

研究

頭蓋内腫瘍摘出術の術前検査としての MRI 高速 FLAIR 法の意義*

中口 博** 佐々木 富男 桐野 高明
大久保 敏之*** 林 直人

Key words *magnetic resonance imaging, fluid attenuated inversion recovery sequence (FLAIR), intracranial tumors, surgery*

I. はじめに

FLAIR 法 (fluid attenuated inversion recovery sequence) は, 自由水の信号を抑制した T2 強調画像が得られる MRI の撮像法の一つである¹⁻¹⁷⁾. 脳梗塞と Wirchow Robin 腔との鑑別^{2, 4, 12-14)} や, 脊髄病変の描出^{6, 15, 17)} などでの有用性が指摘されているが, 脳腫瘍像に関してはまだ報告は少ない^{4, 12)}.

われわれは, 高速 FLAIR 法を種々の頭蓋内腫瘍 34 症例に適応し, 詳細に読影した上で従来の撮像法の画像と比較した. その結果 FLAIR 法は腫瘍摘出術を施行する上で極めて有用な撮像法であると思われたので以下に詳述する.

II. 方法

1994 年 12 月より 1995 年 9 月までに東京大学付属病院脳神経外科に入院し, 術前に FLAIR 像と T1 強調画像 (造影前後像), T2 強調画像, プロトン強調画像 (一部の症例は未施行) を撮像し, その後開頭腫瘍摘出術を施行した患者 34 例を対象とした. FLAIR 像は術前後で計 45 回撮像した. 各々の画像と手術所見, 病理診断との関連を調べ, 術前に FLAIR 法で得られた情報が手術に際し有用であったかどうかを考察した.

1.5T MRI (Siemens Vision) を使用し, FLAIR 像の撮像条件として TR/TI/TE=9000/2200/11, T1 強調画像は TR/TE=651/14, T2 強調画像 TR/TE=3800/



Fig. 1 Case 1. T1 weighted image with Gd, T2 weighted image and FLAIR image in sequence. FLAIR image displays a left cerebello-pontine lesion as a no-signal intensity area. Therefore we preoperatively diagnosed it as an arachnoid cyst.

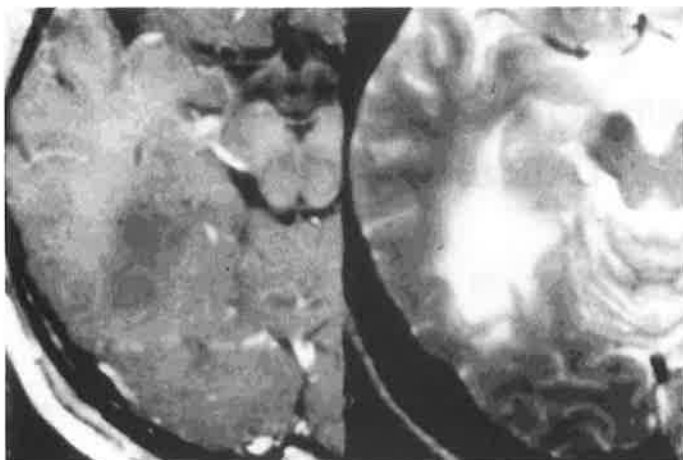
* Efficacy of the TURBO-fluid attenuated inversion recovery spin echo sequence of MRI as a preoperative neuroradiological examination (1996. 10. 29 受稿)

** 東京大学脳神経外科, Hiroshi NAKAGUCHI, Tomio SASAKI, Takaaki KIRINO, Department of Neurosurgery, Faculty of Medicine, University of Tokyo

*** 東京大学放射線科, Toshiyuki OKUBO, Naoto HAYASHI, Department of Radiology, Faculty of Medicine, University of Tokyo

[連絡先] 中口博=諏訪中央病院脳神経外科 (〒391 長野県茅野市玉川 4300)

