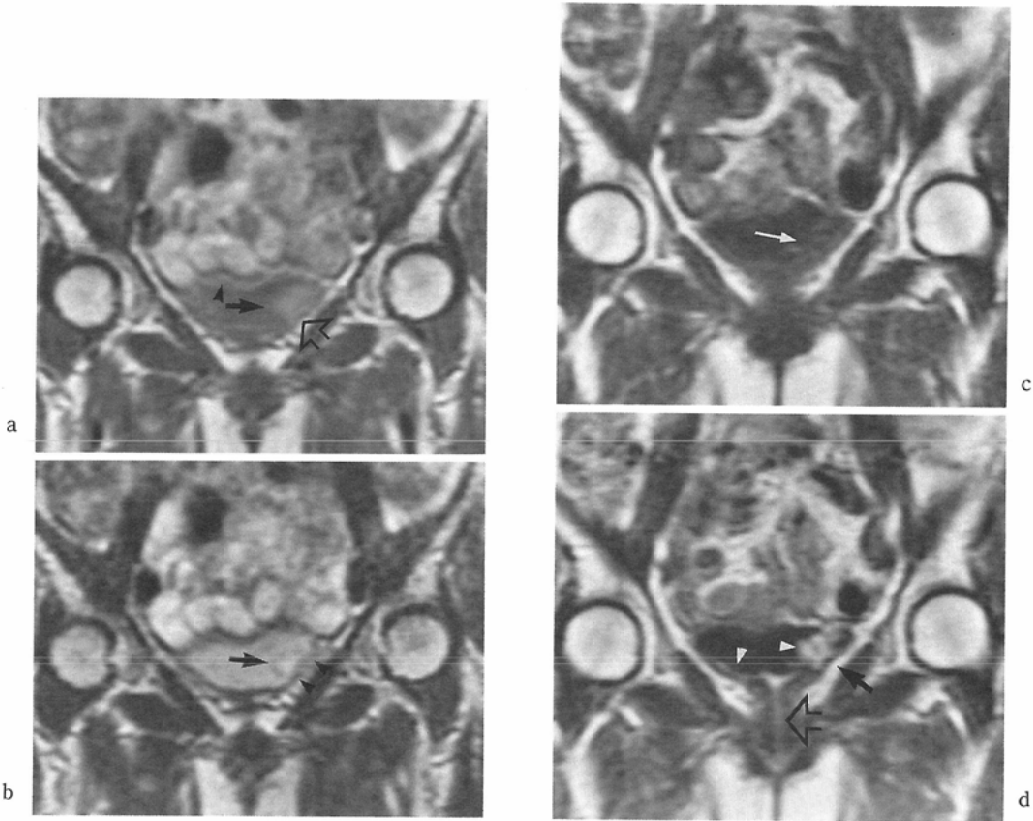


Fig. 5 Case No. 1 (pT1)

a. PDWI (SE 1,500/20) Both the tumor (arrow) and bladder mucosa (arrowhead) shows high intensity compared with the urine. Note linear hypointensity surrounding bladder mucosa (wide arrow). b. T2WI (SE 1,500/80) Papillary & broad base tumor is visualized in the left lateral wall (arrow). Linear hypointensity is not disrupted (arrowheads). (This finding shows that the tumor stage is below pT2.) c. Fast SE (100/14) Bladder wall is locally thickened in the left lateral wall (arrow). d. Fast SE+GD-DTPA Bladder tumor and mucosa are both remarkably enhanced (arrowheads), although surrounding hypointensity is maintained except for minimal irregularity (arrow). (Tumor stage is estimated below pT2.) Female urethra is also enhanced (wide arrow).

によってその細胞層の数が変化する性質を有し¹⁶⁾、過伸展の状態での膀胱粘膜の菲薄化は移行上皮細胞層の数の減少が直接関与することになる。従って膀胱粘膜の高信号化をよく観察するには膀胱を過伸展させないことが重要となる。

Gd-DTPA の併用下では尿道粘膜も同様に高信号化する (Fig. 2, 3, 5)。これにより膀胱腫瘍の尿道への浸潤の有無も診断できる可能性¹⁷⁾が出てきたと言える。またFast SE法は膀胱内にGd-DTPA

