

论 著

T2-FLAIR序列蛛网膜下腔高信号的临床意义*

徐鹏程 闫 平 徐明蔚
云宗金*
安徽医科大学附属阜阳医院神经内科
(安徽 阜阳 236000)

【摘要】目的 探讨T2-FLAIR序列蛛网膜下腔高信号(FSH)的临床意义。方法 回顾性收集2019年7月至2023年3月在安徽医科大学附属阜阳医院神经内科住院患者150例为研究对象,所有患者均行头颅MRI及脑脊液检查,按照T2-FLAIR序列蛛网膜下腔有无高信号分为高信号组(n=15)和正常组(n=135)。比较两组在脑压、脑脊液蛋白定量、脑脊液有核细胞数方面有无差异。分析FSH的分布位置及诊断分类。结果 高信号组女性多见(P<0.05),两组在年龄上无统计学差异(P>0.05)。高信号组脑压更高,脑脊液蛋白、有核细胞数增多更明显(P<0.05)。FSH以双侧、枕叶更多见,感染、炎症、肿瘤、血管病均会引起。结论 FSH女性更多见,其形成与脑压升高、脑脊液蛋白、有核细胞数增多有关,感染、炎症、肿瘤、血管病等均可导致。

【关键词】磁共振成像;液体衰减反转恢复;蛛网膜下腔
【中图分类号】R445.2, R742.6
【文献标识码】A
【基金项目】校科学研究基金资助项目(2020xkj224)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.07.013

The Clinical Significance of Abnormal Hyperintensity in the Subarachnoid Space on T2-FLAIR MRI*

XU Peng-cheng, YAN Ping, XU Ming-wei, YUN Zong-jin*.
Department of Neurology, FuYang Hospital of Anhui Medical University, FuYang 236000, Anhui Province, China

Keywords:
Objective To investigate the clinical significance of abnormal hyperintensity in the subarachnoid space on T2-FLAIR MRI. **Methods** A retrospective study was conducted on 150 inpatients from the Department of Neurology at Fuyang Hospital of Anhui Medical University from July 2019 to March 2023. All patients underwent cranial MRI and cerebrospinal fluid examination. They were divided into abnormal hyperintensity group (n=15) and normal group (n=135) according to the presence of abnormal hyperintensity in the subarachnoid space on T2-FLAIR MRI. The differences in brain pressure, cerebrospinal fluid protein quantification, and cerebrospinal fluid nucleated cell count between the two groups were compared. The distribution and diagnostic classification of abnormal hyperintensity in the subarachnoid space on T2-FLAIR MRI were analyzed. **Results** the abnormal hyperintensity group was more common in women (P<0.05), and there was no statistical difference in age between the two groups (P>0.05). The abnormal hyperintensity group had higher brain pressure, more pronounced increases in cerebrospinal fluid protein and nucleated cell count (P<0.05). Abnormal hyperintensity in the subarachnoid space on T2-FLAIR was more common on both sides and in the occipital lobes, and could be caused by infection, inflammation, tumors, and vascular diseases. **Conclusion** Abnormal hyperintensity in the subarachnoid space on T2-FLAIR is associated with increased intracranial pressure, increased cerebrospinal fluid protein, and increased nucleated cell count. This suggests subarachnoid lesions. Infections, inflammation, tumors, vascular diseases, and other lesions can all lead to this condition.
Keywords: Magnetic Resonance Imaging; Fluid Attenuated Inversion Recovery Sequence; Subarachnoid Space

液体衰减反转恢复(Fluid Attenuated Inversion Recovery, FLAIR)序列是目前最常用的颅脑MRI检查序列之一,其临床应用广泛。FLAIR序列通过抑制脑脊液信号,使得蛛网膜下腔及邻近脑膜的病变更加容易观察。当疾病发生在蛛网膜下腔时,脑脊液的弛豫时间会改变,导致蛛网膜下腔高信号的产生。随着FLAIR序列的广泛应用,放射科及临床医生需要熟悉FLAIR序列蛛网膜下腔高信号(FLAIR Subarachnoid Hyperintensity, FSH)的临床意义。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集2019年7月至2023年3月在安徽医科大学附属阜阳医院神经内科住院患者150例为研究对象,所有患者均行头颅MRI(包括T1WI、T2WI、T2-FLAIR和DWI)及腰椎穿刺送检脑脊液常规、生化检查。收集所有患者的一般资料(性别、年龄、病程、既往史、肿瘤史)、实验室检查(脑脊液常规、脑脊液生化)、影像学检查(MRI平扫)资料。

