

## · 儿科磁共振成像专题 ·

## 磁敏感加权成像及 FLAIR 序列在儿童创伤性颅内出血诊断中的价值

刘玥, 张玥, 彭芸, 温洋, 段晓岷, 曾津津

**【摘要】 目的:**探讨磁敏感加权成像(SWI)及液体衰减反转恢复(FLAIR)序列在儿童创伤性颅内出血中的诊断价值。**方法:**36例颅脑外伤患儿,年龄3天~9岁,平均(2.6±2.6)岁。所有患者采用3.0T MR机进行T<sub>1</sub>WI、T<sub>2</sub>WI、SWI及FLAIR序列扫描。对比常规MRI序列(T<sub>1</sub>WI、T<sub>2</sub>WI)与SWI和FLAIR序列三种检查方法在发现脑实质微出血(CMBs)、硬膜下或外出血、蛛网膜下腔出血(SAH)及脑室内出血的数量有关差异,并分析颅内各种出血的信号特点。**结果:**36例中常规MRI、SWI和FLAIR序列检出的脑实质微出血灶分别为80、197和65个,检出的硬膜下或外出血分别为45、45和44个部位,检出的SAH分别为7、10和13例,分别检出4、7和4例患儿存在脑室内出血。在检出脑实质微出血中,SWI与常规MRI( $\chi^2=166.419, P=0.001$ )和FLAIR序列( $\chi^2=198.504, P=0.001$ )间差异有统计学意义( $P<0.05$ )。在检出SAH方面,FLAIR序列与常规MRI序列间差异有统计学意义( $P=0.015$ )。颅内出血的信号特点较复杂,SWI图像上颅内出血,尤其是硬膜下或外出血,可以表现为高信号或混杂信号。**结论:**SWI较常规MRI和FLAIR序列能发现更多的微出血灶及脑室内出血,FLAIR序列在检出SAH方面具有独特的优势,综合应用MRI扫描序列对于儿童创伤性颅内出血的诊断及预后的判断有很高的价值。

**【关键词】** 儿童; 颅内出血, 外伤性; 磁敏感成像; 液体衰减反转恢复序列; 磁共振成像

**【中图分类号】** R445.2; R651.1<sup>+</sup>5; R641 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2014)08-0872-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2014.08.006

## MR susceptibility weighted imaging and FLAIR sequence in the diagnosis of children with traumatic intracranial hemorrhage

LIU Yue, ZHANG Yue, PENG Yun, et al. Department of Radiology, Beijing Children's Hospital, Capital Medical University, Beijing 100045, P. R. China

**【Abstract】 Objective:** To investigate the value of MR susceptibility weighted imaging (SWI) and fluid attenuated inversion recovery (FLAIR) sequence in the diagnosis of children with traumatic intracranial hemorrhage. **Methods:** A total of 36 pediatric patients with traumatic brain injury and the age ranged from 3d~9y [(mean=2.6±2.6)y] were enrolled in this study. All patients underwent FLAIR sequence and SWI along with conventional MRI (cMRI) examination (including T<sub>1</sub>WI, T<sub>2</sub>WI) by a 3.0T MR scanner. The differences of the 3 approaches in displaying the volume of intracranial hemorrhage including cerebral micro-bleeding (CMBs), subdural/ extradural hemorrhage (SDH/EDH), subarachnoid hemorrhage (SAH) and intraventricular hemorrhage (IVH) were compared, and the signal characteristics of various intracranial hemorrhage were analyzed. **Results:** Of the 36 patients, cMRI, SWI and FLAIR detected 80, 197 and 65 lesions of micro-bleeding respectively; 45, 45, 44 lesions of SDH or EDH respectively; 7, 10, 13 cases of SAH and 4, 7, 4 cases with IVH respectively. In detecting microbleeding, there was significant difference between SWI and cMRI ( $P=0.001, \chi^2=166.419$ ), as well as between SWI and FLAIR ( $P=0.001, \chi^2=198.504$ ). In detecting SAH, there was statistical difference between FLAIR and cMRI ( $P=0.015$ ). The signal appearances of intracranial hemorrhage were very complicated, and the hemorrhage signal especially for SDH/EDH on SWI was either hyper-intensity or heterogeneous. **Conclusion:** When compared with cMRI and FLAIR, SWI can detect much more intra-cerebral micro-bleeding and IVH. FLAIR has obvious advantages superior to cMRI in detecting SAH. Thus, the use of comprehensive MRI sequences has significant value in the diagnosis and prognosis prediction for children with traumatic intracranial hemorrhage.

