

FLAIR 技术原理及在中枢神经系统的临床应用

赵英 综述 戴敏方 审核

【中图分类号】R445.2; R816.1 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2003)03-0218-03

近年来 MR 技术发展突飞猛进,液体衰减反转恢复(fluid attenuated inversion recovery, FLAIR) 技术就是其中之一。由 Hajnal 等^[1]在 1992 年首次报道并应用于临床,早期主要用于颅脑 MR 成像,随着影像技术的发展,FLAIR 技术不断发展完善,成像时间越来越短,影像质量不断提高,使其更广泛地应用于临床各器官系统的检查。中枢神经系统组织成分较单纯,没有运动伪影, MRI 检查最有优势, FLAIR 进一步增加了病灶与正常组织的对比,提高了定量、定性诊断能力。

FLAIR 成像基本原理

FLAIR 序列是一种特殊的 IR SE 序列,由 $180^\circ - 90^\circ - 180^\circ$ 三个脉冲组成。它利用一个 180° 反转脉冲使位于 + Z 轴上的各组织的纵向磁化矢量反转 180° 指向 - Z 轴方向,在此之后的一段时间内(即反转时间 T_1),各组织的磁化矢量按照各自的 T_1 弛豫时间向 + Z 轴恢复,选择适当的 T_1 时间,使脑脊液(cerebrospinal fluid, CSF)在 + Z 轴上的磁化矢量按 T_1 曲线恢复到 0 时再施加 90° RF 脉冲,因为人体内其它组织和病灶的 T_1 值明显短于 CSF 的 T_1 值,当 CSF 在 + Z 轴上的磁化矢量达到 0 时,其它组织和病灶的磁化矢量绝大部分已经恢复到 + Z 轴上,给予的 90° 脉冲可使恢复到 + Z 轴上的各磁化矢量向 M_{xy} 轴上反转,而 CSF 没有磁化矢量被反转到 M_{xy} 轴上,因而测不到 CSF 的信号。在最初的 180° 反转脉冲后可以选用不同长短的 TE (回波时间)获得不同程度的 T_2W 图像,所得图像既抑制了 CSF 高信号,消除其波动伪影和部分容积效应对周边病灶的干扰,长的 TR、TE 时间又增加了信噪比及病灶与正常组织的对比,使病灶得以突出显示^[1-3]。

早期的 FLAIR 序列信号采集时间太长,相应伪影也较多,在一定程度上影响了它的临床应用。现广泛应用于中枢神经系统的是 fast FLAIR(又称 turbo FLAIR)序列,它将 FLAIR 序列与 TSE(trubo SE)技术联合应用,可以在 2~4min 内采集 18~24 幅横断面图像^[4]。fast FLAIR 序列与平面回波成像(echo planar imaging, EPI)技术相结合,出现了 EP FLAIR 序列^[5],有学者应用多次激发(multi shot)EP FLAIR 技术^[6],全脑成像在 120s 完成;应用单次激发(single shot)EP FLAIR 技术^[5,7],全脑成像仅用 4s 完成。EP FLAIR 对微小病灶和早期不增强病灶很有帮助,如早期梗死、脱髓鞘、早期感染和外伤。与 fast FLAIR 相比,EP FLAIR 几乎有相同的组织对比和 CSF 抑制^[5,6],但也有研究表明,EP FLAIR 影像质量不如 fast

FLAIR 序列^[7]。EP FLAIR 技术及其应用还需进一步探讨,但对于不合作的患者,EP FLAIR 技术极短的成像时间是有很大帮助的^[5-7]。部分饱和 FLAIR 序列(PS FLAIR)、半傅立叶采集单次激发 turbo SE 技术与 FLAIR 序列结合的 HASTE FLAIR 序列等技术仅在初步探讨阶段,临床应用的报道尚少。

FLAIR 序列在颅脑中的应用

FLAIR 具有抑制在 T_2WI 表现为高信号的 CSF 的作用,从而可以避免 CSF 产生的部分容积效应及流动伪影的干扰,使脑表面、脑室旁及蛛网膜下腔等部位病灶能够清晰显示,而其它部位脑组织仍保持 T_2WI 的特点,而且 FLAIR 使用较常规 T_2WI 长得多的 TE,使病变与周围背景组织的对比度显著提高,因而比 T_2WI 显示病灶有更高的敏感性,对小病灶的检出更有效,被广泛应用于颅脑各类疾病包括缺血性病变、外伤、出血、肿瘤、白质病变的诊断。

