

膀胱腫瘍における Fluid attenuated inversion recovery (FLAIR) 法による MR 像の検討

近畿大学医学部泌尿器科学教室 (主任: 栗田 孝教授)

松田 久雄, 上島 成也, 栗田 孝

MR IMAGING OF BLADDER TUMORS USING FLUID ATTENUATED INVERSION RECOVERY (FLAIR) TECHNIQUE

Hisao MATSUDA, Shigeya UESHIMA and Takashi KURITA

From the Department of Urology, Kinki University School of Medicine

Magnetic resonance imaging (MRI) has been reported valuable for the diagnosis of bladder tumors, but does not provide adequate staging of these tumors. Therefore, we examined whether the FLAIR technique could be used to improve the diagnostic ability of MRI.

FLAIR utilizes inversion recovery and can display a lesion as a heavy T2-WI by decreasing the signal intensity of water and thus altering the contrast at the bladder wall. The inversion time (TI), that gave urine a signal intensity of "0", was determined by theoretical analysis. In addition, MRI by the FLAIR technique was performed on 29 patients with bladder tumors. With the FLAIR technique, MRI showed a sensitivity of 78.6% and a specificity of 91.7% for pT1 or smaller lesions, while the values were respectively 91.7% and 78.6% for pT2 or worse lesions.

(Acta Urol. Jpn. 42 : 411-415, 1996)

Key words: Bladder tumor, FLAIR, MR imaging

緒 言

従来, MRI 上膀胱腫瘍の診断にはスピンエコー法 (SE 法) による T1 強調画像, プロトン密度強調画像, T2 強調画像が利用されている. しかし, 病変の検出に最も有用とされる T2 強調画像では尿が高信号に描出されるため, これと近接する膀胱粘膜の識別が困難となる. また, 腫瘍とその周辺の浮腫とともに高信号となり正確な進展範囲の把握が不可能となる場合がある. プロトン密度強調画像では尿の信号は抑制されるがコントラストが低下して病変の検出率が低下するなど診断に際し不都合な点も多く存在している. 膀胱癌における MRI の有用性については, すでに多くの報告があるが, その staging に関する能力はなお充分とはいえない. そこでそれらの不備を軽減する目的で fluid attenuated inversion recovery (FLAIR) 法の検討を行った.

対象および方法

1994年1月から1995年2月までに MRI を撮像する必要のあった膀胱腫瘍29例を対象とした. 撮像前処置として, 1時間前より排尿を禁じて膀胱内に尿を貯留させ, 空虚の場合にはカテーテルにて生理食塩水約100 ml を注入した. 従来通り T1 強調画像 (T1-WI), T2 強調画像 (T2-WI) を撮像した後

FLAIR 法を追加撮像した.

使用機種は島津 SMT-50 (0.5T), シーメンス マグネトーム インパクト (1.0T) および東芝 MRT-200 FXIII (1.5T) で行った.

以下に各シーケンス条件を示す

i) 島津 SMT-50 (0.5T)

T1-WI 500/32/4 (TR/TE/AVE)

T2-WI 2000/90/2 (TR/TE/AVE)

FLAIR 4000/1400/80/2 (TR/TI/TE/AVE)

ii) シーメンス・マグネトーム インパクト (1.0T)

T1-WI 550/15/3 (TR/TE/AVE)

T2-WI 3000/90/5 (TR/TE/AVE)

FLAIR 9999/2000/90/2 (TR/TI/TE/AVE)

iii) 東芝 MRT-200FXIII

T1-WI 500/13/2 (TR/TE/AVE)

T2-WI 3000/100/2 (TR/TE/AVE)

FLAIR 6000/1800/100/2 (TR/TI/TE/AVE)

TR : 繰り返し時間 (repeating time)

TI : 反転回復時間 (inversion time)

TE : エコータイム (echo time)

AVE : 平均回数 (averaging number)

手術により確認された病理学的深達度¹⁾を術前の FLAIR MRI と比較しその正診率を求めた. MRI 深達度の診断基準は Johnson ら²⁾に準じた分類を用いた.

