·中枢神经影像学·

Cube FLAIR 序列在颅脑疾病中的应用研究

张顺，张水震，覃媛媛，汤翔宇，朱文珍

【摘要】 **目的**：探讨 Cube FLAIR 序列在颅脑疾病中的应用。**方法**：本研究纳入 40 例研究对象，其中健康志愿者 30 例，颅脑疾病患者 10 例，包括颅内出血 4 例，颅神经病变 2 例，颅内结核 3 例，室间孔区占位 1 例。30 例志愿者在 1.5T 磁共振扫描仪上完成 T_2 FLAIR 序列(1.5T FLAIR)，并同时在 3.0T 上完成 T_2 FALIR 序列(3T FLAIR)及 Cube FLAIR 序列扫描；10 例颅脑疾病患者在 3.0T 上完成 T_2 FALIR 序列及 Cube FLAIR 序列扫描。Cube FALIR 序列扫描完后行多平面重组及常规横轴面重组，并与常规 T_2 FLAIR 序列(1.5T FLAIR、3T FLAIR)进行对比。**结果**：颅内脑池、脑沟在 3.0T 场强下较 1.5T 场强更容易出现高信号脑脊液流动伪影，差异有统计学意义($\chi^2=23.227$，$P<0.05$)。4 例颅内出血患者 Cube FLAIR 序列较 T_2 FLAIR 序列更清晰的显示了其出血部位及出血量。Cube FLAIR 序列直观显示了视神经炎患者肿胀、增粗的视神经以及三叉神经痛患者 γ 刀治疗后局部的胶质增生改变。Cube FLAIR 序列增强后清晰的显示了颅内结核患者结核灶的分布、脑膜的播散，且较常规增强扫描显示的病灶更多、范围更广。**结论**：Cube FLAIR 序列在颅脑疾病诊断中有重要的应用价值，可作为常规序列应用于中枢神经系统疾病的临床诊断。

【关键词】 磁共振成像；颅脑疾病；蛛网膜下腔出血；诊断

【中图分类号】R445.2；R742 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2013)11-1123-05

Application study of Cube FLAIR sequence in craniocerebral diseases ZHANG Shun, ZHANG Shui-xia, QIN Yuan-yuan, et al. Department of Radiology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, P. R. China

【**Abstracts**】 **Objective**: To explore the value of Cube FLAIR sequence in craniocerebral diseases. **Methods**: Forty subjects (30 volunteers and 10 patients) were included in this study. The patients were composed of 4 cases of intracranial hemorrhage, 2 cases of cranial neuropathy, 3 cases of intracranial tuberculosis, and 1 case of mass in the interventricular foramen. Thirty volunteers underwent 1.5T FLAIR scan by using 1.5T MR scanner and 3T FLAIR as well as sagittal Cube FLAIR sequence scan by using 3T MR scanner consecutively as one examination. Ten patients underwent 3T FLAIR and sagittal Cube FLAIR imaging with the 3T MR scanner. Multi-planar reconstruction and axial reconstruction were completed after Cube FLAIR scan in order to compare with conventional T_2 FLAIR sequence. **Results**: High signal CSF flow artifacts were more obvious in the cerebral cisterns and sulci in 3.0Tesla than those in 1.5Tesla ($\chi^2=23.227$, $P<0.05$). Compared with T_2 FLAIR, Cube FLAIR not only clearly demonstrated the bleeding site and amount in the intracranial hemorrhage but also easily displayed the swelling and thickening of optic nerve in optic neuritis patients and local gliosis changes in the trigeminal nerve after gamma-knife treatment. The enhanced Cube FLAIR sequence clearly depicted the distribution of tuberculous lesions and the meningeal spread in the intracranial tuberculosis patients as well as a much wider range compared with conventional enhanced T_1WI. **Conclusion**: Cube FLAIR sequence can be used as a conventional sequence in the diagnosis of central nervous diseases.