1. 缺血性病变

FLAIR 序列根据缺血时间长短有不同表现,早期缺血组织水肿呈高信号,FLAIR 较 T_2WI 更为敏感,陈旧性梗死则显示为不均匀的信号强度,伴有因胶质增生变性形成的高信号区及由于软化、囊变形成的低信号区^[8]。FLAIR 可鉴别脑缺血的不同时期,并可检出更多病灶,显示病灶范围与 T_2WI 相似,但病灶的轮廓更为清晰,内部结构与边缘情况均显示良好,病灶与正常脑组织的对比度更高。FLAIR 对急性出血性脑梗死也很敏感。在显示脑组织深部皮层下、脑表面、半卵圆区、脑室旁病灶 fast FLAIR 较 TSE 更具优势,并且前者观察病变周围水肿极好。FLAIR 序列对脑梗死分期、定量、定性诊断均起到很大作用^[9,10]。由于 CSF 波动的影响,FLAIR 会使脑干梗死不能显示,在基底节区、后颅窝等处 FLAIR 亦不如 TSE 敏感。

应用 FLAIR 序列还可鉴别腔隙灶与血管周围腔隙(V-R 腔隙),V-R 腔隙为围绕血管壁与蛛网膜下腔相通的腔隙,较小,通常 < 5mm,且双侧对称,主要位于基底节下 1/3 及半卵圆中心,由于 V-R 腔隙所含为 CSF,故 FLAIR 序列表现为低信号,而 T_2WI 为高信号,属正常解剖结构。腔隙灶多较大且不对称,主要位于基底节上 2/3,与 CSF 信号不相等^[8]。

2. 外伤及出血性病变

FLAIR 对脑挫裂伤的诊断具有重要价值,尤其是脑表面的、不伴有出血的小病灶, T_1WI 显示稍低信号, T_2WI 高信号,难与容积效应鉴别,FLAIR 可以清晰显示。对胼胝体非出血性挫裂伤及弥漫性轴索损伤(diffuse axis cylinder injury, DAI)亦具有重大价值。同样,FLAIR 可鉴别外伤后水肿及是否有软化灶形成。FLAIR 能显示常规 T_2WI 未能显示的侧裂池及脑表面

作者单位: 650032 昆明,云南省第一人民医院磁共振室

作者简介: 赵英(1970~),女,云南昆明人,主治医师,主要从事中枢神经系统病变的影像学诊断。

脑沟的小出血病灶,硬膜下出血与常规 MR 相比无显著差异。急性蛛网膜下腔出血(subarachnoid hemorrhage, SAH)由于周围 CSF 的高信号干扰,在 T₂WI 上难于发现。在 FLAIR 成像时,急性 SAH 改变了 CSF 的 T₁ 弛豫时间,造成高信号,故认为 FLAIR 较 CT 及常规 T₂WI 在评估急性 SAH 的范围上(尤其在后颅窝区)更为优越^[11],但急性 SAH 的筛选也可因 FLAIR 成像时出现与流动有关的 CSF 高信号伪影而受到限制。这种干扰在脑室系统和颅底池更为突出。并且,FLAIR 诊断急性 SAH 缺乏特异性,任何导致 CSF 蛋白成分增高超过某一阈值均可造成 CSF 高信号。结合 T₁WI 对于亚急性和慢性 SAH 及脑室内出血的诊断则明显优于 CT^[12]。急性脑出血的敏感性较差,对肿瘤出血的鉴别有一定价值^[13]。

3. 炎症

脑膜炎时,蛋白和细胞成分的升高使 CSF 在 FLAIR 的 T₁ 时间缩短,从而导致 CSF 在 FLAIR 上呈高信号。脑炎时细胞水肿和代谢异常,在 FLAIR 上亦表现为高信号,FLAIR 对脑炎、脑膜脑炎的诊断较 TSE T₂WI 敏感,病灶检出率高且清晰,但对脑干、小脑的病灶特异性较低^[7]。