R



L

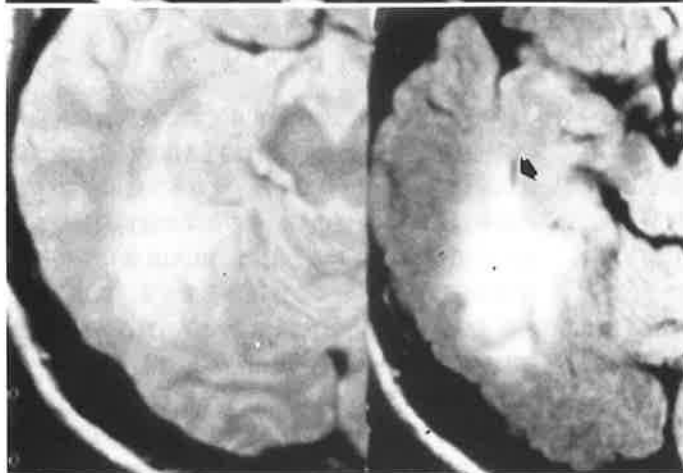


Fig. 2 Case 2. upper left: T1 weighted image with Gd, upper right: T2 weighted image, lower left: Proton weighted image, lower right: FLAIR image. FLAIR image shows an astrocytoma more apparently than the other sequences. And we can easily discriminate the temporal horn of the lateral ventricle (arrow).

90, proton 強調画像 TR/TE=3800/22 に設定した。

III. 結果

以下に代表的な 7 症例を呈示する。

〈症例 1〉 58 歳 男性 右小脳橋角部くも膜嚢胞
右顔面知覚鈍麻にて発症し、CT で右小脳橋角部に低吸収域の占拠性病変を認めた。同部は MRI T1 強調画像で低信号、T2 強調画像で高信号であり、くも膜嚢胞と類上皮腫の鑑別を要したが、FLAIR 像で無信号域であり最終的にくも膜嚢胞であると診断した。術中所見で、右小脳橋角部にくも膜嚢胞が存在することを確かめ、嚢胞を開放し脳幹の圧迫を解除した (Fig. 1)。

〈症例 2〉 29 歳 男性 右側頭葉星細胞腫
頭痛、歩行障害で発症した。術前 T1, T2 ならびにプロトン強調画像では病変が明らかでなかった。FLAIR 像では腫瘍周囲浮腫の広がりが明瞭であるとともに側脳

室下角が無信号となり、腫瘍は下角の後方に存在していると診断したが、この情報は生検術の際に有用であった (Fig. 2)。

〈症例 3〉 51 歳 男性 左頭頂-前頭葉退形成星細胞腫

全身痙攣で発症し、近医で脳梗塞の診断で治療されていたが高次機能障害が進行したため精査目的で当院を受診した。CT で左頭頂葉 (上頭頂小葉-角回-縁上回) に嚢胞性変化を伴う境界不明瞭な低吸収域を認めた。T1 強調画像で嚢胞部と離れた頭頂葉白質が一部ガドリニウムにより造影された。T2 強調画像では脳室周囲に高信号域があり、上述の頭頂葉内の増強部分に連続していた。FLAIR 像では高信号域が腫瘍周囲から上縦束、前頭葉白質に及び、また脳梁、対側の前頭葉白質にも存在していた。同高信号域が白質の変性である可能性は否定できないが、対側の頭頂葉には高信号域が見られないことよ