が排泄される以前にスキャンを終了できるので粘膜と筋層との分離が排泄後より容易となるという利点もある。Gd-DTPA は静注後 2～3 分で腎から膀胱内腔に排泄され膀胱内容が極めて高信号化し、相対的に腫瘍と膀胱壁は低信号化するため粘膜と筋層の分離はやや不鮮明化し深達度診断が困難となる傾向がある。ただしこの時点では膀胱内の造影剤により腫瘍の乳頭状成分の輪郭の描出には優れた画像を提供できる (Fig. 3, 6)。

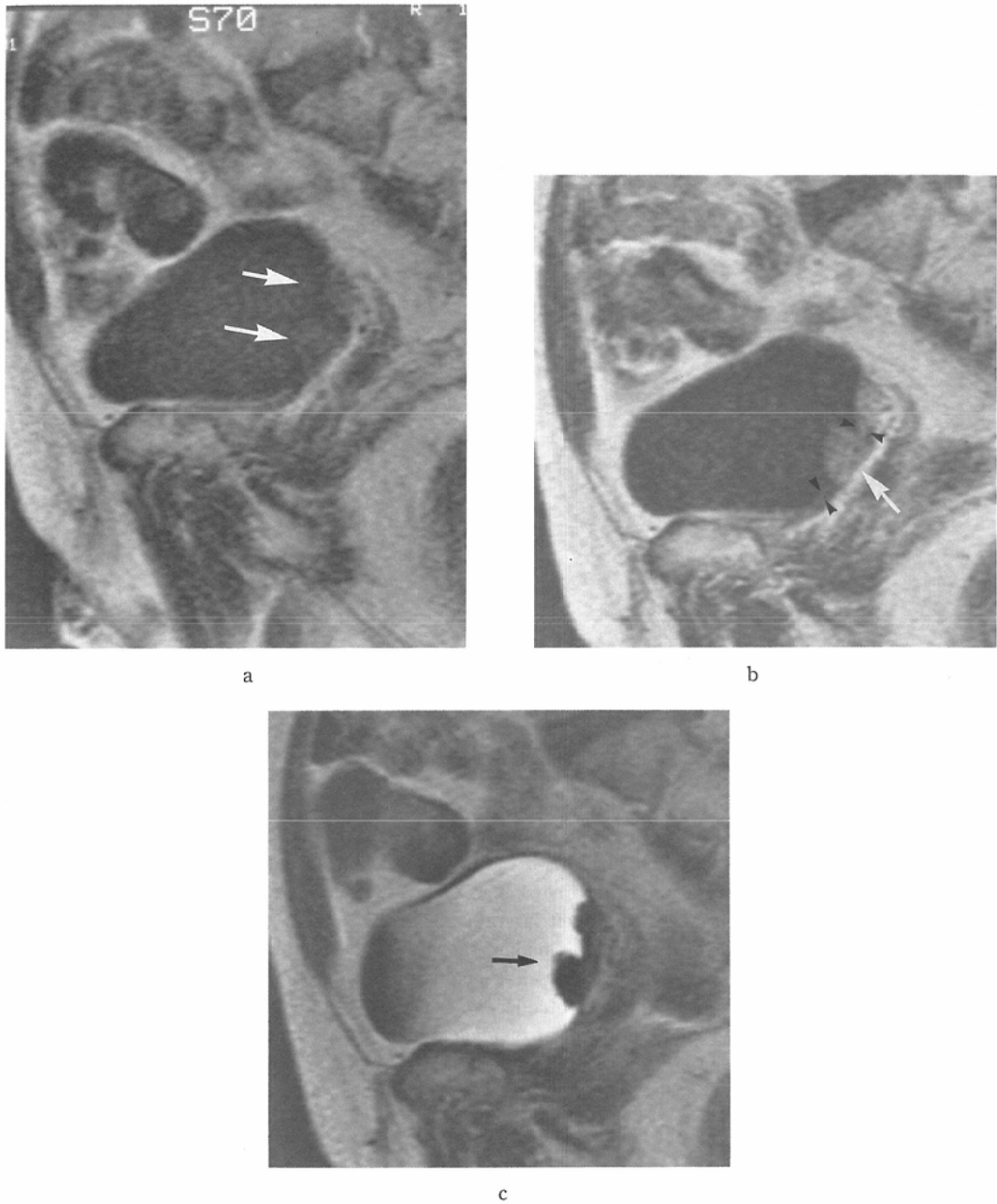


Fig. 6 Case No. 2 (pT3a)

a. Fast SE (100/14) Papillary and broad base tumor is recognized in the posterior wall (arrows). b. Fast SE+Gd-DTPA. Enhanced tumor infiltrates into the linear hypointensity (white arrow) across the mucosa (arrowheads), regarded as the disruption of linear hypointensity. (This is a sign of pT3a.) c. T1WI (SE 500/20), acquired 5 minutes after Gd administration. Contour of papillary and broad base tumor is extremely demonstrable (arrow). However, distinction between tumor and linear hypointensity is less clear than fast SE with Gd-DTPA.