【**Key words**】 Magnetic resonance imaging; Craniocerebral diseases; Subarachnoid hemorrhage; Diagnosis

液体衰减反转恢复(fluid attenuated inversion recovery，FLAIR)序列是颅脑疾病诊断的一种有效的方法，它可抑制正常脑脊液信号的强度，增加病灶与周围组织之间的对比，在诊断急性脑血管病和邻近脑实质病变方面优于 T_1WI 及 T_2WI 序列[1]，有学者提出其在评价蛛网膜下腔出血[2]、脑膜炎等脑脊液信号异常病变时非常敏感。但由于在脑沟、脑池等脑脊液流动较快的部位经常可出现高信号，称为“脑脊液流动伪影”，这种未被完全抑制的高信号脑脊液与局部的脑脊液信号异常病变鉴别困难。因此不同的成像技术和参数调整致力于解决这种现象[3]，从而减少假阳性率及假阴性率。Cube FLAIR 序列采用 3D 容积成像，脑脊液流动伪影几乎为零，可较好的应用于颅脑疾病的诊断。Lummel 等[4]及 Hodel 等[5]初步研究发现 Cube FLAIR 序列可有效的抑制脑脊液流动伪影及脑沟内的血管高信号伪影。本研究旨在探讨 Cube FLAIR 序列在抑制脑脊液流动伪影以及其在颅脑疾病中的应用价值。

作者单位：430030 武汉，华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科

作者简介：张顺(1986－)，男，湖北襄阳人，博士研究生，主要从事中枢神经系统影像学研究。

通讯作者：朱文珍，E-mail：zhuwenzhen@hotmail.com

基金项目：国家自然科学基金(81171308)；国家“十二五”科技支撑计划项目(2011BAI08B10)

材料与方法

1. 研究对象

本研究纳入 40 例研究对象，其中正常志愿者 30 例(男 18 例，女 12 例，年龄 7～85 岁)，颅内病变患者 10 例，包括颅内出血患者 4 例，颅神经病变 2 例，颅内结核 3 例，室间孔区占位 1 例。

2. 检查方法

采用 GE Signa HDxt 3.0T 和 1.5T 磁共振扫描仪及 8 通道正交头颅线圈。30 例正常志愿者先在 1.5T MR 扫描仪上完成 T_2 FLAIR 序列(1.5T FLAIR)扫描，并同时在 3.0T MR 扫描仪上完成 T_2 FLAIR(3.0T FLAIR)及失状面 Cube FLAIR 序列扫描(其中 1.5T FLAIR、3.0T FLAIR 为横轴面 2D 扫描，Cube FLAIR 为 3D 扫描)。10 例患者均在 3.0T MR 扫描仪上行常规头颅平扫(矢状面 T_1WI 序列，横轴面 T_1 FLAIR、T_2WI、T_2 FLAIR 序列)及矢状面 Cube FLAIR 序列扫描，其中颅内结核患者为增强后行 Cube FLAIR 序列扫描，采用钆贝葡胺注射液(莫迪司)，剂量 0.1 mmol/kg。Cube FLAIR 序列扫描完后行多平面重组及常规横轴面重组，并与常规 T_2 FLAIR 序列(1.5T FLAIR、3.0T FLAIR)进行比较。

3. 图像分析和数据处理

参照 Lummel 等[6]采用的方法将脑脊液流动伪影的程度分 4 级：0 级，脑脊液伪影信号轻微或难以识别；1 级，脑脊液伪影信号清楚，但低于脑灰质；2 级，脑脊液伪影信号和脑灰质相近；3 级，脑脊液伪影信号高于脑灰质。将 2 级和 3 级定为能影响临床诊断的脑脊液伪影。每例研究对象分别选取左、右侧脑室、第三脑室、第四脑室、鞍上池、桥前池、延髓周围共 7 个兴趣区，分别评价 Cube FLAIR、1.5T FLAIR、3.0T FLAIR 序列之间在上述兴趣区的脑脊液流动伪影程度。采用 SPSS 18.0 统计学软件，采用卡方检验比较 Cube FLAIR、1.5T FLAIR 与 3.0T FLAIR 序列之间的伪影程度有无统计学差异。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