**【Key words】** Children; Traumatic intracranial hemorrhage; Susceptibility-weighted imaging; Fluid-attenuated inversion recovery sequence; Magnetic resonance imaging

儿童创伤性脑损伤(trumatic brain injury, TBI)是世界范围内导致儿童死亡、伤残或失去生产生活能

力的主要原因<sup>[1]</sup>,特别是对婴幼儿。CT是诊断颅脑外伤的首选检查方法,因为一旦发现颅内出血,需要急诊外科手术或内科治疗。然而,MRI已逐渐成为TBI患者的补充检查方法,因为它能够更精确地判断小出血灶、较大面积出血、梗死的出血转化及颅内脑外出血等,为临床提供更丰富的信息及评估预后。磁敏感加

作者单位:100045 北京,首都医科大学附属北京儿童医院影像中心

作者简介:刘玥(1971-),女,北京人,博士,副主任医师,主要从事神经影像学诊断工作。

通讯作者:彭芸, E-mail: ppenyun@yahoo.com

基金项目:首都卫生发展科研专项(首发2011-2009-03)

权成像(susceptibility weighted imaging, SWI)对于颅内脑实质出血,如弥漫性轴索损伤(diffuse axonal injury, DAI)时,可发现皮层下白质内点状出血,FLAIR序列可发现颅内蛛网膜下腔出血(subarachnoid hemorrhage, SAH),而常规 MRI 序列却不能或不易显示。Beauchamp 等<sup>[2]</sup>报道,在儿童 TBI 患者中,SWI 显示的颅内病灶与患儿预后密切相关。目前,关于儿童脑外伤性颅内出血的研究很少报道,笔者搜集我院相关疾病患儿的临床及影像学资料进行分析总结,旨在提高对儿童脑外伤的影像诊断水平。

## 材料与方 法

### 1. 临床资料

入组标准:18岁及以下,有头颅外伤史,且排除脑部其它基础疾病的患儿,在 CT 或 MRI 检查图像上可见单个或多个出血灶。从 2010 年 1 月—2014 年 6 月我院门诊及住院头颅外伤患儿中,筛选出有头颅 MRI 常规序列(包括 T<sub>1</sub>WI, T<sub>2</sub>WI),SWI 序列及 FLAIR 序列检查资料者共 36 例,男 21 例,女 15 例,年龄 3 天~9 岁,平均(2.6±2.6)岁。患儿主要临床表现有昏迷、意识不清、谵妄、反应弱、偏瘫、抽搐等。患儿受伤时间距 MRI 检查时间为 3 h~20 d。

### 2. 检查方法

36 例患者均行 MRI 检查,包括常规序列(包括 T<sub>1</sub>WI 和 T<sub>2</sub>WI)、SWI 序列及液体衰减反转恢复(fluid-attenuated inversion recovery, FLAIR)序列。

头颅 MRI 扫描采用 Philips Achieva TX 3.0T 磁共振扫描仪,8 通道头线圈。常规行横轴面 T<sub>1</sub>WI、T<sub>2</sub>WI、T<sub>2</sub> FLAIR 序列及矢状面 T<sub>1</sub>WI、MRA 及 MRV 扫描,扫描序列及参数如下。T<sub>2</sub>WI: TR 3000 ms, TE 100 ms, 层厚 5 mm, 层间隔 1.0 mm, 矩阵 344×212, 视野 19.9 cm×19.9 cm; T<sub>1</sub>WI, 采用反转恢复脉冲序列(inversion recovery, IR), TR 4364 ms, TE 120 ms, TI 2200 ms, 层厚 5 mm, 层间隔 1.0 mm, 矩阵 232×150, 视野 21.4 cm×21.4 cm; T<sub>2</sub> FLAIR: TR 7000 ms, TI 2200 ms, TE 150 ms, 层厚 5 mm, 层间隔 1.5 mm, 矩阵 288×192; 磁敏感加权成像采用 Vein-Bold 3D-FFE 序列, TR 18 ms, TE 25 ms, 翻转角 15°, 矩阵 276×223, 激励次数 1, 视野 22 cm×22 cm。通过 Philips 工作站 SWI 后处理软件得到校正的相位图和强度图,再对强度图进行横轴轴最小密度投影(minimum intensity projection, MinIP),层厚与层间距之和为 6 mm,共获得 24