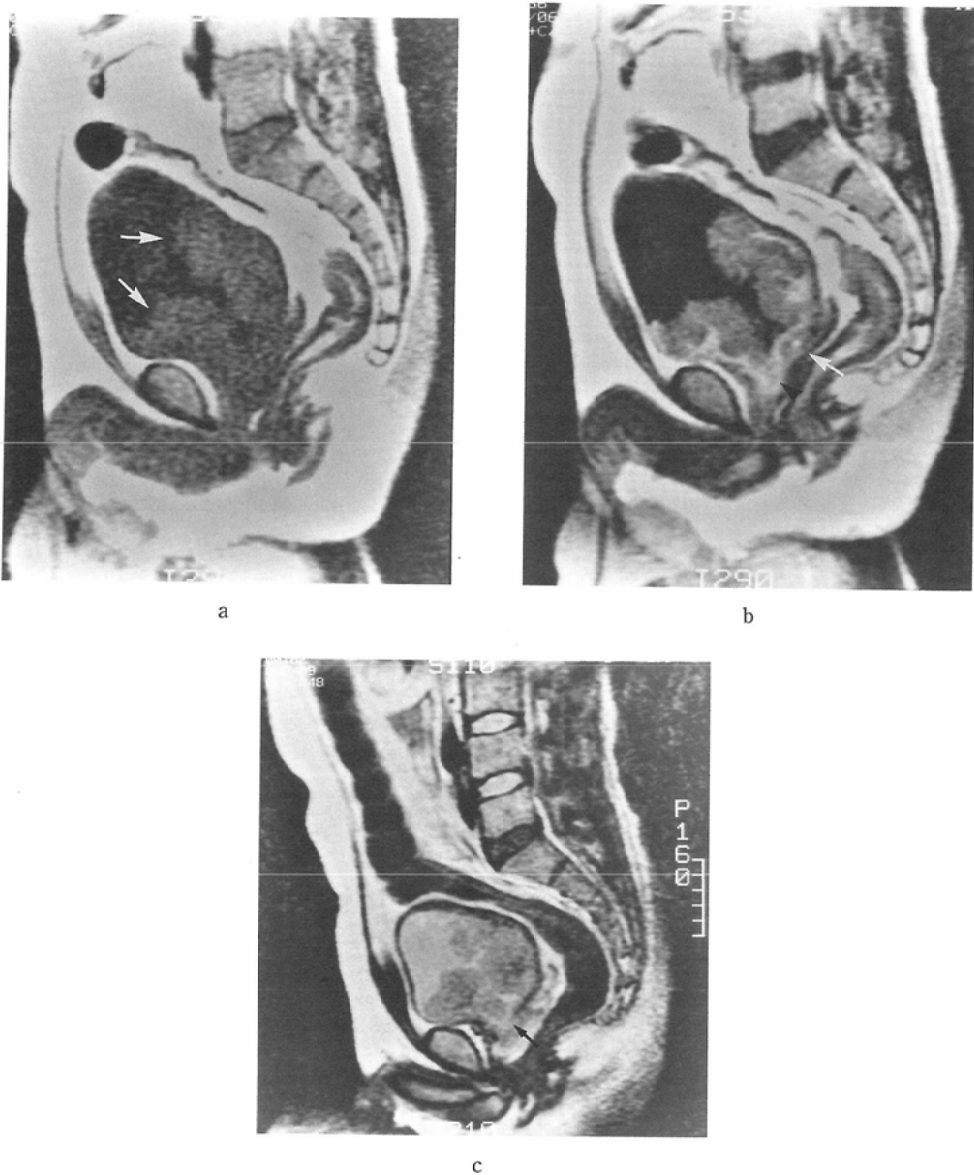


Fig. 7 Case No. 4 (pT4)

a. Fast SE (SE 100/14) Multiple and huge papillar tumors are recognized (arrows).
 b. Fast SE+Gd-DTPA. Tumors and bladder mucosa are markedly enhanced. Linear hypointensity is disrupted at the bladder base (arrow), pathologically proved to be deep muscle invasion. (It is regarded as pT3a). Prostatic gland is also enhanced due to the tumor infiltration (arrowheads).
 c. T2WI (SE/ 1,500/80) Linear hypointensity is disrupted at the bladder base (arrow).