对 30 例志愿者的研究发现，1.5T 场强下脑脊液伪影在侧脑室室间孔区、鞍上池、延髓周围出现频率较高，且伪影信号强度较高；3.0T 场强下，可见脑脊液流动伪影主要存在于侧脑室室间孔区、桥前池、鞍上池。常规 T_2 FLAIR 序列在不同场强下比较结果显示，3.0T 场强较 1.5T 场强更容易出现高信号脑脊液流动伪影(2～3 级)，$\chi^2=23.227$，$P<0.05$(表 1)。3.0T 矢状面 Cube FLAIR 序列扫描完成后行横轴面重组显示上述兴趣区内均未见出现明显脑脊液流动伪影(图 1)。

表 1 1.5T 和 3.0T FLAIR 序列脑脊液流动伪影程度的比较

序列	例数	部位总数	伪影程度			
			0	1	2	3
1.5T	30	210	58	46	20	86
3.0T	30	210	30	46	52	82

注：$\chi^2=23.227$，$P<0.05$。

4 例颅内出血患者，Cube FLAIR 序列均清晰的显示了出血的部位、形态(图 2)；其中 1 例中脑前方出血(图 3)及 1 例第四脑室内出血患者，T_2 FLAIR 序列

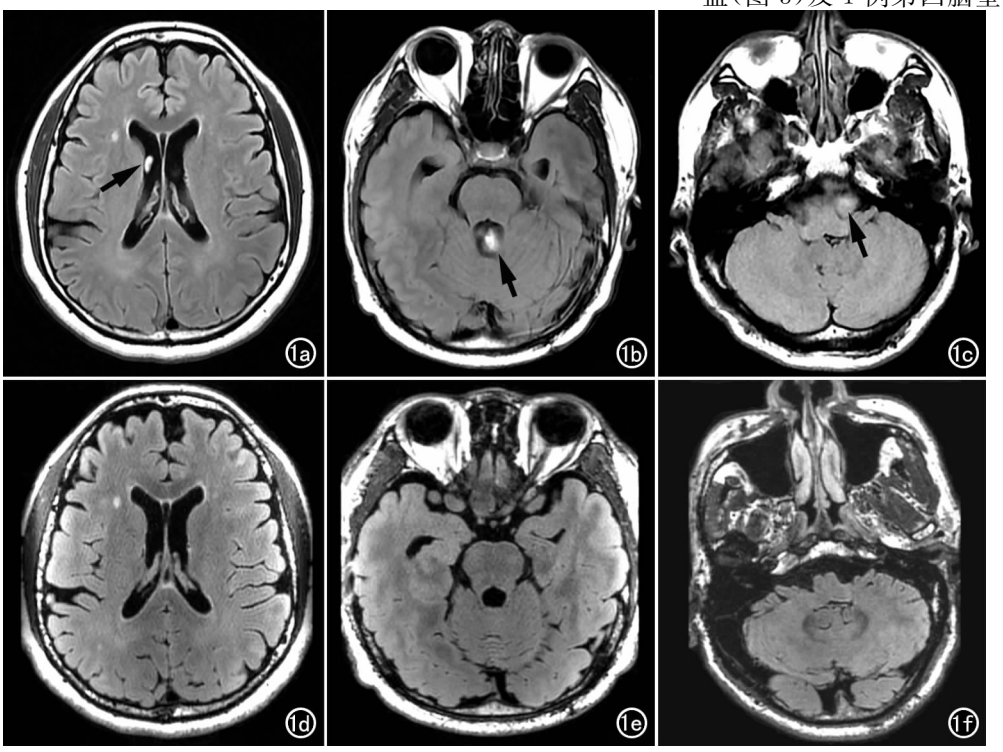

图 1 正常志愿者颅脑，a～c 为常规 T_2 FLAIR 序列，d～f 为 Cube FLAIR 序列扫描后横轴面重组图像。a) 右侧脑室室间孔区点状脑脊液流动伪影(箭)；b) 第四脑室团块样脑脊液流动伪影(箭)；c) 延髓腹侧偏左团块样脑脊液流动伪影(箭)；d) 右侧脑室室间孔区未见脑脊液流动伪影；e) 第四脑室未见脑脊液流动伪影；f) 延髓腹侧未见脑脊液流动伪影。

