

• 实验研究 •

肝脏液体衰减反转恢复序列最佳参数的选择及临床应用

崔凤, 叶滨宾, 陈丽英

【摘要】 目的:探讨液体衰减反转恢复 (FLAIR) 序列肝脏扫描的最佳参数及临床应用价值。**方法:**体外实验组将 6 组不同血红蛋白浓度液体和 5 组不同浓度的肝囊肿穿刺液埋于载体中, 经 0.5 T 超导 MR 机行 T_2 WI 及 FLAIR 序列 (TR 6000 ms, TE 100 ms, TI 1500/1700/1900 ms) 扫描, 检测并分析相同病灶在 T_2 WI 及不同 TI 值的 FLAIR 成像的信号强度。**结果:**体外实验结果显示 FLAIR 成像随液体蛋白浓度 (≥ 1.64 g/dl) 升高和 TI 值延长其信号呈逐渐升高趋势, 优选参数 FLAIR 成像 (TI 1700 ms) 可鉴别肝囊肿与肝血管瘤 ($P < 0.05$)。**结论:**FLAIR 成像可初步判定液体蛋白含量, 优选参数的 FLAIR 成像结合常规 SE 序列可提高肝脏病变的鉴别诊断。

【关键词】 磁共振成像; 液体衰减反转恢复序列; 肝疾病

【中图分类号】 R445.2; R816.5 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2006)03-236-04

Application and Optimization of Fluid-Attenuated Inversion Recovery Pulse Sequence in Hepatic Focal Lesions CUI Feng, YE Bin-bin, CHEN Li-ying. Department of Radiology, Hangzhou Hospital of Traditional Chinese Medicine, Zhejiang 310007, P. R. China.

【Abstract】 Objective: To discuss the optimal parameters of fast FLAIR sequences imaging and to find out an optimal value for FLAIR imaging in differentiating hepatic focal lesions. **Methods:** The experimental in vitro study were designed as follows: six groups with different concentration of hemoglobin (embedded in containers) and five groups with different concentration of hepatic cyst liquid (also embedded in containers), were respectively scanned with a 0.5 T superconductive MR scanner using conventional T_2 WI and FLAIR imaging (TR 6000ms, TE 100ms, TI 1500/1700/1900ms) sequences. Examination and evaluation of MR signal intensity of the same contents with different concentration on T_2 WI images and those with various TI values in FLAIR sequence were performed. **Results:** The experimental in vitro study showed that increased signal intensity was shown in case that the protein concentration in the fluid was increased (> 1.64 g/dl) and a tendency of gradual increase in signal intensity was also demonstrated in case of increasing the delay of TI. The differentiation between hepatic cyst and hemangioma could be made possible by FLAIR imaging with an optimal TI value (TI 1700ms, $P < 0.05$). **Conclusion:** Fast FLAIR MR imaging was preliminarily proved useful in evaluating protein concentration in fluid and the capability of differentiating various liver diseases might be improved by FLAIR imaging with optimal parameters and in combination of the findings with SE sequence.

【Key words】 Magnetic resonance imaging; Fluid-attenuated inversion recovery sequence; Liver diseases

液体衰减反转恢复 (Fluid attenuated inversion recovery, FLAIR) 序列的应用价值业已得到认可且广泛应用于颅脑及脊髓成像^[1]。近年来, 随着 MR 快速成像技术的发展, FLAIR 技术也正逐渐地被应用于腹部病变的诊断, 但其诊断价值尚待明确^[2]。本文通过体外中低场 0.5 T 的 MR 参数实验 (TI 值的选择) 并搜集整理回顾性分析肝脏血管瘤与肝囊肿的 FLAIR 成像特点, 探讨 FLAIR 序列在肝脏病变的最佳扫描参数及临床应用价值。

材料与方 法

体外实验资料: 以猪肝为载体, 将经生化检查的不同蛋白浓度 I ~ V 组 (0.44、0.48、0.49、0.54 和 0.61 g/dl) 的肝脏囊肿穿刺液分别包埋于载体中行 MR 的自旋回波 (spin echo, SE) 序列 T_2 WI 及 FLAIR 序列 (采用不同 TI 值参数) 扫描。