入组标准:能配合完成MRI及腰椎穿刺者;检查前未吸氧或吸入氧浓度≤50%者。排除标准:不能配合完成MRI及腰椎穿刺;图像质量不佳,影响观察者;腰椎穿刺损伤,红细胞明显增多,影响结果判断者。

1.2 仪器和方法

采用西门子1.5T Avanto超导磁共振成像仪,常规轴位T1WI(TE=4.8ms, TR=170ms)、T2WI(TE=92ms, TR=4120ms)、T2-FLAIR(TI=2371.5ms, TR=8000ms)、弥散加权成像(DWI)(TE=93ms, TR=4500ms, B=0和1000s/mm²)。腰椎穿刺采用左侧卧位,使用一次性成人腰椎穿刺包,采用包内附带的一次性测压管测量脑压,记录测量的初压(测压管测量上限为330mmH₂O,若脑压测量超过上限,则记录脑压为330mmH₂O)。留取第二管脑脊液行常规、生化检查,送检后2小时内开始检测。

1.3 影像分析 由两名工作5年以上的神经科医师对采集的MRI进行分析。若2名医师存在分歧,则协商一致解决。FSH的诊断标准:轴位2个及以上邻近脑回之间的脑沟内存在线状填充的高信号(见图1),不包含血管高信号征。按照T2-FLAIR序列蛛网膜下腔有无异常高信号分为高信号组和正常组。其中高信号组15例,正常组135例。比较两组患者一般资料、实验室检查情况。分析FSH分布的位置及对应的诊断。

1.4 统计分析 应用IBM SPSS 22.0软件对数据进行统计分析,计量资料符合正态分布的以($\bar{x} \pm s$)表示,采用t检验;不符合正态分布的采用四分位数间距(P50[P₂₅, P₇₅])表示,采用Mann-Whitney U检验;计数资料用率表示,采用卡方检验;P<0.05为差异具有统计学意义。

【第一作者】徐鹏程,男,主治医师,主要研究方向:脑血管病、神经影像。E-mail: xpc9003@qq.com
【通讯作者】云宗金,男,主任医师,主要研究方向:神经介入。E-mail: yzjlove521@sohu.com

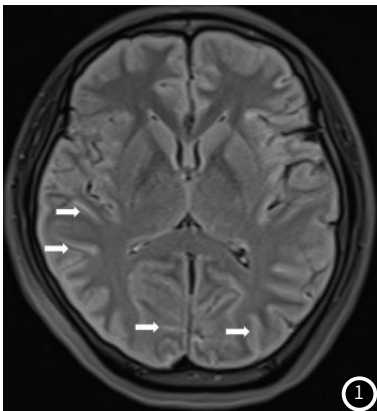


图1 头颅MRI T2-FLAIR序列可见多个脑沟内存在线状分布高信号(白色箭头所指)。

2 结 果

2.1 两组患者临床资料和脑脊液检查比较 高信号组女性更多见($P<0.05$), 两组在年龄上无统计学差异($P>0.05$)。高信号组脑压、脑脊液有核细胞数、脑脊液蛋白均高于正常组($P<0.05$)。见表1。

2.2 FSH的常见位置分布 FSH以枕叶多见(100%), 其次为颞叶(86.67%)、顶叶(60%)、额叶(60%), 小脑蚓少见(13.33%), 见表2、图2A-2C。单侧分布3例(20%), 双侧分布12例(80%), 见图3A-3B。单侧分布的患者中脑梗死1例, 髓鞘少突胶质细胞糖蛋白(myelin oligodendrocyte glycoprotein, MOG)抗体相关疾病1例, 见图4A-4F。颅内静脉窦血栓形成1例。