③ 深達度診断について

膀胱腫瘍の深達度分類としてはTNM分類あるいはJewett-Marshall分類が通常用いられ¹⁷⁾,

MRIによる深達度診断基準との関係はTable 4に示したごとくである。膀胱腫瘍の治療は一般に、深達度からはpT1がTUR-BT, pT2がTUR-

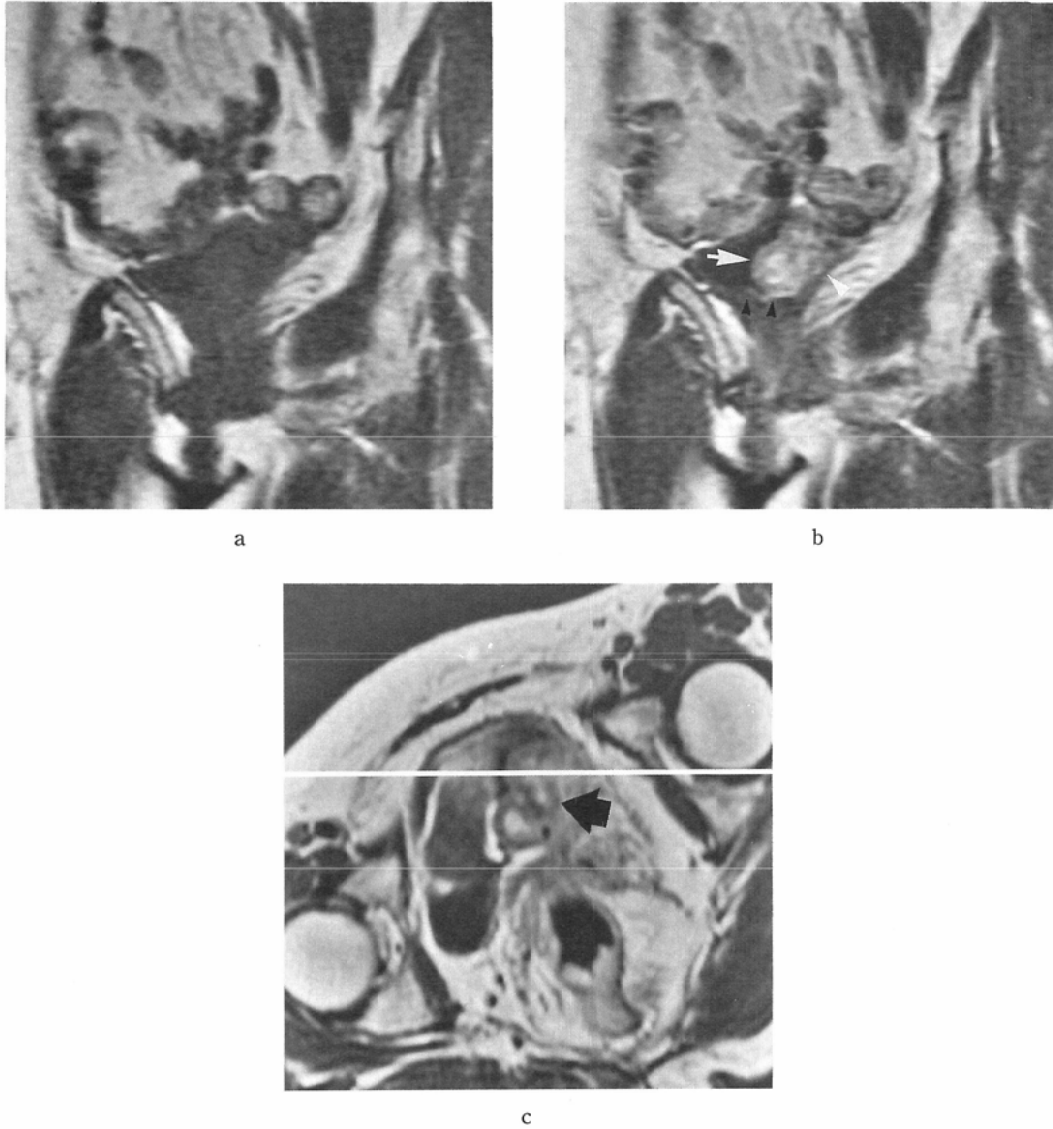


Fig. 8 Case No. 17 (below pT2)

a. Fast SE (100/14) with left anterior oblique (LAO) position. Coronal scan is performed under LAO position because location of the tumor is left posterolateral (See 8-c). b. Fast SE+Gd-DTPA. Tumor (arrow) and mucosa (arrowheads) are both enhanced. Linear hypointensity is intact (white arrowheads). c. T1WI. Tumor location (arrow) and scanning plane (white line) are displayed.