結 果

1. FLAIR 法の理論的解析

FLAIR 法は、反転回復法 (IR 法) を応用し、水の信号を抑制し膀胱壁の病変を heavy T2-WI として描出する方法である。理論的解析にて尿の信号強度が 0 となる反転時間を求めた³⁾

IR 法 (反転回復法) での各組織の信号強度は

$$I_{ir} = PD * \exp(-TE/T2) * \{(-2\exp(-TI/T1) + \exp(-TR/T1))\}$$

で表される。

I_{ir} : 各組織の信号強度

PD : 各組織のプロトン密度

T1 : 各組織の T1 値

T2 : 各組織の T2 値

Fig. 1 に、島津 SMT-50 での検討結果を図示する。図で A 点は尿の信号強度が 0 となる TI 値、B 点は膀胱腫瘍と筋組織が T2-WI になる TI 値、C 点は尿が低信号でなくなる TI 値である。FLAIR 法が成り立つ TI 値は B 点～C 点間に存在することが必要である。腫瘍の含有成分により A 点と B 点の位置は逆転する可能性もあるが、このように反転時間が 1,400 から 2,000 msec における尿、脂肪、筋層および膀胱腫瘍のコントラストの差を画像に描出し検討した。

2. 症例呈示

以下に膀胱腫瘍の症例を提示する。

〈症例 1〉 島津 SMT-50 (0.5T) (Fig. 2)

膀胱左側壁に腫瘍陰影があり T1-WI では腫瘍陰影は筋層よりも高い信号強度を示している。T2-WI で

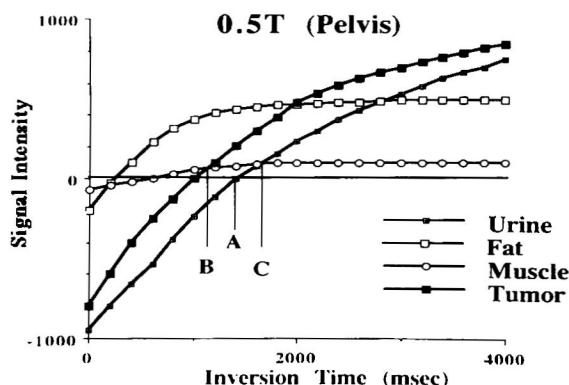


Fig. 1. Images obtained with a Shimadzu SMT50. Based on theoretical analysis, the following were determined: the inversion time (TI) for a urine signal intensity of "0" (A), TI when the tumor and muscle were shown as T2-WI (B), and TI when the urine signal intensity was no longer weak (C). The differences in contrast between urine, fat, and the muscle coat were assessed on MRI images obtained with a TI range of 1,400–2,000 sec.

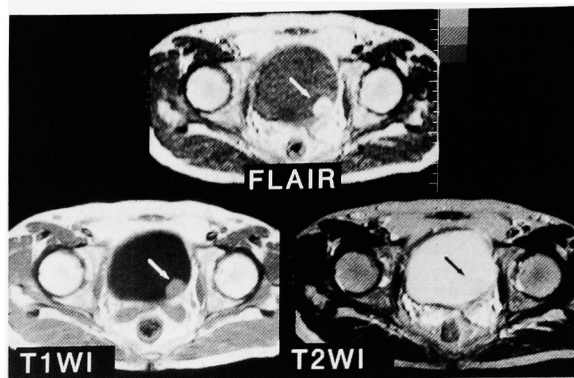


Fig. 2. A tumor is seen on the left lateral wall of the bladder. On the FLAIR, the bladder wall is shown as a high signal intensity area, as it was on T2-WI images, and the lesion became clear when the urine was set at a low signal intensity the bladder wall being better defined. The pathological diagnosis was G2 pT1b TCC.

は尿と、腫瘍とがほぼ同信号を示し、低信号領域として壁が描出されている。しかし、腫瘍病変の範囲がわかりにくく、このため明瞭に膀胱壁との識別がされていない。FLAIR にては腫瘍は T2-WI と同様に高信号領域として描出されており尿を低信号にすることにより腫瘍陰影が明瞭となり、壁の識別も可能であった。CT では壁外浸潤ありと診断されていたが、MRI では T2-WI のケミカル アーチファクトを考慮し FLAIR 像との総合判断で膀胱周囲の脂肪組織内への進展は見られないと診断した症例である。

病理結果は TCC G2 pT1b であった。

〈症例 2〉 シーメンス マグネトーム インパクト (1.0T) (Fig. 3)