2.3 高信号组的诊断分类 高信号组15例患者中化脓性脑膜炎4例(26.67%), 癌性脑膜炎3例(20%), 病毒性脑膜炎3例(20%), 自身免疫性脑炎2例(13.33%), MOG抗体相关疾病1例(6.67%), 脑梗死1例(6.67%), 颅内静脉窦血栓形成1例(6.67%), 见表3。

表1 两组患者临床资料和脑脊液检查对比

组别	例数	性别(男)	年龄(岁)	脑压(mmH ₂ O)	脑脊液有核细胞数($\times 10^6/L$)	脑脊液蛋白(mg/L)
高信号组	15	3	48.00 $\pm$ 18.35	210[170, 320]	30[4, 674]	885[333, 4347]
正常组	135	81	52.56 $\pm$ 19.49	160[130, 185]	2[0,4]	438[301, 637]
t/ χ^2/U		8.766	0.865	446.000	337.000	650.500
P		0.003	0.388	0.001	0.001	0.023

表2 FLAIR蛛网膜下腔高信号在各脑叶的分布

脑叶	例数[n(%)]
枕叶	15(100%)
颞叶	13(86.67%)
顶叶	9(60%)
额叶	9(60%)
小脑蚓	2(13.33%)

表3 FLAIR蛛网膜下腔高信号患者临床诊断分类

临床诊断分类	例数[n(%)]
化脓性脑膜炎	4(26.67%)
癌性脑膜炎	3(20%)
病毒性脑膜炎	3(20%)
自身免疫性脑炎	2(13.33%)
脑梗死	1(6.67%)
颅内静脉窦血栓形成	1(6.67%)
MOG抗体相关疾病	1(6.67%)