BTが膀胱部分切除術，pT3が膀胱全摘術，pT4が膀胱全摘術か放射線療法・化学療法の適応となる¹⁾。厳密には腫瘍の異型度(Grade)も考慮しなければ治療法の選択法として十分でなく，例えばGrade 3の腫瘍ではpT2でも膀胱全摘術の適応とな

る¹⁸⁾。また膀胱腫瘍は多中心性発生の傾向がありTUR-BT後の再発も決して少なくなく，さらに悪性疾患である以上はある程度のOversurgeryも容認され得るであろう。しかし膀胱全摘術は尿路変更術が必ず要求され，また陰萎などの症状がほ

Table 4 Correlation of MRI findings and TNM/Jewett-Marshall's classification of bladder tumors

TNM Category	J-M Category	Pathological Definition	Findings of Fast SE+Gd-DTPA
Tis	0	Ca. in situ	Too small to detect
Ta	0	Papillary and noninvasive carcinoma	Tumor, bladder mucosa and submucosa are markedly enhanced, although linear hypointensity (muscle layer) is maintained.
T1	A	Invasion of mucosa and submucosa	
T2	B1	Invasion of superficial muscle layer	
T3a	B2	Invasion of deep muscle layer	Linear hypointensity is disrupted.
T3b	C	Perivesical extension	In addition to T3a finding, abnormal tissue is seen in perivesical fat and/or contiguously extends to pelvic organs.
T4	D1	Invasion of prostate or other extravescical structures	

Table 5 Tumor staging assessed by CT and serial Fast SE correlated with Pathologic Analysis

Case No.	Image Diagnosis		Pathologic Diagnosis	
	CT staging	MR staging	stage	grade
①	=<pT2	=<pT2	pT1	G2
②	pT3a	pT3a	pT3a	G3>G2
③	pT3a	pT3a	pTa	G1>G2
④	pT3b	pT4	pT4	G2>G3
⑤	=<pT2	=<pT2	pT1	G2
⑥	=<pT2	=<pT2	pT1	G2
⑦	=<pT2	=<pT2	=<pT2*	G2
⑧	=<pT2	=<pT2	=<pT2*	G2>G1
⑨	=<pT2	=<pT2	=<pT2*	G2
⑩	Negative**	=<pT2	=<pT2*	G1>G2
⑪	=<pT2	=<pT2	=<pT2*	G2
⑫	=<pT2	=<pT2	=<pT2*	G2>G3
⑬	pT3b	=<pT2	=<pT2*	G2>G1
⑭	pT3a	=<pT2	pT1	G2
⑮	Negative**	=<pT2	pT1	G1
⑯	=<pT2	=<pT2	=<pT2*	G2
⑰	=<pT2	=<pT2	=<pT2*	G2
⑱	None	=<pT2	=<pT2*	G2

* : Tumor stage is assumed by TUR specimen and/or follow-up biopsy.

** : Tumor is not detected on CT scan (Bladder is filled with air.)

ば必発であるなど患者の日常生活に与える影響は大きい。このことより治療法の選択にあたって臨床的にかつ患者にとって最も重要なのは、異型度が Grade 2 以下の場合の pT2 以下と pT3a 以上の鑑別であり、これが低侵襲な TUR-BT で治療可

能かどうかの分岐点となる。従って、膀胱腫瘍の術前深達度診断において pTis・pT1・pT2間の区別を厳密に行なうことはさほどの意味を持たないと思われ(ただし Grade 3 の場合は例外であるが)、今回の我々の検討も pT2 以下と pT3a 以上の鑑別を重視している。ただし pTis のうち非乳頭状(平坦型)のものは浸潤性膀胱癌の前駆病変となる¹⁶⁾ので臨床的に例外的意義を有しており、現時点では MRI のみならずすべての画像診断法をもってしても検出は困難であるため検討例から除外した。