4. 肿瘤

周康荣等^[14]对 126 例颅脑肿瘤同时行 fast FLAIR 成像和常规 TSE T₂W 成像。结果显示 FLAIR 序列较 T₂WI 有更高的对比度,在显示病变的部位、大小、轮廓、范围和数目方面具有更好的敏感性。对于颅内含 CSF 或不含 CSF 的囊性病变的鉴别,T₂WI 是较困难的,FLAIR 则能够区分含 CSF 的囊肿(如蛛网膜囊肿)与继发性囊肿(如出血、感染及坏死组织)和肿瘤性囊肿(如上皮样囊肿),不含 CSF 的囊肿中的液体中含有更多的蛋白成分(如出血、感染和上皮样囊肿)因而 FLAIR 信号升高。作者认为 fast FLAIR 序列可作为常规 SE T₂WI 的必要补充,建议列为颅脑肿瘤 MRI 检查的常规扫描。

5. 脑变性疾病及白质病变

SE 序列 T₂WI 和 FLAIR 序列判别海马信号强度增加的准确度很高,且 FLAIR 序列较 SE 序列 T₂WI 更为准确。在诊断颞叶内侧硬化方面 FLAIR 序列有可能成为常规 SE 序列的替代者^[15]。肝豆状核变性的病理改变为局部铜沉积增多以及神经组织继发的组织水肿、细胞变性、神经纤维脱髓鞘改变、胶质细胞增多等,在 MRI 上表现为壳核、苍白球、红核、黑质、丘脑及齿状核异常信号,FLAIR 序列较 T₂WI 病变信号更加突出,小的病灶也能清晰显示,提高了病灶的检出率。

多发性硬化(multiple sclerosis, MS):多数文献认为 FLAIR 对 MS 的诊断和病变定量评估有价值,在测定病变的大小、范围以及诊断散布于脑室周围、胼胝体、皮质和皮质下区的斑块上优于 T₂WI,但检出后颅窝病变不如 TSE。Palmer 等^[16]用 2mm 层厚的 fast FLAIR 成像检查临床可疑 MS 患者,结果发现了在常规成像上难以发现的“胼胝体下条纹”征象。作者认为该征象反映了脑室周围脱髓鞘改变,并可能成为临床治疗的最早影像学基础。Tubridy 等^[17]研究结果提示,3D 快速 FLAIR 成像可以提高 MS 脑病变的检出总量。

6. 局限性

文献^[18]报道正常颅脑 FLAIR 图像上可见部分脑髓质如半卵圆中心、内囊后肢、皮质脊髓束、枕部放射冠、顶桥脑束、内侧丘系、桥小脑上束及室管膜下区呈明显高信号。Hajnal 等认为髓质区高信号与该处含有一种或几种信号成分有关,室管膜下区高信号为脑脊液外渗导致 T₂ 弛豫时间延长造成,而导水管周围髓质高信号可能为脑脊液流动所致,远离脑室的髓质结构高信号与局部脑髓质神经纤维形成不全或髓鞘形成较稀少有关。应用 FLAIR 序列扫描时需认真辨别这类表现,以防将其当作病变而误诊。

FLAIR 序列在脊髓成像中的应用

椎管内蛛网膜下腔充满 CSF,在常规 T₂WI 上呈明显高信号,常掩盖椎管内病变的信号,导致漏诊或误诊。fast FLAIR 技术能完全抑制 CSF 信号,使椎管病变得以清楚显示。

1. 脊髓炎

在常规 T₂WI 上,脊髓内长 T₂ 信号病灶常被高信号 CSF 掩盖而不能显示或显示不清,在常规 T₁WI 上脊髓炎症仅见受累脊髓轻度肿胀,其信号减低不明显,增强扫描亦可无异常强化,因此常规 T₁WI、T₂WI 对脊髓炎症均难以作出明确诊断。在 FLAIR 上,脊髓炎症呈明显高信号,在低信号脑脊液衬托下十分明显,受累脊髓轻度肿胀,信号均匀一致,病变范围多在 3 个椎体以上^[19],与髓内肿瘤及多发性硬化斑明显不同。fast FLAIR 是诊断脊髓炎症性病变更可靠的影像学方法。

2. 脊髓肿瘤

FLAIR 可以很好显示髓内肿瘤的位置和范围,特别是一些 SE T₂WI 显示不佳的肿瘤,FLAIR 抑制了 CSF 的高信号而可以很好显示肿瘤的高信号。对于术后肿瘤残留或纤维化,在 SE T₂WI 上很难见到,但在 FLAIR 影像上表现为清晰的高信号^[20,21]。