层 MinIP 图像。

所有 MRI 图像由两位放射科医师独立评估,最后诊断以意见达成一致为准。

### 3. 统计学方法

对比常规 MRI、SWI 和 FLAIR 序列这 3 种检查方法在检出脑内微出血和脑外出血数量方面有无差异,采用卡方检验(Chi-square Test)。P<0.05 为差异有统计学意义。

## 结 果

### 1. 影像检查结果

36 例患者中常规 MRI 扫描、SWI 及 FLAIR 序列分别检出脑实质内微出血灶 80、197 和 65 个,发现硬膜下/外出血 45、45 和 44 个部位,分别发现 7、10 和 13 例患儿存在 SAH,4、7 和 4 例患儿存在脑室内出血。

常规 MRI 扫描,由于出血时间不同,脑实质出血可表现为短或长 T<sub>1</sub>,短或长 T<sub>2</sub> 信号,以 T<sub>1</sub>WI 高信号、T<sub>2</sub>WI 低信号为主;SWI 序列发现 21 例脑出血,其中 18 例出血灶为低信号(图 1),2 例为高信号,1 例为低高混杂信号;FLAIR 序列发现 14 例脑出血,其中 9 例为低信号出血周围绕以高信号水肿带,5 例为高信号。

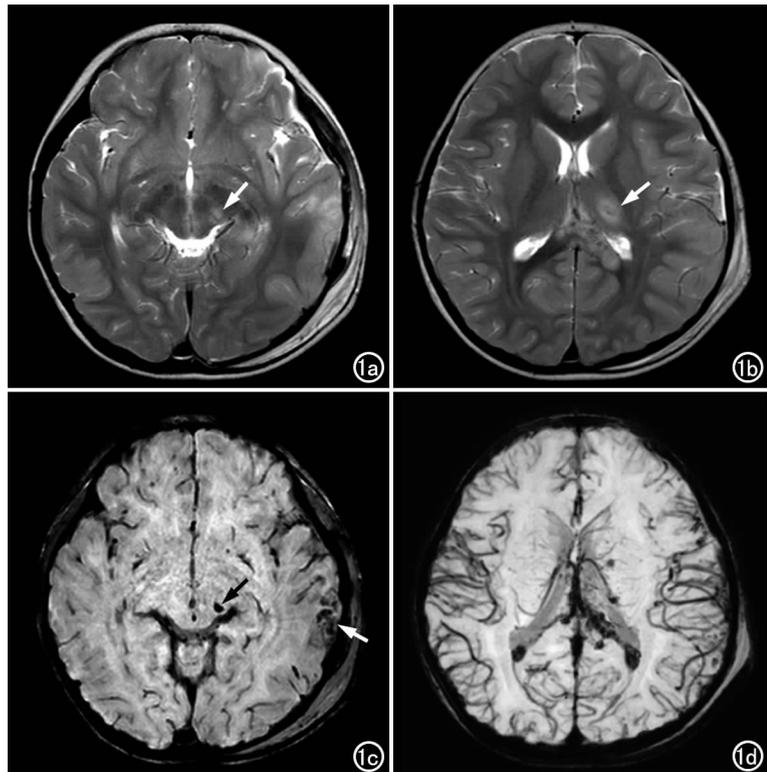


图 1 男,4岁,摔伤后昏迷2天。a) T<sub>2</sub>WI 示左侧大脑脚片状高信号灶(箭); b) 稍上方层面示左侧丘脑点片状长 T<sub>2</sub> 信号灶(箭); c) SWI 示左侧大脑脚、颞叶多发低信号点状出血(箭); d) 上方层面 SWI 示两侧脑室枕角低信号出血,左侧放射冠区及胼胝体压部多发低信号点状出血灶。