Fast spin echo 法を応用した FLAIR 法 (ターボ・フレイア) である。腫瘍は膀胱前壁から頂部にかけて乳頭状腫瘍が苔状に増殖していた。CT および横断面 MRI では腫瘍の描出は困難であった。矢状断 MRI で腫瘍の描出が可能となったが、T1-WI では腫瘍部の信号は弱くほとんど描出されなかった。T2-WI にも腫瘍の描出は十分とはいえない。しかし FLAIR 法では腫瘍の全体像が認められ膀胱壁と腫瘍の信号強度にも差が見られた。FLAIR 法では前壁から頂部にかけて腫瘍像が高信号領域として認める (Fig. 3-a) が T2 強調画像では前壁部の腫瘍は描出されておらず、同様に Fig. 3-b の部分も FLAIR 法でのみ可能であった。

膀胱鏡では後壁から頂部全体にかけてピロイド状の腫瘍があり TUR ですべての切除は不可能と思われたため膀胱全摘となった。

膀胱全摘術後病理組織学的に調べた結果 Fig. 3-a は TCC, G2, pTa であった。しかし Fig. 3-b の部分では腫瘍変化は認めなかったことより粘膜の浮腫像

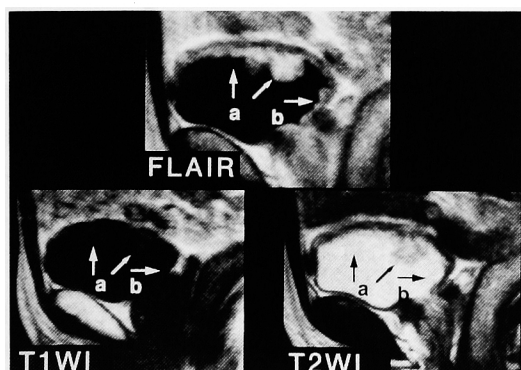


Fig. 3. An image obtained by the FLAIR technique applying the fast spin echo method. The lesion is a papillary tumor protruding into the bladder from the anterior wall toward the vertex. On the T1-WI image, the signal intensity of the lesion was so weak that the tumor was not outlined. On the T2-WI image, the tumor was also not visualized adequately. Using the FLAIR technique, the tumor outline could be distinguished and there was a difference in signal intensity between the lesion and the bladder wall. The lesion was pathologically diagnosed as G2 pTa TCC.

と思われた。

〈症例3〉 東芝 MRT-200FXIII (Fig. 4)

T1-WI では膀胱右側に腫瘍と筋層とがほぼ同様の信号強度を示し、膀胱壁は同定できない。T2-WI では尿は高信号を呈し膀胱壁は線状の低信号領域として描出されている。しかし FLAIR 法では腫瘍全体の形、膀胱内腔への突出の仕方とも判定可能であった。また腫瘍と壁についても高いコントラストを示し壁浸潤の判定に有用であり、この症例では壁外浸潤はないと判読した。しかし、腫瘍は Fig. 4 に示した以外にも多発していたため膀胱全摘術となった。

摘出標本は、TCC, pT1b, G3 であった。

3. 正 診 率

術前診断と術後の組織的深達度と対比させた結果は Table 1 のごとくであった。

これを pT1 以下の群と、pT2 以上の群に分けた場合、pT1 以下の群を正しく T1 以下と診断した率、すなわち敏感度は78.6%、pT1 以下でないものを正しく T1 以下でないとした率、すなわち特異度は91.7%、正診率は84.6%となる。pT2 以上の群についてはそれぞれ敏感度91.7%、特異度78.6%、正診率は84.6%であった。

考 察

今回提示した FLAIR 法の症例は SE 法に比べ画質的に劣ると思われる。これは、反転回復法を応用した方法のため撮像に時間がかかりすぎ、ノイズが出やす

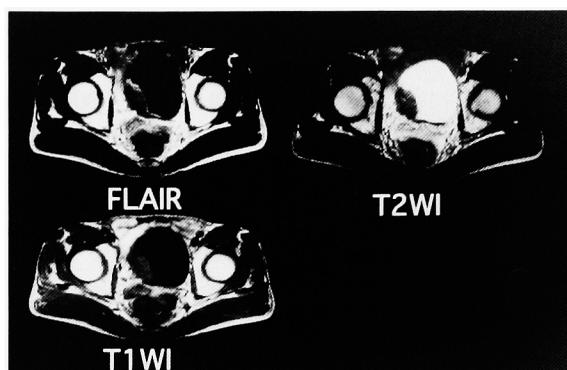


Fig. 4. On the FLAIR image, the tumor outline was clear and its protrusion into the bladder lumen could also be identified. In addition, there was a strong contrast between the tumor and the bladder wall, suggesting that FLAIR images might also be useful for detecting infiltration. The pathological diagnosis was G3 pT1b TCC.