文献的には、膀胱壁は T2 強調画像で低信号帯を示し、その断裂と周囲脂肪織への伸展の有無をもって深達度診断がされている¹¹⁻⁹⁾。Bryan ら⁹⁾は低信号帯の断裂は pT3b 以上の浸潤にのみ見られるとし、一方 Buy¹¹⁾らは同じ所見を pT3a 以上と判定している。Bryan の判定基準では T2 強調画像は pT3a, pT3b の鑑別には有用であるが pT2 と pT3a を鑑別するには問題があることになる。また T2 強調画像で見られる低信号帯が膀胱壁のどの層に相当するかはいずれの文献にも言及されておらず、我々の検討でも明らかな 2 層構造として描出された例が存在しなかった。つまり T2 強調画像で pT2 と pT3a を区別する Buy らの判定基準は、粘膜と筋層の区別ができない以上従来の X 線 CT 同様の間接所見からの診断の域を脱していない。我々は T2 強調画像の評価を、Buy の判

定基準ののっとり低信号帯の断裂がなければpT2以下と仮定した上で行なったので、Table 3Bに示したごとくT2強調画像のスコアは比較的良好な結果となっている。しかしT2強調画像はS/N比がどうしても劣化した画像であるために深達度診断のスコアが1点となる症例が多いなど画像の安定性に欠ける短所がある。これに対しFast SE法とGd-DTPAの併用は鮮明な画像が得られ、かつ腫瘍+粘膜+粘膜下層と筋層の分離が造影効果の強弱により明確化するので、pT2以下とpT3a以上の鑑別がより容易となる利点があると考えられる。

④ スキャン上の工夫について

検査時に膀胱はある程度伸展している方が腫瘍の同定には良いが、伸展しすぎると膀胱壁自体が菲薄化し粘膜と筋層の分離同定が困難となる。我々の経験では膀胱が100~150mlの尿で満たされた状態が腫瘍および壁構造の同定ともに良好であった。X線CTのように膀胱内にゾンデで生理食塩水やオリーブ油などを注入する方法¹⁰⁾は常に良好な伸展状態を得ることが可能であるが、注入の際に混入する気泡がアーチファクトの原因となりうる恐れがあるので我々は施行していない。

高磁場MRI装置を用いた膀胱腫瘍の画像診断において最も問題となるアーチファクトは化学シフトアーチファクト²¹⁾⁹⁾である。これは尿と膀胱周囲の脂肪織との共鳴周波数の差により、水と脂肪が同一断面内に存在する際に起こるもので、周波数エンコーディングの方向にのみ観察される(Fig. 1, 4)。膀胱腫瘍の膀胱壁付着部断面の方向が周波数エンコーディング方向であると、壁に沿って黒あるいは白い帯状域が重なり深達度診断が困難となるので、腫瘍断面の方向を位相エンコーディング方向になるようにスキャン方向を選択しなければならない。具体的には、例えば膀胱側壁に存在する腫瘍では仰臥位でのスキャンなら冠状断・水平断のどちらでも腫瘍の描出は可能であるが、周波数エンコーディング方向(つまり化学シフトアーチファクトの出現する方向)が冠状断では通常上下方向、水平断では左右方向となるので、深達度診断には冠状断の方が有利である

Table 6 Relationships between optimal scan planes and encoding directions

Tumor Location	Optimal Scan Plane	Phase Encoding Direction	Frequency Encoding Direction	Chemical Shift Direction
lateral wall	coronal axial	R/L A/P	S/I R/L	S/I R/L*
anterior or posterior wall	axial sagittal	A/P A/P	R/L S/I	R/L S/I
dome or base	sagittal coronal	A/P R/L	S/I S/I	S/I* S/I*

*: Frequency encoding direction should be switched with phase encoding direction because chemical shift artifact overlaps the tumor attachment.

R/L: right to left

A/P: anterior to posterior

S/I: superior to inferior

(Table 6)。膀胱頂部・底部の腫瘍の描出には矢状断か冠状断がよいが、通常のスキャンでは共に上下方向が周波数エンコーディング方向となり深達度診断に影響を及ぼす。このような場合は関心領域(FOV)を狭くして、折り返しアーチファクトを防止するソフトウェア(本システムでno frequency wrap, no phase wrapに相当)の併用で上下方向に位相エンコーディングを選択する。また本システムでも斜方向のスキャン(oblique view)が可能であるが、これを用いると本システムはエンコーディング方向の自由選択ができなくなり斜方向に周波数エンコーディング方向が固定されるので、適宜体位変換を行なって水平断・冠状断・矢状断のいずれかで腫瘍基底部に垂直な断面を得るようにするべきである(Fig. 8)。一方、位相エンコーディング方向に出現する血流アーチファクトは血流信号を消すソフトウェア(PRESATURATION)を同時に使用しているのである程度対処可能であるが、Gd-DTPAの静注後は血流アーチファクトも増大する。今回の検討例では血流アーチファクトによる診断困難例はなかったが、腫瘍の存在位置によっては腫瘍付着部に血流アーチファクトが重なる可能性はある。この場合も例えば水平断にて位相エンコーディング方向を左右にしたり体位を斜位・側臥位にしてスキャンするなどの工夫が必要と思われる。