3. 髓外硬膜下肿瘤

以神经鞘瘤、脊膜瘤、血管瘤等多见,T₂WI 以高信号为主,FLAIR 抑制了 CSF 的高信号使病灶得以突出显示,并且可以良好显示局部脊髓受压、移位、变细以及髓内有无异常信号。

4. 脊髓萎缩

椎间盘突出患者的 FLAIR 影像上可以看见与突出椎间盘位置相对应的脊髓内出现高信号,这些高信号是因椎间盘突出造成椎管狭窄,压迫脊髓引起的纤维化,FLAIR 序列较 SE T₂WI 显示更清楚。当观察椎间盘突出时,因含水较多的椎间盘和 CSF 一样被抑制为低信号,且 FLAIR 序列脊髓造影效果不佳,因此观察其突出程度不如 SE T₂WI 影像清晰^[20,21]。

5. 脊髓软化

FLAIR 可以很好地区别含自由水的囊性病灶和含非自由水的肿瘤和炎症病灶,术后软化灶及外伤后软化在 FLAIR 上表现为边界清楚的低信号,并且其信号强度比 SE 序列 T₁WI 信号更低,影像更清晰。特别是靠近脊髓边缘的小囊肿,在 T₂WI 上由于 CSF 的部分容积效应而模糊不清或根本看不到,在 FLAIR 上可清晰显示^[19]。

6. 脊髓的多发性硬化

FLAIR 对脊髓 MS 病灶显示的能力存在争议。多数学者认为 FLAIR 比 T₂WI 发现的病灶数目多且范围大,并且有助于与脊髓萎缩、肿瘤、动静脉畸形、脊髓空洞症鉴别。也有研究认为 FLAIR 序列与 SE 相比除对急性期、亚急性期的病灶显示更清楚外,对慢性病灶的敏感性较低^[20]。

参考文献

- 1 全冠民,叶录安,胡昭兰,等. 颅脑 MR 成像中 FLAIR 技术及应用[J]. 国外医学:临床放射学分册, 1999, 22(1): 13-18.
- 2 Rydberg JN, Hammond CA, Grimm RC, et al. Initial clinical experience in MR imaging of the brain with a fast fluid-attenuated inversion-recovery pulse sequence[J]. Radiology, 1994, 193(1): 173-180.
- 3 Beatrice DC, Toyoshima H, Sugawara S, et al. MR of the brain using fluid attenuated, inversion recovery (FLAIR) pulse sequence[J]. A-GIVR, 1992, 13(11): 1995-1998.
- 4 Ashicaga R, Glowacki J, Mulliken JB, et al. FLAIR in brain[J]. Neuro-radiology, 1997, 39(4): 239-242.
- 5 Korogi Y, Sugahara T, Shigematsu Y, et al. Ultrafast FLAIR imaging with single-shot echo-planar technique in evaluation of intracranial lesions[J]. Comput Med Imaging Graph, 1999, 23(3): 119-126.
- 6 Simonson TM, Magnotta VA, Ehrhardt JC, et al. Echo-planar FLAIR imaging in evaluation of intracranial lesions[J]. Radiographics, 1996, 16(3): 575-584.
- 7 Matoba M, Tonami H, Yokota H, et al. Echo-planar FLAIR imaging in patients with brain disorders: comparative studies with turbo-SE T₂WI and turbo-FLAIR[J]. Nippon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi, 1998, 58(1): 129-136.
- 8 Gawneacain ML, Silver NC, Moseley IE, et al. Fast flair of the brain: the range of appearances in normal subject and its application to quantification of white-matter disease[J]. Neuroradiology, 1997, 39(4): 243-246.
- 9 Sargent MA, Poskitt KJ. Fast fluid-attenuated inversion recovery (FLAIR) magnetic resonance imaging of the brain: a comparison of multi-shot echo-planar and fast spin-echo techniques[J]. Pediatr Radiol, 1997, 27(6): 545-550.
- 10 嵇鸣,倪新瑜,苗华栋,等. FLAIR 序列与 T₂WI 序列在颅脑病变中的

应用[J]. 中国临床医学影像杂志, 1999, 10(5): 311-314.