Table 1. Comparison between FLAIR MRI and histopathological staging.

	≤pT1	pT2	pT3a	pT3b	pT4
≤T1	11	1	0	0	0
T2	2	3	1	0	0
T3a	1	1	2	1	0
T3b	0	0	1	1	0
T4	0	0	0	0	1

くシグナル/ノイズ比 (S/N 比) が悪化し、また空間分解能が悪くなるためである。

FLAIR 法は最初脳 MRI から研究された方法である⁴⁻¹⁰⁾。今まで脳梗塞、脳腫瘍などの側脳室周囲、脳表の脳脊髄液に接した病巣の描出には通常プロトン密度画像が用いられていたが、エコー時間が短く設定されるため十分なコントラストがえられず、縦緩和時間の影響を受けるため病巣の検出はしばしば困難になっていた。すなわち脳脊髄液は T1 緩和時間が脳実質に比べ反転時間が 2,000~3,000 msec と非常に長いいため、反転時間を 1,200~1,600 msec に設定すると、縦磁化が十分に回復せず基線に近くなり、ここで90度パルスを加えると低信号として描出されてしまう欠点があった⁴⁾。

FLAIR 法は Hammersmith 病院のグループにより提唱された方法⁴⁻⁷⁾で、反転時間を長く設定するため脳表、脳溝、側脳室の脳脊髄液と病巣が明瞭に区別され、かつエコー時間を長く設定するため病巣の検出に十分な T2 コントラストがえられた。彼らのグループの報告では反転時間を1,800~3,000 msec と設定していたが、我々はその撮影条件を尿と膀胱粘膜に関して再検討することで、膀胱腫瘍が尿と明瞭に区別できた³⁾。反転時間をあまり長く設定しないことにより、

膀胱粘膜の縦磁化が十分緩和せず腫瘍部分のコントラストは低下する。しかし繰り返し時間 (TR) を 4,000~9,999 msec にのばし、エコー時間 (TE) を 80~100 msec と長く設定したことにより、T2 時間をより強調した画像がえられた。

FLAIR 法は TR が長いと撮影時間が長くなるという問題点がある。このため骨盤内臓器のような場合、時間がかかるとどうしても体動の影響を受けやすい。S/N 比や空間分解能は、今後 hard, soft 両面の改良により、改善するものと思われ、また撮影時間も脳 MRI での FLAIR 法に高速スピンエコー法の手法を併用することで、2~4 分前後に短縮できるとの報告もある¹⁰⁾

当院では脳腫瘍では CSF の影響を最小限に押さえる目的で FLAIR 法 MRI を多用しており、また足利ら⁹⁾は頭部外傷性病変の描出能も SE 法 MRI と比較して優れていたと報告している。

術前診断と術後の組織的深達度と対比させた結果は、FLAIR 法 MRI で pT1 以下の症例では正診率 84.6%、敏感度 78.6%、特異度 91.7%であり、pT2 以上はそれぞれ 84.6%、91.7%、78.6%であった。SE 法 MRI でわれわれが検討した結果¹²⁾では全体の正診率は 70%、また Nishimura ら¹¹⁾の報告でも pT1 以上で正診率 50%であり、これらと比較しても良好な結果であった。また症例 2 で Fig. 3a, b のごとく撮像条件の違いにより腫瘍と正常粘膜の識別ができる可能も高く今後症例を増やし検討すべき課題と思われた。