硬膜下/外出血,常规 MRI 图像显示病灶为长或短  $T_1$ ,长或短  $T_2$  信号;SWI 发现 45 个硬膜下/外出血灶中,29 个病灶为等-低与高信号混杂信号或高信号,16 例为低信号;FLAIR 序列发现 44 个病灶,仅 1 例为低信号,其余 43 例均为高信号(图 2)。

常规 MRI 发现 SAH 及脑室出血为短  $T_1$  短  $T_2$  信号。SWI 发现 7 例脑室出血,其中 5 例为低信号(图 1),2 例为高信号;发现 10 例 SAH,其中 5 例为等高信号,5 例为低信号。FLAIR 发现 SAH 及脑室内出血均为高信号(图 3)。

本组 36 例中,有 1 例外伤性脑梗死,患儿外伤后肢体偏瘫,常规 MRI 提示左基底节区腔隙性脑梗死,SWI 进一步证实左豆状核梗死后出血(图 4)。

## 2. 统计学分析结果

在发现脑实质微出血方面,SWI 与常规 MRI ( $\chi^2=166.419, P=0.001$ )、FLAIR 序列 ( $\chi^2=198.504, P=0.001$ ) 间的差异有统计学意义。在发现 SAH 方面,FLAIR 序列与常规 MRI 间差异有统计学意义( $P=0.015$ )。

## 讨 论

颅脑外伤是一种临床常见疾病,儿童颅

脑外伤近年来有增长趋势。外伤患者的脑实质微小出血、剪切和弥漫性轴索损伤(DAI)很难被发现。据文献报道<sup>[3,4]</sup>,深部脑区域的病变与患儿较差的神经心理表现密切相关。提高检出弥漫性轴索损伤病变范围的能力,可以更好地理解长期结果的相关性,以利于有效治疗,改善预后。

脑损伤程度较重及年龄越小,患儿预后就越差<sup>[5]</sup>。剪切伤,尤其是额叶与颞叶间脑白质、胼胝体和脑干的病变,通常在外伤性颅脑损伤的神经影像学扫描中不易显示<sup>[6]</sup>。尽管目前的磁共振成像技术已经明显提高了发现弥漫性轴索损伤及脑损伤的能力,但更多最近的文献报道 DAI 及微出血依然很难诊断,临床怀疑 DAI 的病例与神经影像学表现不符<sup>[7,8]</sup>。

SWI 是利用体磁化率效应(不同组织之间磁化率差异可以引起相位差效应)差异而产生图像对比的磁共振成像法。由于出血灶中含有去氧血红蛋白、高铁血红蛋白以及含铁血黄素等顺磁性物质,使局部的磁场产生不均匀性,这种差异尽管很小,却足以使小出血灶和周围组织产生相位差

异<sup>[9]</sup>。

磁敏感成像较常规磁共振扫描序列能更好地发现微出血灶,显示出血灶边缘更加锐利和清晰<sup>[3,4]</sup>。最近研究显示,磁敏感成像较常规梯度回波图像发现超过 640% 的病变和 200% 的出血灶<sup>[4]</sup>。追踪随访 40 例儿童外伤性脑损伤,重度损伤的出血性 DAI 患者,较轻度-中度的损伤患者颅内病灶的数目多和体积大<sup>[3]</sup>。出血性 DAI 的病灶数目、体积与损伤后 6~12 个月后的神经系统症状及程度呈正相关<sup>[3,10]</sup>。

SWI 对于评价与深部皮层下白质及侧脑室旁点状出血有帮助,这些点状出血在 CT 和常规 MRI 扫描序列上一般不能显示。需要指出的是,SWI 对于发现脑干及小脑微出血也有特殊的帮助,外伤性脑干损伤对于长期预后评估有重要价值<sup>[11]</sup>。CT 或者常规 MRI 扫描序列通常不易发现脑干异常,本组 1 例脑干背侧血肿患儿,CT 及 MRI 上血肿显示模糊不清,经 SWI 序列确诊为血肿。