上均易误认为脑脊液流动伪影。1 例外伤后右侧外侧裂出血的患者，T_2 FLAIR 序列上无法明确诊断，Cube FLAIR 序列可清晰的显示出血灶（图 4）。

Cube FLAIR 序列加压脂后清晰的显示了 1 例视神经炎患者肿胀、增粗的视神经（图 5）。1 例三叉神经痛患者行 γ 刀治疗后，Cube FLAIR 序列经三维重建后清晰的显示了三叉神经根部的胶质增生情况（图 6）。

3 例颅内结核患者静脉注射对比剂后行 Cube FLAIR 序列扫描，可见脑膜表面广泛的结核病灶及脑组织水肿，且较常规 T_1WI 增强序列显示的病灶范围更多、更广泛，病灶显示更清晰。Cube FLAIR 序列可见沿脑膜表面、脑沟、脑池及蛛网膜下腔广泛的结核结节病灶，T_1 增强仅可见部分结核病灶（图 7）。

1 例左侧脑室室间孔占位患者，常规 T_2 FLAIR 序列误诊为脑脊液流动伪影，Cube FLAIR 序列清晰的显示了局部占位的形态、位置，该病例最后经手术证实。

讨　论

液体衰减反转恢复（FLAIR）序列是颅脑磁共振检查的常规序列，但常在侧脑室室间孔区、鞍上池、环池、桥前池、中脑导水管甚至正常脑沟等处易出现脑脊液高信号伪影，影响对脑膜炎、蛛网膜下腔出血等脑脊液信号异常疾病的判断。脑脊液高信号伪影的产生通常与脑脊液在这些部位的流动速度有关。FLAIR 序列在成像时，在反转脉冲施加后的时间（TI）内，如果没有接受到反转脉冲激励的流动脑脊液流入到扫描层面中，就可产生高信号，这在流速较快的区域特别明显。采用改变频率编码方向、改变偏转角及变换扫描