同样方法以猪肝为载体, 将生理盐水与加入 2.4% 乙二胺四乙酸 (ethylene diamine tetraacetic acid, EDTA) 抗凝剂的人体新鲜血液均匀混合呈不同血红蛋白浓度的 6 组液体 (A、B、C、D、E、F), 经生化检查血红蛋白浓度分别为 0.000、0.204、0.410、0.815、1.640 和 13.000 g/dl, 分别包埋于载体中进行 SE 序列 T_2 WI 及 FLAIR 序列扫描。

作者单位: 310007 杭州, 浙江中医学院附属二院放射科 (崔凤); 510080 广州, 中山大学附属第一医院 (叶滨宾); 110003 沈阳, 中国医科大学附属二院 (陈丽英)。

作者简介: 崔凤 (1968—), 女, 辽宁人, 硕士, 副主任医师, 主要从事 MR 影像诊断工作。

搜集 2000 年 2 月至 2002 年 6 月间已明确诊断的肝血管瘤和肝囊肿共 41 例(60 个病灶)进行常规 MR SE 序列 T₁WI、T₂WI 及 FLAIR 序列检查,每位患者检查 2 次,其中 2 例患者同时患有肝脏血管瘤和肝脏囊肿。女 24 例,男 17 例,年龄 43~79 岁(平均年龄 58 岁)。

2. 检查设备及技术

设备:采用 Philips GyroscanT5-NT 型 0.5T MR 机。

扫描方法:横断面及冠状面扫描,层厚 6~8 mm,应用体线圈,SE 序列 T₁WI、T₂WI 扫描;将应用在颅脑及脊髓的 FLAIR 序列结合文献及体外实验测试调整验证后应用到肝脏病变的检测(TR 6000 ms,TE 100 ms,TI 分别取 1500 ms、1700 ms、1900 ms)。

3. 信号强度的测定与统计学分析

体外实验组和临床组的每一个病灶选相同层面,测量同样面积的兴趣区的信号强度(SI 值)。重复测量三次,取其平均值($\bar{x} \pm s$)。

统计学分析:应用 SPSS 8.0 统计分析软件,采用方差分析 *q* 检验和 *t* 检验。

结 果

1. 体外实验 FLAIR 序列(不同 TI 值)的 SI 值与蛋白浓度关系

(1) 不同 TI 值的 FLAIR 序列肝囊肿穿刺液(体外实验)的 SI 值比较(表 1)。

(2) 体外实验不同血红蛋白浓度组取不同 TI 值的 FLAIR 信号强度比较(表 2)。

不同 TI 值时各血红蛋白浓度组 FLAIR 信号与蛋白浓度的关系见图 1。

2. 肝血管瘤及肝囊肿在 T₂WI 及 FLAIR 序列的 SI 值比较

(1) 临床应用实验:肝血管瘤及肝囊肿各 15 个病灶在不同 FLAIR 序列及 T₂WI 的 SI 值比较(表 3)。

(2) 肝血管瘤及肝囊肿各 30 个病灶 T₂WI 及 FLAIR (TI 取 1700 ms)的 SI 值比较(表 4)。

讨 论

肝血管瘤与肝囊肿的 MR 诊断

已得到临床广泛应用和认可,但有时 MR 信号不典型,必需增强扫描两者方可鉴别。本研究结合文献并通过以体外猪肝为载体的 MR 参数实验,选取 0.5T 的 MR 机 FLAIR 序列肝脏病变扫描的最佳参数(TI)值,根据 FLAIR 序列可抑制类脑脊液信号的囊性病变的原理^[3],旨在探讨和揭示 FLAIR 序列对肝脏血管瘤及肝囊肿的应用价值。

1. FLAIR 序列参数的优选

FLAIR 序列为长 TI 的 IR 序列,一般 TI 取值范围为 1600~2800 ms。文献^[4]报道 T₁ 值及 TI 值均依场强不同而不同。Essig 及陈星荣等^[4,5]报道 1.5 T MR 机 CSF 的 T₁>4000 ms,当 TR 取 9000 ms、T₁ 取

表 1 不同 TI 值的 FLAIR 序列肝囊肿穿刺液的 SI 值比较

组别	TI=1500 ms	TI=1700 ms	TI=1900 ms
I	388.14±16.89	396.70±9.50	406.53±23.61
II	409.28±10.94	402.55±24.34	432.69±11.41
III	401.66±17.40	429.51±9.31	444.98±11.25
IV	395.29±7.70	438.72±23.44	451.88±26.98
V	403.57±16.00	443.48±19.91	634.30±38.05*