- 11 Noguchi K, Ogawa T, Inugami A, et al. MR of acutesubarachnoid hemorrhage: a preliminary report of find attenuate inversion-recovery pulse sequence[J]. Am J Neuroradiol, 1994, 15(10): 1940-1943.
- 12 靳二虎,梁宇婷,马大庆,等. 磁共振快速液体衰减反转恢复序列对亚急性和慢性蛛网膜下腔出血的诊断价值[J]. 中华放射学杂志, 1999, 33(6): 384-387.
- 13 Mathews VP, Caldemeyer KS, Lowe MJ, et al. Brain: gadolinium-enhanced fast fluid-attenuated inversion-recovery MR imaging[J]. Radiology, 1999, 211(1): 257-263.
- 14 周康荣,沈天真,陈星荣,等. 快速液体衰减反转恢复序列在颅脑肿瘤诊断中的应用价值[J]. 上海生物医学工程, 1999, 20(3): 21-23.
- 15 张华宁,张文波,祁吉,等. 不同 MRI 序列在显示颞叶内侧硬化的对照研究[J]. 中华放射学杂志, 1998, 32(4): 228-232.
- 16 Palmer S, Bradley WG, Chen DY, et al. Subcallosal striations: early findings of multiple sclerosis on sagittal, thin-section, fast FLAIR MR images[J]. Radiology, 1999, 210(1): 149-153.
- 17 Hashemi RH, Bradley WG Jr, Chen DY, et al. Suspected multiple sclerosis: MR imaging with a thin-section fast FLAIR pulse sequence[J]. Radiology, 1995, 196(2): 505-510.
- 18 Tsuchiya K, Inaoka S, Mizutani V, et al. Fast fluid-attenuated inversion-recovery MR of intracranial infection[J]. Am J Neuroradiol, 1997, 28(5): 909-911.
- 19 Filippi M, Yousry TA, Alkadhi H, et al. Spinal cord MRI in multiple sclerosis with multicoil arrays: a comparison between fast spin echo and fast FLAIR[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 1996, 61(6): 632-635.
- 20 Essig M, Knopp MV, Schoenberg SO, et al. Cerebral gliomas and metastases: assessment with contrast-enhanced fast fluid-attenuated inversion-recovery MR imaging[J]. Radiology, 1999, 210(2): 551-557.
- 21 Aprile I, Iaiza F, Lavaroni A, et al. Analysis of cystic intracranial lesions performed with fluid-attenuated inversion recovery MR imaging[J]. Am J Neuroradiol, 1999, 20(7): 1259-1267.

(2002-04-09 收稿 2002-05-31 修回)

局灶性继发恶性肝脏病变: MnDPDP 增强 0.2T MRT 与 CT 经动脉门脉成像的比较

• 外刊摘要 •

Rieger J, Klrner M, Linsenmaier U, et al

目的: 前瞻性评价用开放式低场机行 MnDPDP 增强 MRI 和螺旋 CT 经动脉门脉成像(CT arteriopoortography, CT AP)对局灶性肝脏病变的检测, 比较其效果。材料与方法: 作为三期研究的一部分, 连续 27 例患者参加了此次比较, 其中 7 例因不符合入选标准后被排除。在一周内, 采用场强为 0.2T 的 MR 机(Siemens Magnetom Open)对患者的肝脏行平扫和 MnDPDP 增强扫描, 并用螺旋 CT AP(Siemens Somatom Plus 4)行 DSA。集中对病变进行比较, 并据病灶大小分类: ①< 1cm; ②1~2cm ③> 2cm。采用以 $P < 0.05$ 为显著性差异标志的检验方法, 进

行统计学评价。结果: CT AP 检出 114 个病变, 而 MRI 平扫检出 62 个, MnDPDP 增强 MRI 显示了 69 个病变。集中比较病变, 选择性比较②类病变, 以及联合比较①类和②类病变时, 两者存在显著性差异。MRI 平扫和对比增强扫描则无显著性差异。结论: MnDPDP 应在高场条件下采用, 因为低场条件下它并不能可靠的确定或排除恶性肝脏病变。

华中科技大学同济医学院附属同济医院 关键译 王承缘校

摘自 Fortschr R^Lntgenstr, 2002, 1402-1407