R

L

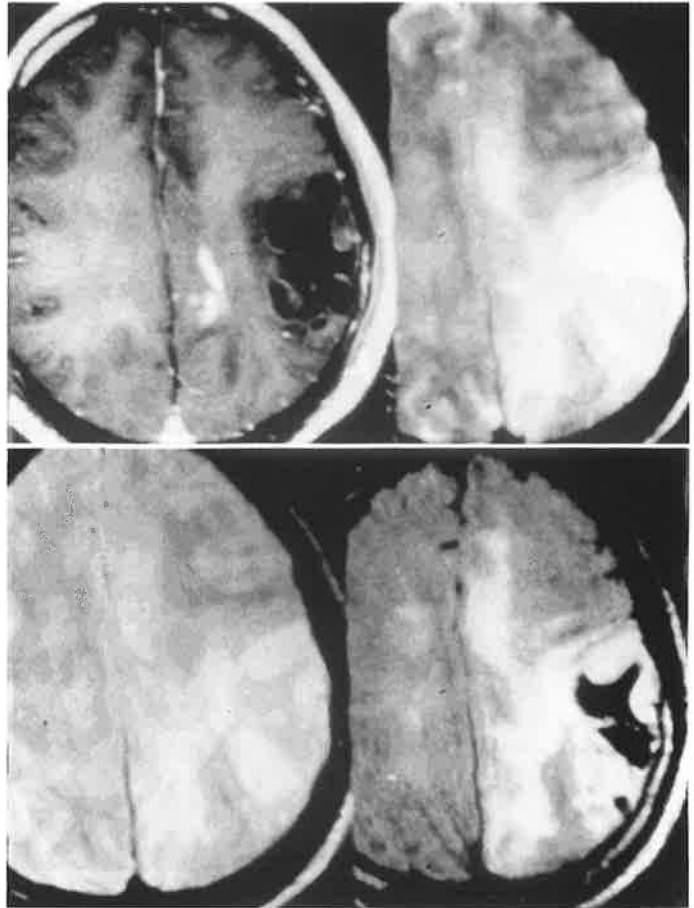


Fig. 3 Case 3. upper left: T1 weighted image with Gd, upper right: T2 weighted image, lower left: Proton weighted image, lower right: FLAIR image. FLAIR image demonstrates trapped subarachnoid space as a no-signal intensity area and perifocal edema and invasion area as high intensity lesions.

り、左頭頂葉の悪性腫瘍が上縦束、脳梁に沿って広がっている可能性が高いと考えた。嚢胞壁とガドリニウムで造影される頭頂葉内側白質の生検を行った。病理組織診断で各々星細胞腫 grade 2 と grade 3 であった。腫瘍浸潤の範囲を推測する上で FLAIR 法が最も有用であった (Fig. 3)。

〈症例 4〉 22歳 女性 左脳梁膝多形性膠芽腫

進行性の意識障害で発症し、CTで左側脳室前角を上から圧排するような長径4cm、均一に造影される楕円形の腫瘍を認めた。MRI T1強調画像ではガドリニウムにより腫瘍が均一に造影されたが、脳室の位置が不明瞭であり、腫瘍が側脳室前角を後下方に圧排しているのか、脳室内を占拠しているのか識別できなかった。T2強調画像では腫瘍と前角の関係が分からなかった。FLAIR像では等吸収域の腫瘍が無信号域の脳室内に突出しているのが明らかであった (Fig. 4)。なお腫瘍は帯状回にも浸潤していたが、帯状回の腫瘍と前頭葉白質内

の腫瘍の間が FLAIR 像では高信号域の帯を介して連続しており、腫瘍が脳梁吻を経由し帯状回に進展したと推定した。このように FLAIR 法は腫瘍の進展経路を推測する補助検査としても有用であると思われる。

〈症例 5〉 42歳 女性 左シルビウス裂類上皮腫

部分摘出術後10年間で残存腫瘍が増大したため再手術を行った。術前 MRI T1強調画像では病変全体が低信号であり、T2強調画像では高信号であった。FLAIR像では等信号の類上皮腫、その後方の無信号の髄液腔、そしてその周囲に高信号の脳浮腫が見られ、それぞれ容易に識別された (Fig. 5)。術中所見は、FLAIR 所見に合致していた。

〈症例 6〉 49歳 女性 肺腺癌左前頭葉転移

T1強調画像では嚢胞の被膜が円形に造影されたが、FLAIR像では腫瘍実質ないしは嚢胞部と脳浮腫の境界は不明瞭であった。しかし、FLAIR像では腫瘍内が均一な等信号であり、内容は自由水を伴わない液体成分で