儿童颅脑外伤容易发生外伤后脑梗死(tramatic infarction),是颅脑外伤后引起的脑深部结构如基底节区或者大脑动脉供血区域血液循环障碍所致,表现

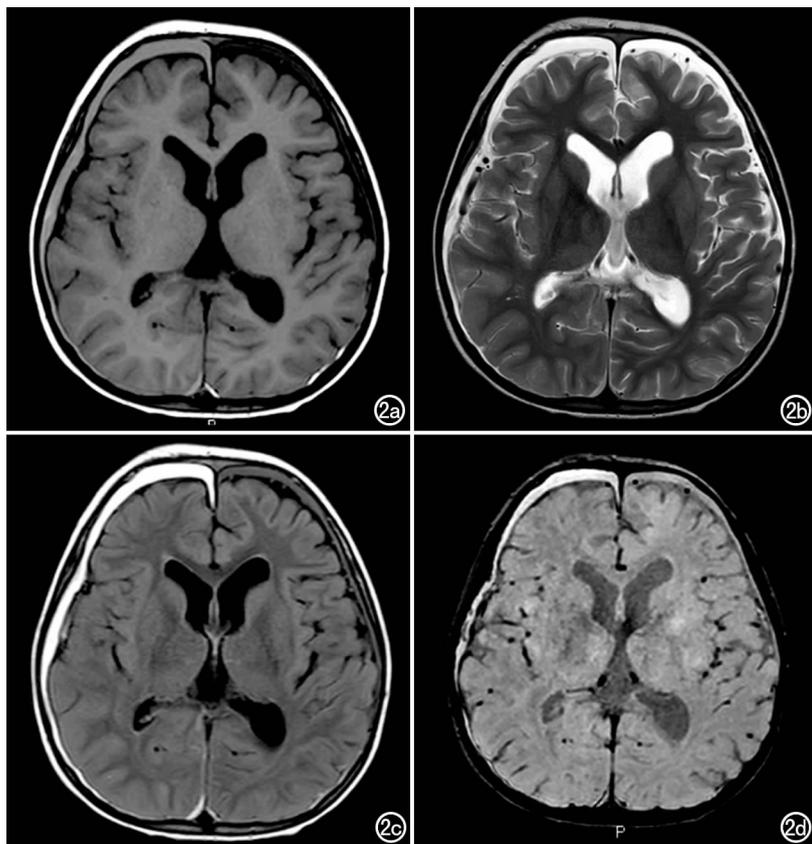


图 2 女,14 个月,头外伤。a)  $T_1$  WI 示右侧额颞顶枕部硬膜下出血为弧形稍高信号,左侧颞枕部硬膜下出血为线形高信号; b)  $T_2$  WI 示右侧额颞顶枕部硬膜下出血为高信号; c) FLAIR 图像示右侧额颞顶枕部硬膜下出血为弧形高信号,左颞枕部硬膜下出血为稍高信号; d) SWI 示右侧额颞顶枕部硬膜下出血为弧形高信号。