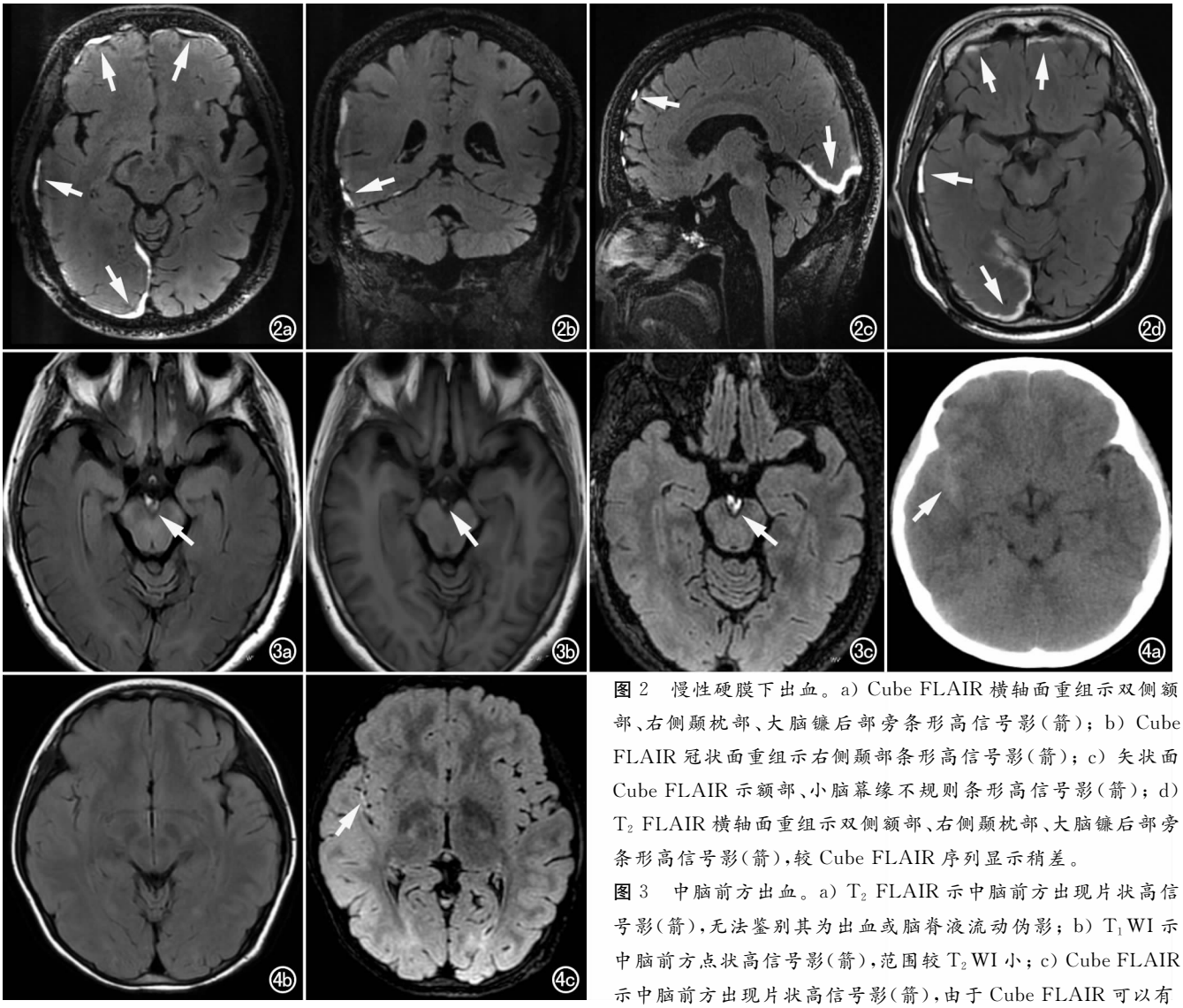

图 2　慢性硬膜下出血。a) Cube FLAIR 横轴面重组示双侧额部、右侧颞枕部、大脑镰后部旁条形高信号影（箭）；b) Cube FLAIR 冠状面重组示右侧颞部条形高信号影（箭）；c) 矢状面 Cube FLAIR 示额部、小脑幕缘不规则条形高信号影（箭）；d) T_2 FLAIR 横轴面重组示双侧额部、右侧颞枕部、大脑镰后部旁条形高信号影（箭），较 Cube FLAIR 序列显示稍差。

图 3　中脑前方出血。a) T_2 FLAIR 示中脑前方出现片状高信号影（箭），无法鉴别其为出血或脑脊液流动伪影；b) T_1WI 示中脑前方点状高信号影（箭），范围较 T_2WI 小；c) Cube FLAIR 示中脑前方出现片状高信号影（箭），由于 Cube FLAIR 可以有效的抑制脑脊液流动伪影，图像上高信号可确定其为出血。

图 4　右侧外侧裂、额叶脑沟内出血。a) 常规 CT 平扫示右侧外侧裂、额叶脑沟内模糊高密度影（箭）；b) T_2 FLAIR 未见明显异常信号；c) CT 扫描后 1h 内 Cube FLAIR 清晰显示右侧外侧裂内斑点状高信号出血灶（箭）。