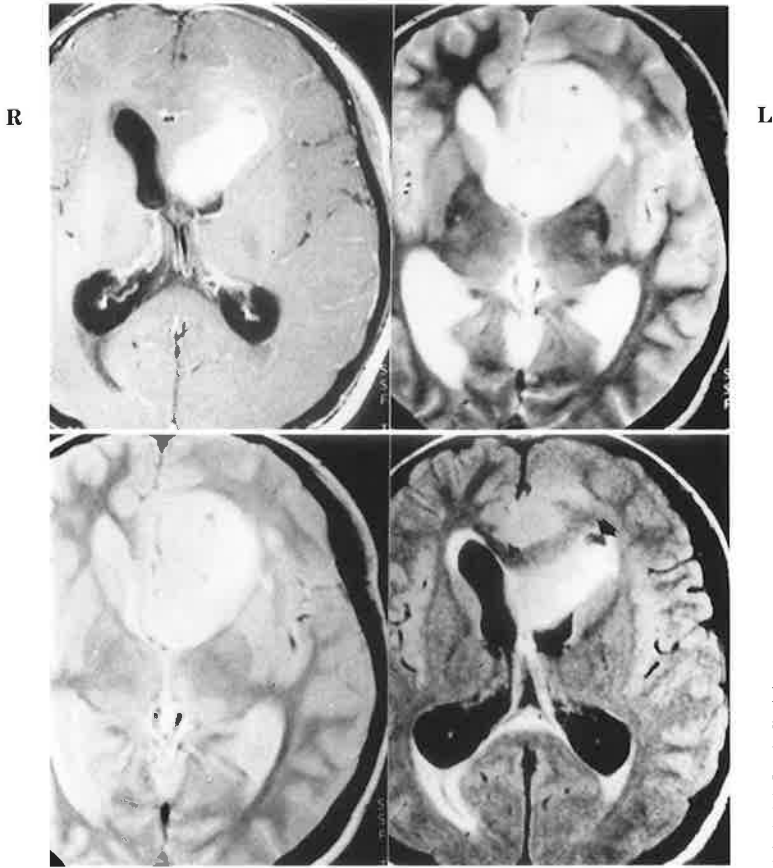


Fig. 4 Case 4. upper left: T1 weighted image with contrast medium, upper right: T2 weighted image, lower left: Proton weighted image, lower right: FLAIR image. FLAIR image demonstrates that a glioblastoma multiforme consists in the anterior horn of the left lateral ventricle (arrow).

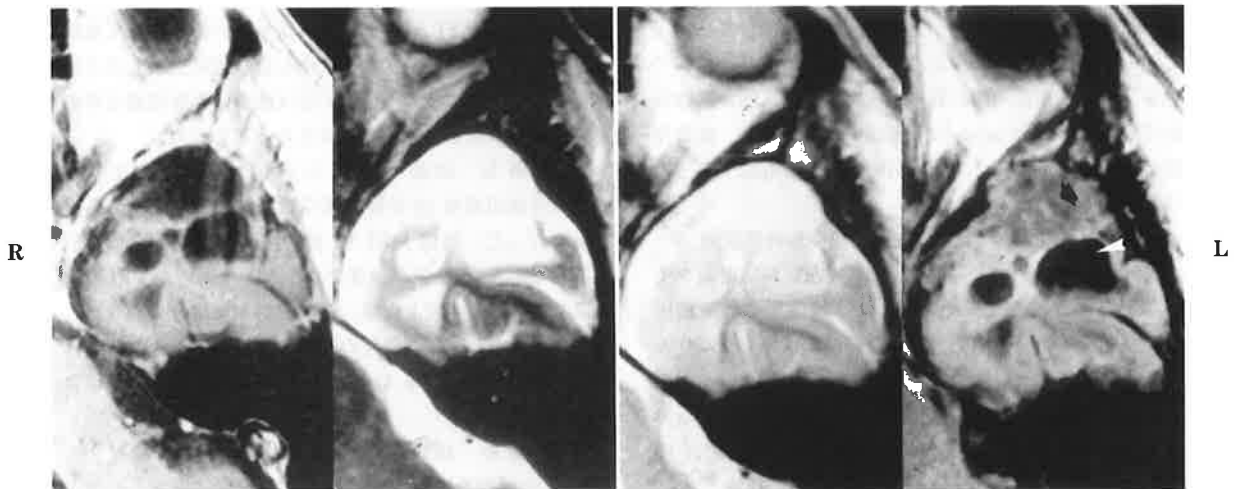


Fig. 5 Case 5. T1 weighted image with Gd, T2 weighted image, Proton weighted image and FLAIR image in sequence. FLAIR image demonstrates an epidermoid as an iso intensity lesion (arrow), arachnoid cysts due to adhesion after the first operation as a no-signal intensity lesion (arrowhead) and perifocal edema as a high intensity lesion.

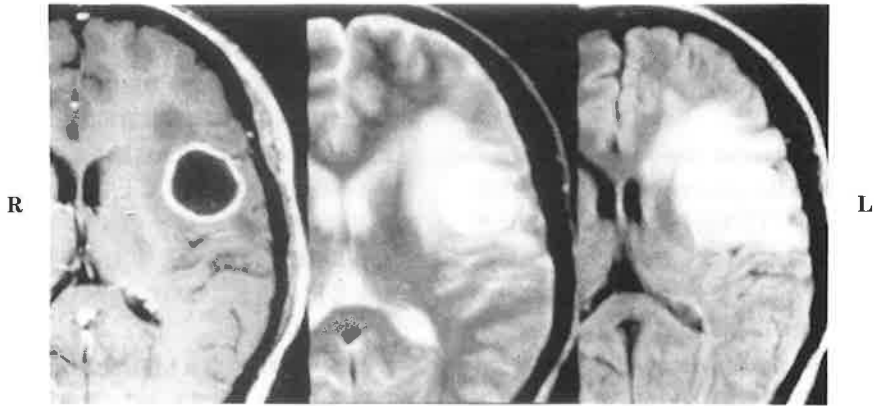


Fig. 6 Case 6. T1 weighted image with Gd, T2 weighted image and FLAIR image in sequence. FLAIR image demonstrates peritumoral edema most clearly, but do not clarify the margin of the metastatic brain tumor.