注:I~V 组囊液蛋白浓度分别为 0.44 g/dl、0.48 g/dl、0.49 g/dl、0.54 g/dl、0.61 g/dl,* 蛋白浓度为 0.61 g/dl(V 组)取 TI=1900 ms 与其余各组 SI 值比较,FLAIR 信号为等信号,不被明显抑制,差异有显著性意义(*P*<0.05)。

表 2 不同血红蛋白浓度实验组不同 TI 值的 FLAIR 序列 SI 值比较

实验组	FLAIR _(TI=1500)	FLAIR _(TI=1700)	FLAIR _{m(TI=1900)}
A	164.20±21.68	194.71±9.79	274.08±66.02
B	229.81±56.85	251.75±8.20	285.68±45.24
C	280.61±30.05	281.65±15.46	364.19±45.79
D	329.40±56.23	325.71±48.13*	441.07±118.90*
E	459.78±38.49	729.90±49.19**	780.06±18.50**
F	1788.15±99.98**	2000.06±181.77**	2283.01±203.68**

注:不同 TI 值的 FLAIR 序列 SI 值的方差分析 *q* 检验结果,* 差异有显著性意义(*P*<0.05),** 差异有极显著性意义(*P*<0.001)。

(A~F 代表的血红蛋白浓度分别为 0.000 g/dl、0.204 g/dl、0.410 g/dl、0.815 g/dl、1.640 g/dl、13.000 g/dl)

表 3 肝血管瘤及肝囊肿各 15 个病灶在不同 FLAIR 序列及 T₂WI 的 SI 值比较

组别	肝血管瘤	肝囊肿	统计学意义(<i>P</i> 值)
FLAIR _(TI=1500)	1246.41±179.73	357.99±222.60	<0.01
FLAIR _(TI=1700)	1345.16±144.30	402.06±239.51	<0.01
FLAIR _(TI=1900)	1392.19±1508.2	537.84±241.53	<0.01
T ₂ WI	1842.35±280.11	1621.62±414.53	<0.05

注:*t* 检验结果,*P*<0.01 为差异有极显著性意义,*P*>0.05 为差异无显著性意义。

表 4 肝血管瘤及肝囊肿各 30 处病灶 T₂WI 及 FLAIR 的 SI 值

组别	病灶(个)	T ₂ WI(SI)	FLAIR(SI)
肝血管瘤	30	1784.77±345.71	1335.10±189.38
肝囊肿	30	1754.05±412.60	339.07±195.38**