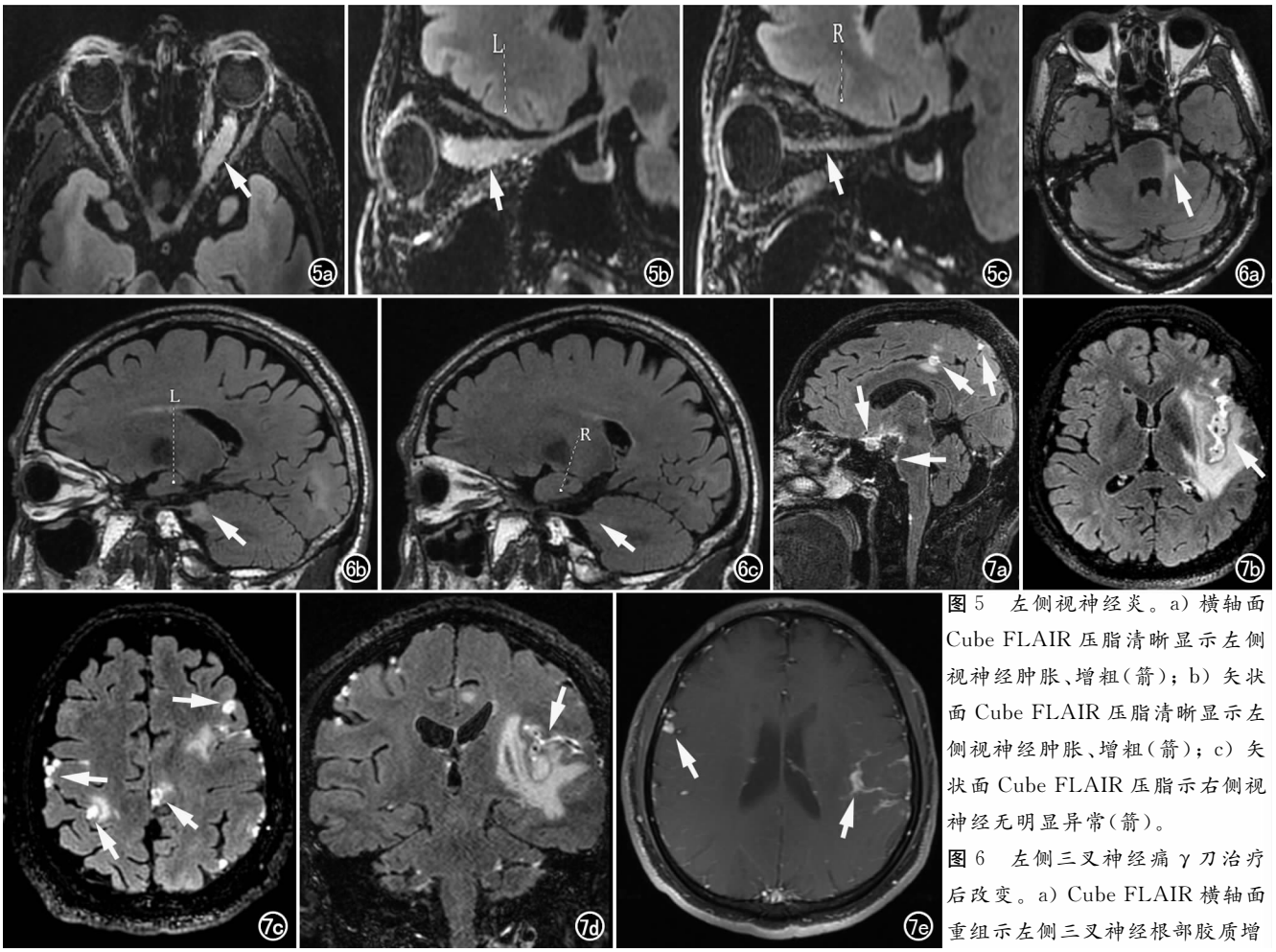

图 5 左侧视神经炎。a) 横轴面 Cube FLAIR 压脂清晰显示左侧视神经肿胀、增粗(箭); b) 矢状面 Cube FLAIR 压脂清晰显示左侧视神经肿胀、增粗(箭); c) 矢状面 Cube FLAIR 压脂示右侧视神经无明显异常(箭)。