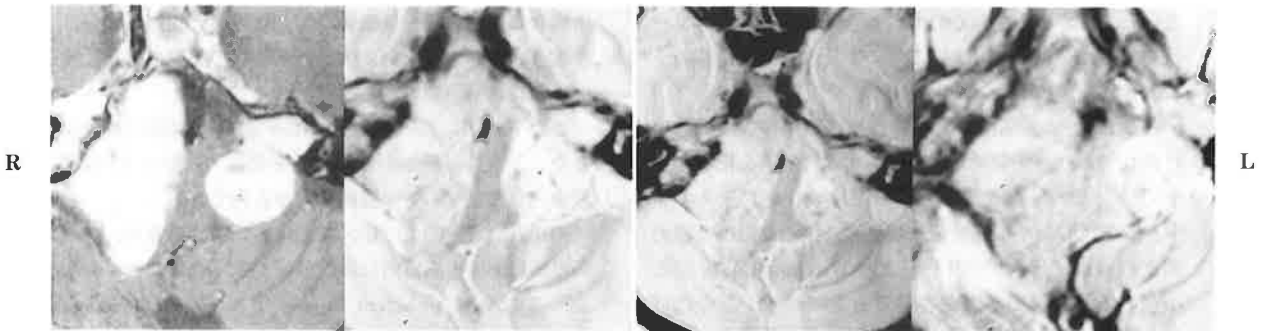


Fig. 7 Case 7. T1 weighted image with Gd, T2 weighted image, Proton weighted image and FLAIR image in sequence. FLAIR image can not clarify the margin of acoustic neuromas.

あると考えられた。手術所見で嚢胞内は黄褐色粘稠な液体成分であり、FLAIR 所見と合致していた (Fig. 6)。

〈症例 7〉 (FLAIR 法無効例) 21 歳 男性 2 型神経線維腫症

造影後 MRI T1 強調画像で両側小脳橋角部に均一に造影される髄外腫瘍を認めたが、T2 強調画像、FLAIR 像では脳浮腫、腫瘍と橋との境界が判別できなかった (Fig. 7)。

全 34 症例のうち、FLAIR 法が他の MRI 撮像法より診断の上で有用であったのは 18 例、このうち特に FLAIR 像がなければ診断が困難であったものは側頭葉神経膠腫 1 例、類上皮腫 1 例、くも膜嚢胞 2 例であった。一方 FLAIR 法が診断の際有用でなかったものは嗅窩髄膜腫 1 例、下垂体腺腫 1 例、小脳橋角部神経鞘腫 1 例であった。

Table 1 に FLAIR 法が診断にあたって有用もしくは

Table 1 FLAIR's advantages and disadvantages to diagnose intracranial tumors

(a) The intracranial tumors that the fluid attenuated inversion recovery method of MRI is of great advantage to diagnose

- (1) the tumors with peritumoral edema and/or peritumoral invasion
- (2) periventricular tumors
- (3) epidermoid and arachnoid cyst (FLAIR is useful for differential diagnosis)

(b) The intracranial tumors that the fluid attenuated inversion recovery method of MRI is of no advantage to diagnose

- (1) the tumors without peritumoral edema or peritumoral invasion
- (2) CSF dissemination

は、有用でなかった頭蓋内腫瘍の特徴をまとめた。

IV. 考 察

1. FLAIR 法について

FLAIR 法 (fluid attenuated inversion recovery method) は反転回復 (inversion recovery: IR) 法の一つで反転時間 (inversion time: TI) を自由水の縦緩和時間に近づけることにより、自由水成分を無信号化し、更にエコー時間 (echo time: TE) を長く設定することにより、横緩和を強調した画像を得る撮像法である。反転回復法は STIR (short TI inversion recovery) 法等で臨床応用されており、歴史は決して浅くないが、FLAIR 法自体は 1992 年ロンドンの Hammersmith 病院の DeCoene, Hajnal らにより初めて提唱された^{2,4)}。