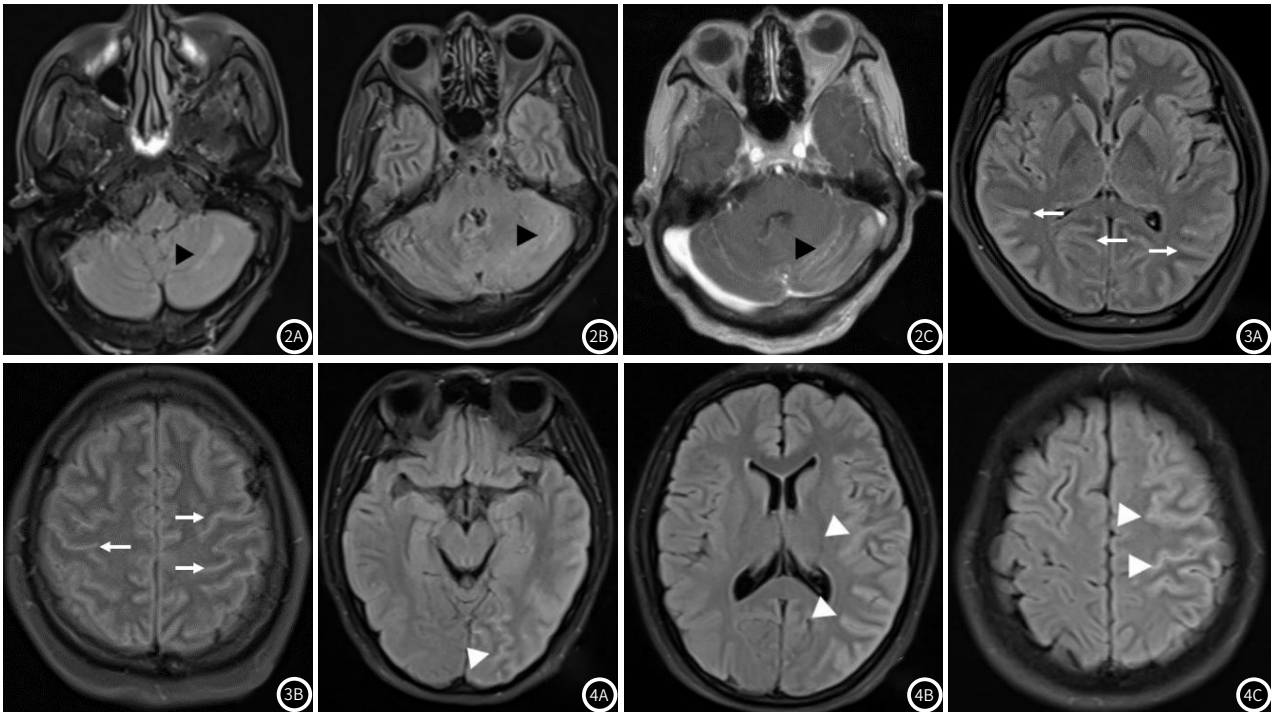


图2A-图2C 男性, 70岁, 头痛伴恶心呕吐入院, 1年前胃癌手术史, CEA 35.62ng/mL(正常参考值: 0-5ng/mL), 脑脊液葡萄糖/血清葡萄糖 $<1/2$ 。FLAIR序列可见左侧小脑蚓FSH, 增强MRI可见柔脑膜明显强化(黑色三角形)。

图3A-图3B 女性, 27岁, 发热伴头痛入院, 诊断化脓性脑膜炎, FLAIR序列见双侧额颞顶枕部弥漫性FSH(白色细箭头)。

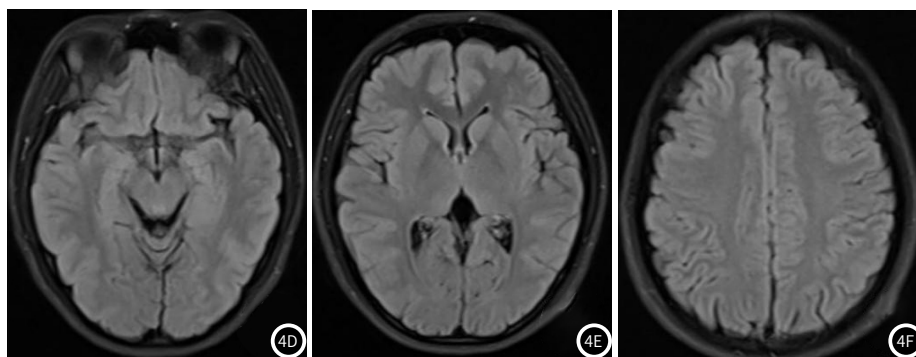


图4A-图4F 女性, 17岁, 癫痫发作入院, MOG-IgG(+) 1: 32。FLAIR序列可见左侧额顶颞枕部FSH(白色三角形)。甲泼尼龙和丙球冲击治疗出院后2月余复查FSH消失。

3 讨论

FLAIR序列最早在1992年由Hajnal等首次公开文献描述, 该技术包含一个反转恢复脉冲, 使脑脊液的信号抑制不显影, 以及一个较长的回波时间, 以产生高度T2加权的序列。FLAIR技术产生的图像对组织中T2加权延长高度敏感, 尤其是蛛网膜下腔内及其邻近的病变。目前对于FSH, 放射科及临床医生研究和了解最多的是蛛网膜下腔出血^[1]。除此外的其他病因研究相对较少, 国内对FSH的重视程度不够, 漏诊及误诊发生率较高。

既往研究分析认为, FSH的产生是由于脑脊液蛋白升高和细胞数增多, 导致T1弛豫时间缩短、脑脊液无效点改变, 以及延长脑脊液T2弛豫时间^[2-3]。既往研究发现部分脑脊液正常的患者中仍存在FSH, 分析认为其产生与颅内压增高和广泛的血管淤血造成^[4-5]。Zhou等^[6]发现额下沟FSH可作为脑膜淋巴管清除功能障碍的指标。Anzai等^[7]研究发现供氧能够FLAIR序列蛛网膜下腔的信号强度。当吸入氧浓度 $\leq 50\%$ 时, FLAIR序列未见蛛网膜下腔高信号^[8]。因此本研究将吸入氧浓度 $\leq 50\%$ 作为入组标准, 以排除供氧产生的高信号伪影。本研究通过大样本量的病例对照研究, 将所有可能的因素进行对比, 发现高信号组脑压更高, 脑脊液蛋白及细胞数更多。提示颅内压增高、脑脊液蛋白和细胞数增多是产生FSH的主要因素, 与既往研究相同。但既往文献未报告性别对FSH的影响, 本研究发现高信号组女性更多见, 分析认为不排除由于疾病的性别差异导致, 尚有待进一步研究。