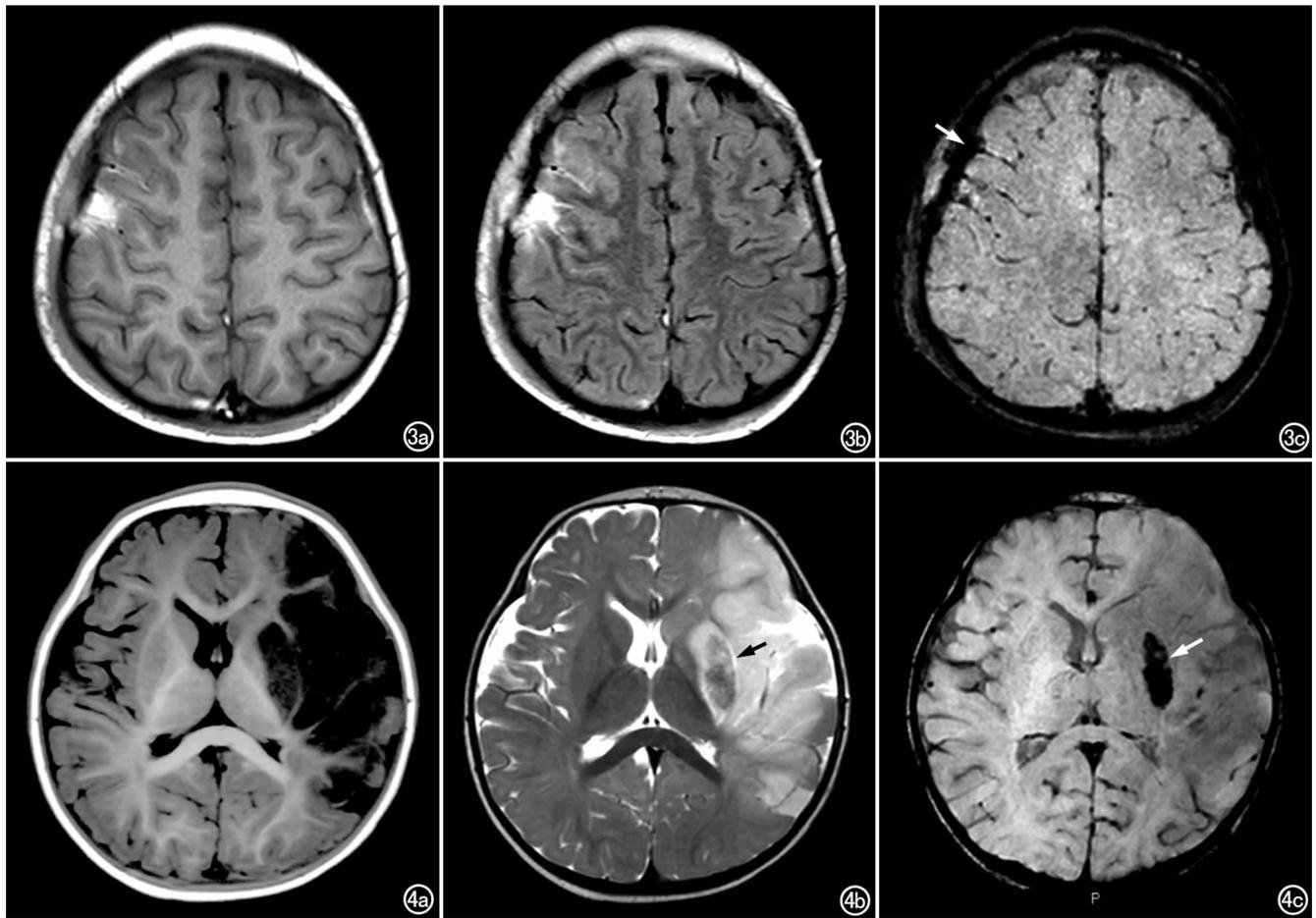


图3 男,5岁,车撞伤5天。a) T<sub>1</sub>WI示右额顶叶蛛网膜下腔出血呈片状、线条状高信号; b) FLAIR图像示右额顶叶蛛网膜下腔出血为片状、线条形高信号; c) SWI示右额顶叶脑沟信号减低,提示蛛网膜下腔出血(箭)。图4 男,7个月,外伤后偏瘫2天。a) T<sub>1</sub>WI示左额颞叶及左基底节区大片低信号梗死灶; b) T<sub>2</sub>WI示左侧额颞叶及左基底节区梗死灶呈长T<sub>2</sub>信号,左基底节区梗死灶内见梭形稍短T<sub>2</sub>信号出血灶; c) SWI左额颞叶及基底节区大面积低信号脑梗死灶内可见梭形更低信号出血灶(箭)。

为以单侧躯体运动障碍为主要表现的神经系统损害综合征<sup>[12]</sup>。治疗后患者预后较好,但梗死灶中如有出血倾向,治疗方法及预后就不同,鉴别脑梗死和出血性脑梗死非常重要。对于基底节区的腔隙性脑梗死及小灶状出血,常规CT往往容易漏诊。本组1例外伤后脑梗死,常规MRI仅发现脑梗死,未检出出血,SWI提示为梗死后出血。所以SWI能清晰显示梗死区血供情况,并能及时发现病灶为缺血性,还是存在再灌注出血,为临床治疗方案的调整提供重要信息。