图 6 左侧三叉神经痛 γ 刀治疗后改变。a) Cube FLAIR 横轴面重组示左侧三叉神经根部胶质增生(箭),右侧三叉神经正常; b) 矢状面 Cube FLAIR 示左侧三叉神经根部胶质增生(箭); c) 矢状面 Cube FLAIR 示右侧三叉神经根部未见异常(箭)。 **图 7** 颅内结核。a) 矢状面 Cube FLAIR 示顶叶脑沟、扣带沟、鞍上池、桥前池、小脑延髓池等部位多发点状明显高信号影(箭); b) Cube FLAIR 横轴面重组示左侧外侧裂广泛高信号,邻近脑实质水肿(箭); c) Cube FLAIR 横轴面重组示双侧顶叶脑沟多发点状高信号(箭); d) Cube FLAIR 冠状面重组示左侧外侧裂、右侧顶叶及小脑脑沟内多发点状、条状高信号影(箭); e) 横轴面 T_1WI 增强扫描示左侧外侧裂及右侧额颞部脑沟内点状、条状强化高信号影(箭),较 Cube FLAIR 显示的病灶数目少。

体位的方法可以使脑脊液流动伪影消失。流动补偿使用梯度脉冲来纠正流动原子核的相位值,可使流动伪影最小化。但丁建荣等[3]的研究显示流动补偿对抑制和消除脑脊液高信号伪影效果也不明显。

有报道指出,3D FLAIR 技术在 1.5T、3.0T 超导磁共振仪上在抑制脑脊液流动伪影上有较大的应用前景[7-9]。Cube FLAIR 采用最新的 Cube 容积采集模式,可多方位观察疾病的形态特征,可较好的抑制脑脊液流动伪影。这是由于 Cube FLAIR 序列是基于单块的 3D FSE 采集,较常规 T_2 FLAIR 序列使用稍短的反转时间(inversion time, TI),其优化调制超长回波链,采用自校准 2D SENSE 加速采集(ARC)及可变翻转角等技术,可在较短时间内实现全脑的容积成像,真正实现各项同性采集。

Cube FLAIR 序列通过准备 TI 来达到抑制脑脊液流动伪影的目的,在 TI 还未到达扫描层面时即进行反转恢复的准备。因此,Cube FLAIR 序列可有效的抑制脑脊液流动伪影,在颅脑疾病的诊断及鉴别诊断中有非常重要的应用价值。

在颅内出血应用中,靳二虎等[2]曾报道快速 T_2 FLAIR 序列在诊断亚急性和慢性蛛网膜下腔出血明显优于 CT 和常规 MRI。临床实践发现,脑沟、脑裂等处出现的脑脊液流动伪影扩大了蛛网膜下腔出血的检出率。我们的研究发现,Cube FLAIR 序列在脑沟、脑裂等处脑脊液流动伪影的显示率为 0,较常规 T_2 FLAIR 序列更能提高蛛网膜下腔出血诊断的准确性(图 4)。Lummel 等[6]的研究发现 Cube FLAIR 序列检出颅内蛛网膜下腔出血的敏感度和特异度分别为 95%、100%。在脑脊液流动较快的脑池等部位,如中脑前方、鞍上池,T_2 FLAIR 序列上高信号伪影出现率

高，当这些部位发生出血时极易误诊为脑脊液流动伪影，此时 Cube FLAIR 序列可明确对这些部位出血的诊断(图 3)。Cube FLAIR 序列同样可以行脂肪抑制扫描，同时实现对脂肪及液体的抑制，结合其对各向同性的优势我们发现其对视神经炎病变的显示极佳，可清晰显示神经炎患者肿胀、增粗的视神经(图 5)，这与 Aiken 等[10]的发现一致。Cube FLAIR 的另一个优势是采用容积扫描，其各向同性好，可在任意平面观察病变的形态、位置(图 6)。Cube FLAIR 序列对脑膜病变显示极佳，当对 3 例颅内结核患者静脉注射对比剂后行 Cube FLAIR 序列扫描，其显示的脑膜结核病灶更多，范围更广，病灶显示更清晰(图 7)。