注:T₂WI 肝血管瘤与肝囊肿两者差异无显著性意义(*P*>0.05);** FLAIR 序列肝血管瘤与肝囊肿之间差异有极显著性意义(*P*<0.001)。

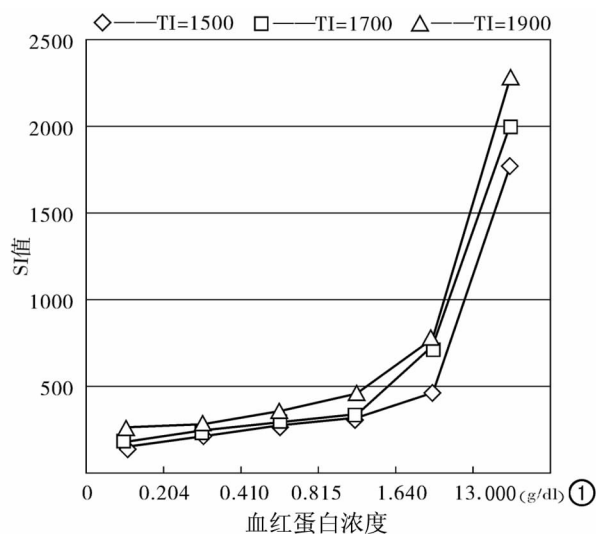


图 1 不同 TI 值的不同血红蛋白浓度组 FLAIR 信号与蛋白浓度的关系。

4500 ms 时, TI 取 2550 ms, CSF 信号抑制效果最佳; 0.5 T MR 机的 CSF 的 T_1 值约 4000 ms, 同样取 TR 为 6000 ms, TI 的理论值为 1960 ms, 脑脊液抑制效果最佳。肝囊肿为类似脑脊液的单纯液体, 其 T_1 值略短于脑脊液, 故 TI 值应短于 1960 ms, TI 值范围应在 1600~1960 ms。目前关于 FLAIR 序列应用于肝脏病变的最佳 TI 值未见有文献明确报道。因此, 0.5 T MR 机最佳 TI 值的选择尤为重要。本研究根据理论值的 TI 值范围分别选取 TI 为 1500、1700 和 1900 ms 进行 MR 的参数优选实验。本组不同血红蛋白浓度参数实验结果显示 TI 取 1500 ms 时, 血红蛋白浓度 > 1.64 g/dl 时, FLAIR 信号不被抑制呈高信号; 血红蛋白浓度 ≤ 1.64 g/dl 时, 蛋白浓度-信号强度关系曲线段平直, FLAIR 信号均为明显的低信号, 不仅抑制了自由水而且抑制了部分蛋白的信号; TI 取 1900 ms、1700 ms, 血红蛋白浓度 ≥ 1.64 g/dl 时 FLAIR 信号不被抑制呈高信号(图 2), 但从表 2 及图 1 可以看出 FLAIR 信号随 TI 值的延长信号逐渐升高^[6], 血红蛋白浓度 < 1.64 g/dl 时 FLAIR 信号均被抑制, 但 TI 值取 1900 ms 时 FLAIR 序列对少量蛋白的抑制效果不如 TI 取 1700 ms 时敏感, TI 取 1700 ms 时 FLAIR 序列能将自由水和微量蛋白抑制掉而含较多蛋白的液体则不被抑制。结果表明 TI = 1700 ms 时

FLAIR 信号抑制效果最佳。本组资料结果与文献报道基本一致^[2,7]。

2. FLAIR 信号与囊液成分的关系

肝囊肿穿刺液组结果显示, 不同蛋白浓度 (0.44、0.48、0.49、0.54 和 0.61 g/dl) 的穿刺液 TI 取 1500 ms、1700 ms FLAIR 序列信号被明显抑制, TI 为 1900 ms 时信号亦被抑制, 实验结果说明不同序列 FLAIR 序列均可抑制类似脑脊液的低蛋白浓度液体, 而对蛋白浓度 (≤ 0.61 g/dl) 的微弱变化不敏感。但 TI 取 1900 ms 时蛋白浓度为 0.61 g/dl 的 SI 值有上升趋势, 说明随 TI 值的延长存在信号抑制不完全的情况(表 1)。FLAIR 信号与液体蛋白浓度有一定相关性, 随蛋白浓度的升高而呈现高信号^[4,6]。本文体外实验 (TI 取 1700 ms) 结果显示液体内血红蛋白浓度 ≥ 1.64 g/dl, FLAIR 信号不被抑制仍呈高信号, 而液体内血红蛋白浓度 < 1.64 g/dl 各组 FLAIR 信号均被抑制呈低信号(表 2、图 1)。因此, FLAIR 信号可提示病变的蛋白成分, 初步判定其蛋白含量。与 De Coene 等^[8]所述的当脑脊液混合新鲜血液或脑脊液感染蛋白浓度 ≥ 1.9 g/dl 时 FLAIR 成像为高信号基本一致。

3. 快速 FLAIR 成像对肝脏病变的应用价值

本组随机选取肝血管瘤及肝脏囊肿各 15 个病灶进行临床 MR 扫描参数验证。T₂WI 上肝囊肿与肝血管瘤均为高信号, 在常规 T₁WI、T₂WI 的基础上应用不同 TI 值 (分别取 1500、1700 和 1900 ms) 的 FLAIR