反転回復法は、各位相エンコード間に反転時間を取るため、従来の spin echo 法に比べると、撮像時間が長いという欠点がある。しかしわれわれは高速スピネコー法を FLAIR 法に応用することにより、平均撮像時間を 4 分 10 秒 (2 分 15 秒 - 5 分 15 秒) まで短縮した。

FLAIR 法は大脳白質・脳幹の神経路や神経核の描出に優れており、正常異常に関わらず神経解剖を把握しやすい³⁻⁵⁾。また小型の脳梗塞、多発性硬化症、サルコイドーシス、脊髄小脳変性症や髄液腔に接した微小な脳内病変の描出に優れ^{7,8,14,16)}、また Wirchow-Robin 腔と小型の脳梗塞巣の鑑別が容易である^{2,4,12-14)}。さらにはくも膜下出血⁹⁾、脊髄内病変の診断にも有効であるとされる^{6,15,17)}。しかし頭蓋内腫瘍に関しては、いまだ報告は少ない^{4,12)}。

2. FLAIR 法の利点

今回われわれは頭蓋内腫瘍 34 例の FLAIR 像を詳細に読影しその特徴を考察した。頭蓋内腫瘍に対する FLAIR 法画像の最も有利な点は、髄液が無信号域、腫瘍周囲の脳浮腫や腫瘍浸潤像が高信号域、腫瘍自体が (一部の嚢胞性腫瘍を除く) 等信号域となり、髄液、脳浮腫、腫瘍それぞれの鑑別が容易なことである。

たとえば、腫瘍と脳室の関係を把握する際や脳表の腫瘍と軟膜の間に髄液腔があるかどうかを検討する際に FLAIR 法は有利であった。脳を強く圧排する髄外腫瘍に対する手術では、腫瘍を脳表より無理にはがせば、脳内出血や脳梗塞などの合併が多くなるが、もし腫瘍と軟膜の間に髄液腔があればその部分は容易に剝離できる。こうした髄液腔は FLAIR 法で最も捉えやすいのである。

また腫瘍の周囲脳浮腫や浸潤部位が FLAIR 法では高信号域となり目立つこと、かつ周囲脳の解剖学的構造が

把握しやすいことより³⁻⁵⁾、脳深部腫瘍の摘出術において eloquent area を避ける手術アプローチを検討する際 (特に脳に対する侵襲を極力避けなければならない生検術などで) FLAIR 法は非常に有用であった。

また、くも膜嚢胞と類上皮腫の鑑別は、FLAIR 像ではくも膜嚢胞内が無信号、類上皮腫本体が等信号となるため容易であった。

3. FLAIR 法の欠点

しかし FLAIR 法には利点のみではなく、いくつかの欠点も見られた。

たとえば、腫瘍の中でも脳浮腫、脳浸潤が少ないものは、FLAIR 法は不利であった。腫瘍周囲に高信号域となる部分が見られず、また脳実質と腫瘍実質は FLAIR 法では同じく等信号域となるため、鑑別がつかないのである。

また嚢胞性腫瘍の場合、嚢胞内に髄液が封入されている場合は、内容液が無信号でも、髄液腔と交通しているかどうか判断できない。髄液腔と嚢胞の交通の有無を検討するには脳槽造影が必要である。

また FLAIR 法では髄液と flow void が同様に無信号となる。血管と腫瘍の位置関係を把握する際は T2 強調画像、またはプロトン強調画像が有利である。

FLAIR 画像では、モンロー孔部、第 3 脳室内、第 4 脳室開口部等の脳室内に高信号域が見られることがあった。これらは turbulent flow による flow related enhancement であると考えられる。

脳室上衣は、症例によっては高信号になることがあり、その際は髄液播種との鑑別を要する。

このように FLAIR 法にもいくつかの欠点はあげられるが、これらの欠点を考慮しても、FLAIR 法は腫瘍周囲の髄液腔、周囲脳の構造がわかりやすく、腫瘍摘出術の strategy を考える上で極めて有用な撮像法であると思われた。

V. ま と め

(1) FLAIR 法は自由水のシグナルを選択的に抑制する MRI の反転回復 (inversion recovery) 法の 1 つで、髄液を無信号化した T2 強調画像が得られる。