⑤ X線CTとMRIの比較

膀胱腫瘍の診断についてX線CTとMRIを比

較検討した報告³⁾⁶⁾⁹⁾も見られる。腫瘍の描出能については、低磁場装置を使用すると直径2cm以下の腫瘍も描出困難である⁹⁾のに対し、今回の我々の検討では最小5mmの腫瘍までGd-DTPA併用下MRIで描出可能であった(Fig. 4, この症例ではX線CTでも描出困難であった)。一般には空間分解能はX線CTの方が優れているが、Gd-DTPAの併用によりX線CTに匹敵する腫瘍描出能を得られると思われる。深達度診断については、文献的に述べられているX線CTのaccuracyは64~92%程度^{12)20)~22)}であり、従来のMRIの成績もほぼ同様である。しかし今回の検討においてGd-DTPA併用下Fast SE法にてpT2以下とpT3a以下とに大きく分類して診断した場合の病理診断との一致率は17例/18例=94%と極めて優れていた。1例のoverdiagnosis(症例③)では腫瘍が膀胱底部に存在しており、かつ矢状断でのスキャンで底部膀胱壁に化学シフトアーチファクトが重なったため生じた教訓的症例である。一方X線CTでは11例/17例=65%であり、2例の診断不能例(腫瘍の同定が困難であった例)、1例のunderdiagnosisおよび3例のoverdiagnosisが見られた。X線CTは一般に膀胱腫瘍の深達度についてoverdiagnosisが、MRIはunderdiagnosisが多い¹⁾傾向があると言われているが、Gd-DTPA併用下Fast SE法はT2強調画像によるunderdiagnosisの問題を補うものと考えられる。

また前立腺への浸潤を示したpT4症例の診断も可能であった(Fig. 7)。X線CTでは膀胱壁と腫瘍はほぼ同じCT値を有するためpT1からpT3aまでの腫瘍の深達度は腫瘍形状や辺縁の立ち上がりから判定されるのが通常であり¹⁰⁾、Gd-DTPA併用下Fast SE法が筋層浸潤を直接画像に表現できる点は超音波断層法に通じる部分があると言える⁶⁾。さらに尿道粘膜も高信号化する点は興味深い点であるが、尿道浸潤の有無の判定が可能か否かは今後の検討が必要である。

6) リンパ節転移の診断について

MRIはin vitro レベルでは正常径のリンパ節内の転移巣も検出可能であるという報告²³⁾もあるほど軟部組織のコントラスト分解能に優れている

が、in vivo では現在転移リンパ節と正常リンパ節を信号強度により鑑別するのは不可能であり、転移リンパ節の診断はX線CTに同様直径1cm以上のリンパ節をもって有意とされている^{1)~5)24)}。Buyら¹⁾はMRIによるリンパ節転移診断のAccuracyは97.5%、Sensitivityは83%という好成績を報告している。今回の我々の検討症例では6例の膀胱全摘出例について骨盤リンパ節廓清が施行され、6例全例とも転移リンパ節は見られず、術前のMRIでも全例がリンパ節転移なしと診断された。したがって现阶段でSpecificityとAccuracyは100%であるがSensitivityの評価は困難であり、今後の症例の蓄積が必要である。

5. 結 語

① 膀胱腫瘍18例に対しGd-DTPAを併用したMRIを施行し、その診断的有用性を検討した。

② 腫瘍の描出能について各パルス系列を比較すると、Gd-DTPA静注後のT1強調画像が最も優れていた。描出できた最小の腫瘍径は5mmであった。

③ 深達度診断能についての比較では、Gd-DTPA併用Fast SE法が腫瘍・粘膜と筋層の分離に優れ最も有用であった。

④ Gd-DTPA併用Fast SE法はpT2以下とpT3a以上の鑑別に有用であり、術式決定に寄与できる方法と考えられる。

稿を終えるにあたり、多大なご協力を頂いた横河メディカルシステムズの山崎勝誠氏、野崎 敦氏に感謝いたします。尚、本論文の要旨は、第13、14回日本核磁気共鳴医学会にて発表した。