本研究发现SWI及FLAIR序列对于显示脑室内出血、蛛网膜下腔出血和硬膜下/硬膜外出血有帮助。本组1例患者,SWI能清晰显示脑室内出血,放射科医师再次回顾性分析同一天的CT扫描,才发现侧脑室枕角出血。本组中SWI发现脑室内出血7例,常规MRI及FLAIR序列仅发现4例。FLAIR序列发现13例SAH,而常规MRI仅发现7例,SWI发现10例,所以FLAIR序列在诊断SAH很有价值。

FLAIR序列由于去除了脑脊液信号的影响,使蛛

网膜下腔出血所致的信号改变显示明显,表现为高于脑脊液和邻近脑灰质的异常信号影。同时,由于没有骨性伪影的干扰,对于发生在后颅凹的SAH,FLAIR的诊断敏感性高于CT。Noguchi等<sup>[13,14]</sup>分别对20例急性期SAH患者(发病2h~2d)和14例亚急性期和慢性期SAH患者(发病3~45d)进行研究,发现FLAIR序列对急性SAH的诊断敏感度高达100%,对亚急性期SAH的敏感度(100%)优于T<sub>1</sub>WI(36%)和T<sub>2</sub>WI(0%),对于慢性期SAH也优于常规T<sub>1</sub>WI和T<sub>2</sub>WI。

需要指出的,笔者发现SWI图像上颅内出血信号的表现较复杂,以往的文献多报道颅内出血为低信号,本研究中发现相当一部分颅内出血,特别是硬膜下/外出血可以呈高信号或混杂信号。笔者认为,原因可能有两个:其一,即使是同为顺磁性物质,不同的几何形状会产生不同的感应磁场变化;其二,颅内较大的血肿,其SWI表现为高-低混杂信号影,可能与不同时期的高铁血红蛋白形成有关,由于高铁血红蛋白较去氧

血红蛋白的顺磁性更高,且是由血肿外周向中心推移,这种不同顺磁性物质的存在造成了相位上黑白相间的改变<sup>[15]</sup>。

通过对本组病例的研究分析,儿童脑外伤影像学表现与成人不同:儿童外伤后出现颅内出血的病例较成人少,所以 3 年仅搜集到 36 例,可能因为儿童脑血管较成人柔韧性好,不易在外伤中破裂出血。外伤性脑梗死后出血在儿童中很少见,应该引起足够重视,以便及时调整治疗方案。本组病例中,颅内脑外出血灶数目较颅内出血灶多,特别是脑室出血,与预后密切相关,应该利用 SWI 及 T<sub>2</sub>WI 序列仔细观察。

通过本组研究,对于外伤性颅脑损伤的患儿,建议采用先进的神经影像学技术。CT 可以发现急性出血,方便快捷,但 MRI 常规序列、SWI 及 FLAIR 序列,能精确评估损伤程度,提供有价值的预后信息,指导治疗<sup>[16,17]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] Brown AW, Elovic EP, Kothari S, et al. Congenital and acquired brain injury. Part 1. Epidemiology, pathophysiology, prognostication, innovative treatments, and prevention[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2008, 89(Supple3): S3-S8.
- [2] Beauchamp MH, Beare R, Ditchfield M, et al. Susceptibility weighted imaging and its relationship to outcome after pediatric traumatic brain injury[J]. Cortex, 2013, 49(2): 591-598.
- [3] Tong KA, Ashwal S, Holshouser BA, et al. Diffuse axonal injury in children: clinical correlation with hemorrhagic lesions[J]. Ann Neurol, 2004, 56(1): 36-50.
- [4] Tong KA, Ashwal S, Holshouser BA, et al. Hemorrhagic shearing lesions in children and adolescents with posttraumatic diffuse axonal injury: improved detection and initial results[J]. Radiology, 2003, 227(3): 332-339.
- [5] Ewing-Cobbs L, Fletcher JM, Levin HS, et al. Longitudinal neuropsychologic outcome in infants and preschoolers with traumatic