(2) FLAIR 像では、髄液腔は無信号、腫瘍周囲の脳浮腫や腫瘍浸潤像は高信号、腫瘍自体は (一部の嚢胞性腫瘍を除く) 等信号となるため、髄液腔、脳浮腫、腫瘍、それぞれの鑑別が容易であった。

特に腫瘍と髄液腔の関係が明確に捉えられ、脳室近傍の腫瘍や脳槽内腫瘍の術前検査として有用であった。

(3) FLAIR 像では脳浮腫、脳浸潤の範囲が明瞭であ

り、また周囲脳の構造が詳細に把握できるため、特に深部脳腫瘍等への進入方法を考える上で有用であった。

(4) 従来の撮像法では困難であった類上皮腫とくも膜嚢胞の鑑別が容易であった。

(5) 高速撮像法の導入により FLAIR 像は4分台での撮像が可能となった。今後更に普及発展する可能性がある撮像法であると考えられた。

文 献

- 1) Bergin PS, Fish DR, Shorvon SD, Oatridge A, et al: Magnetic resonance imaging in partial epilepsy: additional abnormalities shown with the fluid attenuated inversion recovery (FLAIR) pulse sequence. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* **58**: 439-443, 1995
- 2) De CB, Hajnal JV, Gatehouse P, Longmore DB, et al: MR of the brain using fluid-attenuated inversion recovery (FLAIR) pulse sequences. *Am J Neuroradiol* **13**: 1555-1564, 1992
- 3) De CB, Hajnal JV, Pennock JM, Bydder GM: MRI of the brain stem using fluid attenuated inversion recovery pulse sequences. *Neuroradiology* **35**: 327-331, 1993
- 4) Hajnal JV, Bryant DJ, Kasuboski L, Pattany PM, et al: Use of fluid attenuated inversion recovery (FLAIR) pulse sequences in MRI of the brain. *J Comput Assist Tomogr* **16**: 841-844, 1992
- 5) Hajnal JV, Collins AG, White SJ, Pennock JM, et al: Imaging of human brain activity at 0.15 T using fluid attenuated inversion recovery (FLAIR) pulse sequences. *Magn Reson Med* **30**: 650-653, 1993
- 6) Hajnal JV, Kasuboski L, deSouza NM, Bydder GM: Magnetic resonance imaging: spinal cord imaging with the turbo-fluid attenuated inversion recovery (FLAIR) pulse sequence. *Clin Radiol* **50**: 1-5, 1995
- 7) Nakagawa E, Hirano S, Yamanouchi H, Goto Y, et al: Progressive brainstem and white matter lesions in Kearns-Sayre syndrome: a case report. *Brain Dev* **16**: 416-418, 1994
- 8) Nakagawa E, Yamanouchi H, Sakuragawa N, Takashima S: Vermis lesions in acute cerebellar ataxia: a sequential imaging study. *Brain Dev* **16**: 488-490, 1994
- 9) Noguchi K, Ogawa T, Inugami A, Toyoshima H, et al: MR of acute subarachnoid hemorrhage: a preliminary report of fluid-attenuated inversion-recovery pulse sequences. *Am J Neuroradiol* **15**: 1940-1943, 1994
- 10) Oatridge A, Hajnal JV, Cowan FM, Baudouin CJ, et al: MRI diffusion-weighted imaging of the brain: contributions to image contrast from CSF signal reduction: use of a long echo time and diffusion effects. *Clin Radiol* **47**: 82-90, 1993
- 11) Rydberg JN, Hammond CA, Grimm RC, Erickson BJ, et al: Initial clinical experience in MR imaging of the brain with a fast fluid-attenuated inversion-recovery pulse sequence. *Radiology* **193**: 173-180, 1994
- 12) Segawa F, Kishibayashi J, Kamada K, Sunohara N, et al: [FLAIR images of brain diseases]. [Japanese]. *No To shinkei* **46**: 531-538, 1994
- 13) Suzuki T, Kakiuchi H, Sugiki S, Kawanishi M, et al: [Detection of cortical infarcts in brain MR imaging: feasibility of short-TR-T2-weighted imaging using a fast spin echo sequence]. [Japanese]. *Nippon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi* **55**: 260-262, 1995
- 14) Takanashi J, Sugita K, Fujii K, Takatsuna Y, et al: Optic neuritis with silent cerebral lesions: availability of FLAIR sequences. *Pediatr Neurol* **12**: 152-154, 1995
- 15) Thomas DJ, Pennock JM, Hajnal JV, Young IR, et al: Magnetic resonance imaging of spinal cord in multiple sclerosis by fluid-attenuated inversion recovery [see comments]. *Lancet* **341**: 593-594, 1993
- 16) White ML, Edwards BM: Fluid attenuated inversion recovery (FLAIR) MRI of herpes encephalitis. *J Comput Assist Tomogr* **19**: 501-502, 1995
- 17) White SJ, Hajnal JV, Young IR, Bydder GM: Use of fluid-attenuated inversion-recovery pulse sequences for imaging the spinal cord. *Magn Reson Med* **28**: 153-162, 1992