3D FLAIR 序列应用前景广泛，Zwanenburg 等[11]指出其在 7.0T 下可显示大脑皮层的分区，且空间分辨率高。钱银峰等[12]的研究发现，3D FALIR 技术在突发性耳聋的诊断及预后评估中具有良好的应用价值，且可以显示患者内耳淋巴液的改变。

总之，Cube FLAIR 序列可以有效的抑制自由水，脑脊液流动伪影几乎为零，图像分辨力高，并且由于其各向同性性好，可从任意方位观察病变的形态、位置，在颅脑疾病的诊断中有着重要的应用价值，可作为常规序列应用于临床诊断。

参考文献：

[1] 张华宁，吴晶，刘连祥，等. 正常脑脊液状态下 FLAIR 序列脑沟高信号的 MRI 研究[J]. 中国医学影像技术，2002，18(1)：22-24.

[2] 靳二虎，梁宇婷，马大庆. 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.

[3] 丁建荣，樊树峰，潘璟琍，等. 参数选择对磁共振 T_2-FLAIR 像中脑脊液高信号伪影的影响[J]. 医学影像学杂志，2008，18(3)：228-230.

[4] Lummel N，Schoepf V，Burke M，et al. 3D fluid-attenuated inversion recovery imaging：reduced CSF artifacts and enhanced sensitivity and specificity for subarachnoid hemorrhage[J]. AJNR，2011，32(11)：2054-2060.

[5] Hodel J，Leclerc X，Rodallec M，et al. Fluid-attenuated inversion recovery vascular hyperintensities are not visible using 3D CUBE FLAIR sequence[J]. Eur Radiol，2013，23(7)：1963-1969.

[6] Lummel N，Schoepf V，Burke M，et al. 3D fluid-attenuated inversion recovery imaging：reduced CSF artifacts and enhanced sensitivity and specificity for subarachnoid hemorrhage[J]. AJNR，2011，32(11)：2054-2060.

[7] Naganawa S，Koshikawa T，Nakamura T，et al. Comparison of flow artifacts between 2D-FLAIR and 3D-FLAIR sequences at 3T[J]. Eur Radiol，2004，14(10)：1901-1908.

[8] Kallmes DF，Hui FK，Mugler JR. Suppression of cerebrospinal fluid and blood flow artifacts in FLAIR MR imaging with a single-slab three-dimensional pulse sequence：initial experience[J]. Radiology，2001，221(1)：251-255.

[9] Chagla GH，Busse RF，Sydnor R，et al. Three-dimensional fluid attenuated inversion recovery imaging with isotropic resolution and nonselective adiabatic inversion provides improved three-dimensional visualization and cerebrospinal fluid suppression compared to two-dimensional flair at 3 tesla[J]. Invest Radiol，2008，43(8)：547-551.

[10] Aiken AH，Mukherjee P，Green AJ，et al. MR imaging of optic neuropathy with extended echo-train acquisition fluid-attenuated inversion recovery[J]. AJNR，2011，32(2)：301-305.

[11] Zwanenburg JJ，Hendrikse J，Luijten PR. Generalized multiple-layer appearance of the cerebral cortex with 3D FLAIR 7.0T MR imaging[J]. Radiology，2012，262(3)：995-1001.

[12] 钱银锋，吴继春，张诚，等. 突发性聋患者内耳三维液体衰减反转恢复成像在预后评估中的价值[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志，2011，46(10)：814-817.

(收稿日期：2013-05-29　修回日期：2013-08-05)

下期要目

双能 CT 技术影像学专题
内耳后天性病变的影像学表现
头颈部木村病的 CT 诊断
SWI 在糖尿病患者伴发脑内微出血中的诊断应用
64 层螺旋 CT 平扫和增强诊断成人急性阑尾炎的比较
左侧颞中回在汉语亚词汇加工中神经机制的 fMRI 研究
蒙汉双语者的汉语词汇命名加工脑机制的 fMRI 研究
健康老年人的背侧注意网络：联合独立成分分析与功能连接分析
原发性肝脏神经内分泌癌的 MRI 表现与病理对照研究
Minidose 技术在双源 CT 心脏扫描中的初步应用