关于FSH的分布, 既往研究发现以弥漫性病变为多见, 局灶性少见, 未阐明其在脑叶的分布。本研究发现, FSH以双侧弥漫性多见(80%), 单侧少见(20%)。在脑叶的分布中以枕叶最多见(100%), 其次为颞叶(86.67%)、顶叶(60%)、额叶(60%), 小脑颞少见(13.33%)。因此临床和放射科医师读片时需要重点关注双侧枕颞叶。弥漫性病变多见于感染、炎症、肿瘤, 局灶性病变多见于血管病。

关于FSH的病因诊断, Koemans等^[9]研究发现7T MRI的FSH常见于脑淀粉样血管病, 与皮质浅表性铁质沉着症相关, 可用于脑小血管病的诊断。Althaus等^[10]研究发现FSH可见于脑血管病包括再通术后、中枢神经系统炎症、癫痫等。de Oliveira等^[11]研究发现FSH可见于有先兆偏头痛患者, 且是可逆的。总结既往研究结果, FSH包括病理性和非病理性, 其中病理性包括蛛网膜下腔出血、脑膜炎、软脑膜癌、烟雾病、软脑膜静脉畸形等; 非病理性包括氧疗、磁化率、脑脊液搏动、血管搏动等^[12]。本研究发现15例患者中化脓性脑膜炎4例(26.67%), 癌性脑膜炎3例(20%), 病毒性脑膜炎3例(20%), 自身免疫性脑炎2例(13.33%), MOG抗体相关疾病1例(6.67%), 脑梗死1例(6.67%), 颅内静脉窦血栓形成1例(6.67%)。与既往研究结果不同的是, 因蛛网膜下腔出血属

于神经外科收治范围, 故不在本研究范畴。对于少见的凸面蛛网膜下腔出血, 因头颅CT的灵敏度和特异度高, 无需行腰穿检查, 故也不在本次研究范畴。本研究发现在病理情况下, 除了蛛网膜下腔出血, 最常见的FSH病因是感染和炎症(66.67%), 其次为肿瘤(20%)、血管病(13.33%)。除了全部化脓性脑膜炎, 部分病毒性脑膜炎、自身免疫性脑炎也会出现FSH。其中一例MOG抗体相关单侧皮层脑炎的患者也表现为FSH, 目前尚无相关报道。

既往研究发现, FLAIR是诊断细菌性脑膜炎的灵敏技术^[13]。一些研究发现, 未增强的FLAIR虽然灵敏度中等, 但在脑膜炎的检测方面并不优于对比增强T1WI^[14]。但考虑到临床应用方面, 增强MRI检查的非普及性, 常规颅脑MRI平扫中包含的FLAIR序列具有明显的优势。本研究中有4例化脓性脑膜炎, 所有患者均出现弥漫性FSH, 3例可见侧脑室后角DWI高信号。其中3例行头颅增强MRI检查, 仅1例可见软脑膜强化, 1例见硬脑膜强化。

FLAIR可以在不使用钆造影剂的情况显示软脑膜恶性肿瘤的异常现象^[15]。一些结果表明, 在软脑膜转移的诊断方面, FLAIR优于对比增强T1WI^[16]。虽然癌性脑膜炎最常依赖于腰椎穿刺脑脊液细胞学检查明确, 但其阳性率偏低, 甚至部分患者持续脑脊液细胞学阴性。对于病史较长, 有肿瘤病史的患者, 若存在FSH, 即使脑脊液常规及细胞学检查无异常, 仍不能排除软脑膜转移, 需要多次腰穿脑脊液检查。