膀胱腫瘍における MRI の有用性についてはすでに多くの報告がある。一般的には筋層深部浸潤と浅層浸潤との鑑別は可能であるが、粘膜および粘膜下と筋層浸潤の鑑別は困難であるとされている。診断を向上させるため Gd-DTPA による造影法¹³⁾や、経直腸的なサーフェスコイルを用いた方法¹⁾なども検討されている。しかし、今回の検討により、現在広く使用されている SE 法の MRI に FLAIR 法の MRI を追加することで有用な画像情報がえられた。FLAIR 法は特別な MR システムや造影剤は必要でなく、TR, TI などの撮像条件をかえるだけで撮像が可能であり、今後日常診療において有力な補助診断手段のひとつになっていくものと考えられた。

結 語

膀胱腫瘍における MRI の有用性、とくに膀胱腫瘍における fluid attenuated inversion recovery (FLAIR) 法の検討を行った。

1. FLAIR 法は、反転回復法 (IR 法) を応用し、水の信号を抑制することにより膀胱壁の病変を heavy T2-WI として描出する方法である。

2. 本法は特別な MR システムや造影剤は必要とせず、TR, TI などの撮像条件をかえるだけで可能な方法である。

3. pT1 以下の症例では正診率 84.6%、敏感度 78.6%、特異度 91.7%であり、pT2 以上ではそれぞれ 84.6%、91.7%、78.6%であった。SE 法 MRI と比較しても良好な結果であった。

稿を終るにあたり、FLAIR 法の基礎的研究資料のご提供いただいた近畿大学医学部附属病院中央放射線部西松和彦先生、および御校閲をいただいた近畿大学医学部放射線科教室 (主任: 石田修教授) の浜田辰巳助教授に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 日本泌尿器科学会, 日本病理学会 (編): “膀胱癌取り扱い規約” 1980, 金原出版
- 2) Johnson RJ, Carrington BM, Jenkins JPR, et al.: Accuracy in staging carcinoma of the bladder by magnetic resonance imaging-Clinica. Radiology **41**: 258-263, 1990
- 3) 西村和彦: 0.5T MRI 装置における FLAIR 法 (最適条件について). 日放線技師会誌 **40**: 948-953, 1993
- 4) Madeleine RF, Hedvig H and Tanagho EA: Urinary bladder MR imaging. Radiology **157**: 471-477, 1985
- 5) Hajnal JV, Bryant DJ, Kasuboski L, et al.: Use of fluid attenuated inversion recovery (FLAIR) pulse sequences in MRI of the brain. J Comput Assist Tomogr **16**: 841-844, 1992
- 6) Coene BD, Hajnal JV, Pennock JM, et al.: MRI of the brain stem using fluid attenuated inversion recovery pulse sequences. Neuro-radiology **35**: 327-331, 1993
- 7) Thomas DJ, Pennock JM, Hajnal JV, et al.: Magnetic resonance imaging of spinal cord in multiple sclerosis by fluid attenuated inversion recover. Lancet **341**: 593-594, 1993
- 8) 瀬川文徳, 岸林 潤, 鎌田和彦, ほか: FLAIR (fluid-attenuated inversion recover) 法 MRI の脳疾患への応用. 脳神経 **46**: 531-538, 1994
- 9) 足利竜一郎, 荒木 裕, 石田 修: 頭部外傷の Fluid Attenuated Inversion Recover (FLAIR) 像. 日医放線会誌 **54**: 1184-1186, 1994
- 10) 酒井滝人, 河野 理, 飯島直人, ほか: IR シーケンスにおけるスピンエコー法の検討. 日磁気共鳴医会誌 **12**: 415, 1992
- 11) Nishimura K, Hida S, Nisio Y, et al.: The validity of Magnetic Resonance Imaging (MRI) in the staging of bladder cancer: comparison with computed tomography (CT) and transurethral ultrasonography (US). Jpn J Oncol **18**: 217-226, 1988
- 12) 中西 淳, 高田昌彦, 辻橋宏典, ほか: 膀胱腫瘍

- における MRI の診断的意義. 泌尿紀要 **35** : 1483-1487, 1989
- 13) 岸 洋一, 八代直文, 鈴木 誠 : 膀胱腫瘍の MRI. 腎・副腎 尿路系の MRI, pp.107-114 : 中外医学社, 東京, 1993
- 14) 杉村芳樹, 林 宣男, 山下敦史, ほか : 前立腺および膀胱頸部病変における経直腸的 MRI の有用性. 泌尿紀要 **40** : 31-36, 1994
 (Received on October 26, 1995)
 (Accepted on February 21, 1996)