Abstract

Efficacy of the TURBO-fluid attenuated inversion recovery spin echo sequence of MRI as a preoperative neuroradiological examination

by

Hiroshi NAKAGUCHI¹⁾, Tomio SASAKI,
Takaaki KIRINO, Toshiyuki OKUBO²⁾,
Naoto HAYASHI

from

Departments of Neurosurgery¹⁾, Radiology²⁾,
Faculty of Medicine, University of Tokyo

Whenever the extirpation of intracranial tumors is planned, neurosurgeons always keep their eyes on the cerebrospinal fluid (CSF) space around intracranial tumors. If enough space exists in the neighborhood of the tumors, the damage to adjacent parenchyma may be reduced by the procedure through the CSF space. A newly advanced MRI pulse sequence: the FLAIR (fluid attenuated inversion recovery) imaging, in which a long TE spin echo sequence is used with suppression of the CSF with an inversion pulse, displays the CSF space as a no-signal intensity area. There have been only a few reports, however, on the FLAIR pulse sequence of brain tumors as yet. We examined 34 cases of intracranial tumors by FLAIR images and analyzed the advantages and disadvantages of the FLAIR pulse

sequence for decision making on tumor removal.

Making use of the FLAIR pulse sequence, the CSF space is depicted as a no-signal intensity area and much more information about perifocal edema and the invasion area around the tumors can be provided than that provided by the other ordinary pulse sequences (T1 weighted images, T2 weighted images and Proton weighted images). Therefore, operative strategies can be more easily worked out on the FLAIR images. Furthermore, the difference between arachnoid and epidermoid is able to be detected on the FLAIR images.

Nevertheless, on FLAIR images, the tumors without

perifocal edema or invasion to adjacent parenchyma were not apparent and the difference between tumoral dissemination into multi-ventricular space and the periventricular artifact of FLAIR images could not be distinguished. The FLAIR pulse sequence has other artifacts like intraventricular flow related enhancement and so on.

If the images are carefully checked up on the above-mentioned points, the FLAIR pulse sequence of MRI can not fail to be useful in making plans for operations on intracranial neoplasms.

(Received : October 29, 1996)

学会案内

第 13 回日本脳神経血管内手術研究会

会 期 平成 9 年 11 月 20 日 (木), 21 日 (金)

会 場 ホテルグランヴィア岡山(岡山市駅元町 1-5, Tel 086-234-7000)

名誉会長 大本堯史

会 長 衣笠和孜

主 題 1) 脳動脈瘤の血管内治療
2) 頭頸部閉塞性血管障害の治療
3) 「脳血管内手術」に関するあらゆる演題

招待演者 (予定)

Prof. Rüfenacht D (Geneve)

Prof. Mawad M (Houston)

打田日出夫(奈良県立医大)

演題募集 主題に沿った演題(口演, ポスター, ビデオ)を募集いたします。また, 特にシンポジウム I, シンポジウム II およびパネルディスカッションとして下記の内容を募集いたします。

シンポジウム I = 血管内治療による破裂脳動脈瘤治療の適応と限界

シンポジウム II = 内頸動脈狭窄に対する血管形成術 (Stent, PTA or CEA?)

パネルディスカッション = 破裂脳動脈瘤急性期の治療 (血管内治療 vs 直達手術)

演題締切 平成 9 年 7 月 31 日 (当日消印有効)

問い合わせ先 ☎ 700 岡山市鹿田町 2-5-1

岡山大学脳神経外科

事務担当: 中嶋裕之

TEL 086-235-7336, FAX 086-227-0191

E-mail hnaka@med.okayama-u.ac.jp

研究会事務局: 名古屋大学脳神経外科内