总之, 本研究结果发现FSH与脑压升高、脑脊液蛋白及脑脊液有核细胞数增多有关。最常分布于双侧、枕叶, 可作为软脑膜病变的影像学标志, 多见于感染、炎症、肿瘤及血管病。结合病史、脑脊液检查及其他辅助检查有助于明确诊断。本研究由于样本量小, 具有一定的局限性。期望未来多中心、大样本量的研究进一步证实。

参考文献

- [1] Ashraf R, Akhtar M, Akhtar S, et al. Diagnostic accuracy of flair in detection of acute subarachnoid hemorrhage in patients presenting with severe headache[J]. J Neuroradiol, 2019, 46 (5): 294-298.
- [2] Melhem E R, Jara H, Eustace S. Fluid-attenuated inversion recovery MR imaging: identification of protein concentration thresholds for CSF hyperintensity[J]. AJR Am J Roentgenol, 1997, 169 (3): 859-862.
- [3] Kamran S, Bener A B, Alper D, et al. Role of fluid-attenuated inversion recovery in the diagnosis of meningitis: comparison with contrast-enhanced magnetic resonance imaging[J]. J Comput Assist Tomogr, 2004, 28 (1): 68-72.
- [4] 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.

光化学, 2020, 38 (2): 200-205.

[5] Ohtake Y, Yasaka K, Hamada A, et al. Effect of deep learning reconstruction on evaluating cervical spinal canal stenosis with computed tomography[J]. J Comput Assist Tomogr, 2023, 47 (6): 996-1001.

[6] 中华外科杂志编辑部. 颈椎病的分型、诊断及非手术治疗专家共识 (2018) [J]. 中华外科杂志, 2018, 56 (6): 401-402.

[7] Khan AF, Mohammadi E, Haynes G, et al. Evaluating tissue injury in cervical spondylotic myelopathy with spinal cord MRI: a systematic review[J]. Eur Spine J, 2024, 33 (1): 133-154.

[8] 郭洋, 李岩. 活血定眩汤联合针灸对椎动脉型颈椎病患者的临床疗效[J]. 罕少疾病杂志, 2023, 30 (4): 75-76.

[9] Hutchins J, Hebelka H, Lagerstrand K, et al. A systematic review of validated classification systems for cervical and lumbar spinal foraminal stenosis based on magnetic resonance imaging[J]. Eur Spine J, 2022, 31 (6): 1358-1369.

[10] Liu B, Gao Y, Ye K, et al. Cervical spine fracture prediction by simple plain x-ray in ankylosing spondylitis patients after low-energy trauma[J]. Orthop Surg, 2022, 14 (11): 2939-2946.

[11] 李键, 鲍正齐, 周平辉, 等. 颈椎后路单开门椎板成形与颈椎体次全切除植骨融合治疗多节段颈椎病对颈椎矢状位平衡参数的影响[J]. 中国组织工程研究, 2022, 26 (6): 949-953.

[12] Tang C, Liao YH, Wang Q, et al. The association between unilateral high-riding vertebral artery and atlantoaxial joint morphology: a multi-slice spiral computed tomography study of 396 patients and a finite element analysis[J]. Spine J, 2023, 23 (7): 1054-1067.

[13] Liao X, Jin Z, Shi L, et al. Prevalence of ossification of posterior longitudinal ligament in patients with degenerative cervical myelopathy: cervical spine 3D CT observations in 7210 cases[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2020, 45 (19): 1320-1328.

[14] 段豪, 王小明, 陈广儒, 等. X线平片、MSCT、MRI检查中神经根型颈椎病的影像学表现及神经根障碍的相关性研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2019, 17 (11): 42-44.

[15] 葛海龙. 不同内固定方式对后路单开门术治疗节段脊髓型颈椎手术疗效的影响研究[J]. 罕少疾病杂志, 2021, 28 (4): 86-89.

[16] 王作祥, 刘彦锋. MRI和CT诊断椎动脉型颈椎病的临床价值对比分析[J]. 医学影像学杂志, 2023, 33 (9): 1561-1565.