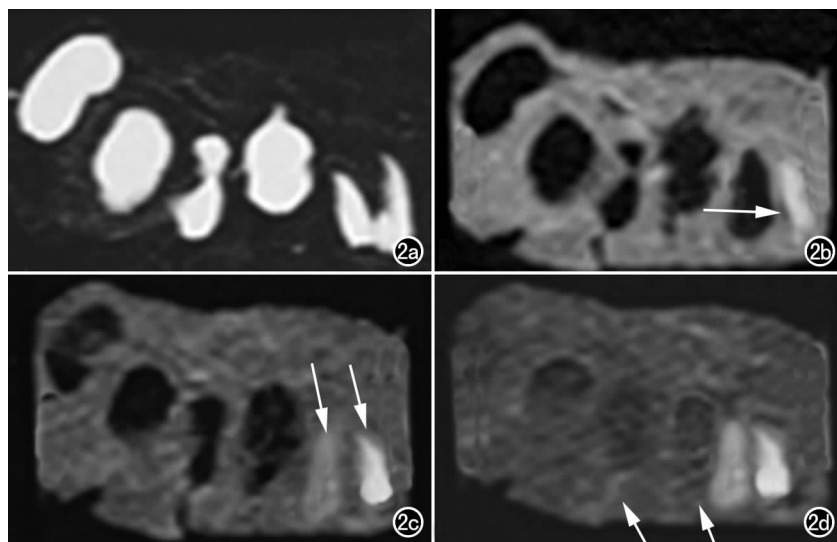


图 2 a) T₂WI 均呈高信号影; b) FLAIR 序列成像, TI 值取 1500 ms, Hb > 1.6 g/dl, FLAIR 信号不被抑制呈高信号(箭); c) Hb ≥ 1.64 g/dl 时 TI 值取 1700 ms 的 FLAIR 信号不被抑制呈高信号, 自由水和微量蛋白抑制掉而含较多蛋白的液体则不被抑制(箭); d) TI 值取 1900 ms 时 FLAIR 序列对少量蛋白的抑制效果不如 TI 取 1700 ms 的敏感(箭)。

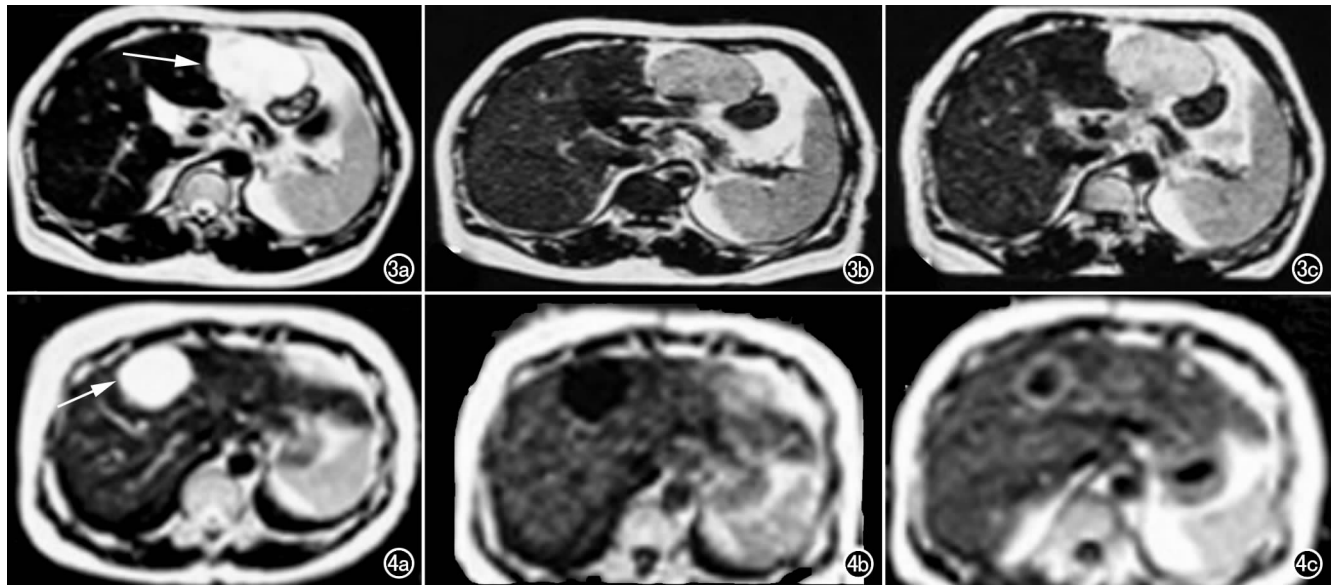


图 3 肝血管瘤。a) T_2 WI 病灶呈明显高信号(箭); b) FLAIR 序列, $TI=1500$ ms; c) FLAIR 序列, $TI=1700$ ms, FLAIR 信号较 TI 为 1500 ms 时呈逐渐升高趋势, 其信号不被抑制。图 4 肝囊肿。a) T_2 WI 病灶呈明显高信号(箭); b) FLAIR 序列 ($TI=1700$ ms) 信号为低信号; c) $TI=1900$ ms 时 FLAIR 信号抑制不完全。