文 献

- 1) Buy J-N, Moss AA, Guinet C, et al: MR staging of bladder carcinoma: Correlation with pathologic findings¹. Radiology 169: 695-700, 1988
- 2) Rholl KS, Lee JKT, Heiken JP, et al: Primary bladder carcinoma: Evaluation with MR imaging¹. Radiology 163: 117-121, 1987
- 3) Amendola MA, Glazer GM, Grossman HB, et al: Staging of bladder carcinoma: MRI-CT-surgical correlation. AJR 146: 1179-1183, 1986
- 4) Fisher MR, Hricak H, Crooks LE: Urinary bladder MR imaging: Part 1. Normal and

- benign conditions. *Radiology* 157: 467-470, 1985
- 5) Fisher MR, Hricak H, Tanagho EA: Urinary bladder MR imaging. Part 2. Neoplasm. *Radiology* 157: 471-477, 1985
 - 6) Salo JO, Kivisaari L, Lehtonen T: Comparison of magnetic resonance imaging with computed tomography and intravesical ultrasound in staging bladder cancer. *Urol Radiol* 10: 167-172, 1988
 - 7) Dooms GC, Hricak H: Magnetic resonance imaging of the pelvis: Prostate and urinary bladder. *Urol Radiol* 8: 156-165, 1986
 - 8) Lee JKT, Rholl KS: MRI of the bladder and prostate. *AJR* 147: 732-736, 1986
 - 9) Bryan PJ, Butler HE, LiPuma JP, et al: CT and MR imaging in staging bladder neoplasms. *J Comput Assist Tomogr* 11: 96-101, 1987
 - 10) 堀 信一: CTによる膀胱腫瘍浸潤度判定の研究—理想膀胱外壁線およびW/Hを中心として—, *日泌尿会誌*, 72: 1018-1034, 1981
 - 11) 湯浅祐二, 遠藤雅裕, 谷本伸弘, 他: 呼吸停止下スピニング法 (Fast SE法) の有用性, in press
 - 12) Salo JO, Kivisaari L, Lehtonen T: CT in determining the depth of infiltration of bladder tumors. *Urol Radiol* 7: 88-93, 1985
 - 13) 永井輝夫編: MRI診断学—基礎と臨床, p116-123, 朝倉書店, 東京, 1988
 - 14) 佐久間貞行: 腹部X線解剖学, p201, 金原出版, 東京, 大阪, 京都, 1977
 - 15) 成松芳明, 平松京一: 膀胱癌に対する血管造影診断—治療への応用も含めて—, *画像診断*, 7: 743-749, 1987
 - 16) Hill GS: *Uropathology*, Vol 2, p720, Churchill Livingstone, New York, Edinburgh, London, Melbourne, 1989
 - 17) 日本泌尿器科学会, 日本病理学会: 泌尿器科病理・膀胱癌取扱い規約. 第1版, 金原出版, 東京, 1980
 - 18) 黒田昌男, 細木 茂, 木内利明, 他: 膀胱癌の治療成績—TURの限界と膀胱全摘除術の適応—, *日泌尿会誌*, 79: 507-512, 1988
 - 19) Babcock EE, Bratemen L, Weinreb JC, et al: Edge artifacts in MR images: Chemical shift effect. *J Comput Assist Tomogr* 9: 252-257, 1985
 - 20) Koss JC, Arger PH, Coleman BG, et al: CT staging of bladder carcinoma. *AJR* 137: 359-362, 1981
 - 21) Vock P, Haertel M, Fuchs WA, et al: Computed tomography in staging of carcinoma of the urinary bladder. *Br J Urol* 54: 163, 1982
 - 22) Ahlberg NE, Calissendorff B, Wijkstrom H: Computed tomography in staging of bladder carcinoma. *Acta Radiol Diagn* 23: 47-53, 1982
 - 23) Wiener JT, Chako AC, Merten CW, et al: Breast and axillary tissue MR imaging: Correlation of signal intensities and relaxation times with pathologic findings. *Radiology* 160: 299-305, 1986
 - 24) Dooms GC, Hricak H, Crooks LE, et al: Magnetic resonance imaging of the lymph nodes Comparison with CT. *Radiology* 153: 719-728, 1984