[17] 王桂英. 彩色多普勒超声在椎动脉型颈椎病中的应用价值探析[J]. 中国伤残医学, 2023, 31 (4): 58-61.

[18] 王杨, 张士德. 颈椎侧位X线片对颈椎生理曲度异常分型及早期颈椎病临床诊断价值研究[J]. 现代消化及介入诊疗, 2019 (A01): 0573-0574.

[19] 刘英杰, 刘丽波, 史守良, 等. X线片、MRI和CT对颈椎病的鉴别诊断价值[J]. 河北医药, 2022, 44 (22): 3451-3454.

[20] 夏斌, 王小明, 陈广儒, 等. 神经根型颈椎病椎间孔狭窄特点及MSCT诊断价值分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18 (1): 28-31.

[21] 窦飞. 颈椎病患者使用X线平片和CT影像学诊断的临床效果研究[J]. 重庆医学, 2021, 50 (S01): 174-176.

(收稿日期: 2024-05-16) (校对编辑: 赵望淇、江丽华)



(上接第48页)

[5] Taoka T, Yuh W T, White M L, et al. Sulcal hyperintensity on fluid-attenuated inversion recovery mr images in patients without apparent cerebrospinal fluid abnormality[J]. AJR Am J Roentgenol, 2001, 176 (2): 519-524.

[6] Zhou Z, Zhou Y, Ran W, et al. Inferior frontal sulcal hyperintensity on fluid-attenuated inversion recovery is related to cerebrospinal fluid clearance via putative meningeal lymphatics[J]. Aging Dis, 2024, 16 (2): 1169-1179.

[7] Anzai Y, Ishikawa M, Shaw D W, et al. Paramagnetic effect of supplemental oxygen on CSF hyperintensity on fluid-attenuated inversion recovery MR images[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2004, 25 (2): 274-279.

[8] Braga F T, Da R A, Hernandez F G, et al. Relationship between the concentration of supplemental oxygen and signal intensity of CSF depicted by fluid-attenuated inversion recovery imaging[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2003, 24 (9): 1863-1868.

[9] Koemans E A, van Walderveen M, Voigt S, et al. Subarachnoid CSF hyperintensities at 7 tesla FLAIR MRI: a novel marker in cerebral amyloid angiopathy[J]. Neuroimage Clin, 2023, 38: 103386.

[10] Althaus K, Kasel M, Ludolph A C, et al. HARM revisited: etiology of subarachnoid hyperintensities in brain FLAIR MRI[J]. Int J Stroke, 2022, 17 (10): 1121-1128.

[11] de Oliveira E P, Tsehmaister-Abitbul V, Kontolemos M, et al. Reversible sulcal FLAIR hyperintensity on MRI in a migraine patient with aura[J]. Radiol Case Rep, 2020, 15 (3): 174-176.

[12] Miranda B J, Garrido M I, Fernández G P, et al. FLAIR hyperintensity in the subarachnoid space: Main differentials[J]. Radiologia (Engl Ed), 2024, 66 (1): 78-89.

[13] Saberi A, Roudbary S A, Ghayeghran A, et al. Diagnosis of meningitis caused by pathogenic microorganisms using magnetic resonance imaging: a systematic review[J]. Basic Clin Neurosci, 2018, 9 (2): 73-86.

[14] Stuckey S L, Goh T D, Heffernan T, et al. Hyperintensity in the subarachnoid space on FLAIR MRI[J]. AJR Am J Roentgenol, 2007, 189 (4): 913-921.

[15] Tsuchiya K, Katase S, Yoshino A, et al. FLAIR MR imaging for diagnosing intracranial meningeal carcinomatosis[J]. AJR Am J Roentgenol, 2001, 176 (6): 1585-1588.

[16] Singh S K, Agris J M, Leeds N E, et al. Intracranial leptomeningeal metastases: comparison of depiction at FLAIR and contrast-enhanced MR imaging[J]. Radiology, 2000, 217 (1): 50-53.

(收稿日期: 2024-05-20)
(校对编辑: 赵望淇、江丽华)