序列均可将肝囊肿 T_2 WI 的高信号抑制掉, 而肝血管瘤的 T_2 WI 高信号不被抑制(图 3、4), 因肝囊肿内囊液多为清亮液体含少量蛋白或染有胆汁, 其与脑脊液成分相似, 蛋白浓度 <1.64 g/dl; 而肝血管瘤由大小不同的血管腔隙组成, 蛋白浓度较高 >1.64 g/dl, FLAIR 信号一般不被抑制掉, 以此可将上述两种疾病鉴别开来。由此, 结合体外的 MR 实验结果及临床验证得出在 0.5 T MR FLAIR 序列优选参数为 TR 6000 ms, TE 100 ms, TI 1700 ms。在日常工作中, 多数肝囊肿为含有低蛋白的单纯液体, 而肝血管瘤为含高蛋白的液体, 体外实验已证实 FLAIR 序列可抑制低蛋白浓度的液体, 而对其微弱变化不敏感, 虽然临床应用理论值范围内的不同 TI 值的 FLAIR ($1600 \sim 1960$ ms) 成像效果不同, 但均可对肝血管瘤与肝囊肿进行鉴别。然而, 临床中少数肝囊肿内蛋白浓度稍高, 此时若选择 TI 值为 1960 ms, FLAIR 信号随 TI 值延长及蛋白浓度升高而升高, 则难以对肝囊肿与肝血管瘤进行鉴别, 只有选择最佳 TI 值 FLAIR 序列才可以初步判定 SE 序列难以明确的 T_2 WI 均为高信号液体的蛋白浓度, 解释不同蛋白浓度的肝囊肿及肝血管瘤 FLAIR 信号不同的原因, 并以此鉴别肝囊肿及肝血管瘤。

总之, FLAIR 信号强度与病变内蛋白浓度有关, 并有一定演变规律, FLAIR 序列可显示肝脏病变内的成分, 初步判定病变内蛋白含量, 应用 MR T_1 WI 及 T_2 WI, 结合最佳扫描参数的 FLAIR 序列对肝脏病变的诊断及鉴别诊断有重要临床意义。

参考文献:

- [1] Adams JG, Melhem ER. Clinical Usefulness of T_2 -Weighted Fluid-Attenuated Inversion Recovery MR Imaging of the CNS[J]. AJR, 1999, 172(2): 529-536.
- [2] Motoomi Ohkawa, Tsutomu Katoh, Satoru Nakano, et al. Use of Fluid-Attenuated Inversion Recovery (FLAIR) Pulse Sequences for Differential Diagnosis of Hepatic Hemangiomas and Hepatic Cysts[J]. Acta Med Okayama, 1997, 51(5): 276-278.
- [3] Italo Aprile, Francesca Iaiza, Antonino Lavaroni, et al. Analysis of Cystic Intracranial Lesions Performed with Fluid-Attenuated Inversion Recovery MR Imaging[J]. AJNR, 1999, 8(20): 1259-1267.
- [4] Essig M, Bock M. Contrast Optimization of Fluid-Attenuated Inversion Recovery (FLAIR) MR in Patients with High CSF Blood or Protein Content[J]. Magn Reson Med, 2000, 43(5): 764-767.
- [5] 陈星荣, 沈天真, 段承祥, 等. 全身 CT 与 MRI[M]. 上海: 上海医科大学出版社, 1994. 23.
- [6] Elias R Melhem, Hernan Jara, Steve Eustace. Fluid-Attenuated Inversion Recovery MR Imaging: Identification of Protein Concentration Thresholds for CSF Hyperintensity[J]. AJR, 1997, 169(3): 859-862.
- [7] 詹阿来. 快速 FLAIR 技术在腹盆腔 MRI 中的应用价值[J]. 临床放射学杂志, 1999, 18(11): 678-680.
- [8] De Coene B, Hajnal JV, Gatehouse P, et al. MR of the Brain Using Fluid-attenuated Inversion Recovery (FLAIR) Pulse Sequences[J]. AJNR, 1992, 13(16): 1555-1564.

(收稿日期: 2005-06-26 修回日期: 2005-08-02)