- brain injury[J]. J Int Neuropsychol Soc, 1997, 3(6): 581-591.
- [6] Swaiman KF, Ashwal S, et al. Pediatric neurology: Principles and practice[M]. St. Louis: Mosby, 1999.
- [7] 韩成坤, 史浩, 刘桂芳, 等. 磁敏感加权成像对弥漫性轴索损伤的诊断价值[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(7): 632-636.
- [8] 王利伟, 王绍娟, 殷信道, 等. 磁共振 SWI 序列在隐匿性脑微出血中的应用价值[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2014, 12(54): 23-25.
- [9] Wycliffe ND, Choe J, Holshouser B, et al. Reliability in detection of hemorrhage in acute stroke by a new three-dimension gradient recall echo susceptibility-weighted imaging technique compared to computed tomography: a retrospective study[J]. J Magn Reson Imaging, 2004, 20(3): 372-377.
- [10] 毕国力, 戴敏方, 吴昆华, 等. 磁敏感成像在弥漫性轴索损伤中的应用及与 GCS 评分的相关性[J]. 临床放射学杂志, 2013, 31(1): 11-15.
- [11] Mannion RJ, Cross J, Bradley P, et al. Mechanism-based MRI classification of traumatic brainstem injury and its relationship to outcome[J]. J Neurotrauma, 2007, 24(1): 128-35.
- [12] 汤敏, 王晓强, 崔竞飞. 青壮年脑外伤后腔隙性脑梗死 28 例分析[J]. 中国综合临床, 2004, 20(12): 1121-1122.
- [13] Noguchi K, Ogawa T, Inugami A, et al. Acute subarachnoid hemorrhage: MR imaging with fluid-attenuated inversion recovery pulse sequences[J]. Radiology, 1995, 196(3): 773-777.
- [14] Noguchi K, Ogawa T, Seto H, et al. Subacute and chronic subarachnoid hemorrhage: diagnosis with fluid-attenuated inversion-recovery MR imaging[J]. Radiology, 1997, 203(1): 257-262.
- [15] 杨昂, 张雪林. 磁敏感加权成像相位图对脑内顺磁性物质与逆磁性物质的鉴别诊断[J]. 中华放射学杂志, 2009, 43(6): 590-594.
- [16] Ashwal S, Babikian T, Gardner-Nichols J, et al. Susceptibility-weighted imaging and proton magnetic resonance spectroscopy in assessment of outcome after pediatric traumatic brain injury[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2006, 87(supple2): S50-S58.
- [17] Verma RK, Kottke R, Anderegg L, et al. Detecting subarachnoid hemorrhage: comparison of combined FLAIR/SWI versus CT[J]. Eur J Radiol, 2013, 82(9): 1539-1545.

(收稿日期: 2014-06-02 修回日期: 2014-06-30)

## 《请您诊断》栏目征文启事

《请您诊断》是本刊 2007 年新开辟的栏目,该栏目以临床上少见或容易误诊的病例为素材,杂志在刊载答案的同时配发专家点评,以帮助影像医生更好地理解相关影像知识,提高诊断水平。栏目开办 6 年来受到广大读者欢迎。《请您诊断》栏目荣获第八届湖北精品医学期刊“特色栏目奖”。

本栏目欢迎广大读者踊跃投稿,并积极参与《请您诊断》有奖活动,稿件一经采用稿酬从优。

《请您诊断》来稿格式要求:①来稿分两部分刊出,第一部分为病例资料和图片;第二部分为全文,即病例完整资料(包括病例资料、影像学表现、图片及详细图片说明、讨论等);②来稿应提供详细的病例资料,包括病史、体检资料、影像学检查及实验室检查资料;③来稿应提供具有典型性、代表性的图片,包括横向图片(X线、CT 或 MRI 等不同检查方法得到的影像资料,或某一检查方法的详细图片,如 CT 平扫和增强扫描图片)和纵向图片(同一患者在治疗前后的动态影像资料,最好附上病理图片),每帧图片均需详细的图片说明,包括扫描参数、序列、征象等,病变部位请用箭头标明。

具体格式要求请参见本刊(一个完整病例的第一部分请参见本刊正文首页,第二部分请参见 2 个月后的杂志最后一页,如第一部分问题在 1 期杂志正文首页,第二部分答案则在 3 期杂志正文末页)

栏目主持:石鹤 联系电话:027-83662875 15926283035