

磁敏感成像在弥漫性轴索损伤诊断中的应用价值

贾庆, 汪奇慧, 王晓阳, 彭文献

【摘要】 目的:探讨磁敏感加权成像(SWI)对弥漫性轴索损伤(DAI)的诊断价值。方法:对25例临床可疑DAI病例行常规TSE、液体衰减反转恢复(FLAIR)序列和磁共振扩散加权成像(DWI)及SWI扫描。结果:SWI可清楚显示18例DAI的颅内异常小出血灶,表现为点状、条索状、类圆形或环形的低信号影,检出率为72%,常规TSE序列检出7例,检出率为28%,FLAIR序列检出12例,检出率为48%,DWI序列检出14例,检出率为56%。结论:SWI能非常敏感地检出外伤后弥漫性轴索损伤患者的脑内小出血灶。

【关键词】 磁共振成像; 磁敏感加权成像; 弥漫性轴索损伤; 扩散加权成像

【中图分类号】 R445.2; R651.1⁺⁵ **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2011)03-0282-04

Susceptibility weighted imaging technology in the diagnosis of diffuse axonal injury JIA Qing, WANG Qi-hui, WANG Xiaoyang, et al. Department of Radiology, Ruian People's Hospital, Zhejiang 325200, P. R. China

【Abstract】 Objective: To study the diagnostic value of susceptibility weighted imaging sequence in diffuse axonal injury. **Methods:** 25 patients with diffuse axonal injury underwent TSE, FLAIR, DWI and SWI sequence simultaneously. The different kinds of images were compared and analyzed. **Results:** SWI in 18 cases (72%) showed clearly small abnormal intracerebral hemorrhage as low signal of spots, rounds or circles. Intracerebral hemorrhage also could be shown in 7 cases (28%) with TSE sequence, in 12 cases (48%) with FLAIR sequence and in 14 cases (56%) with DWI sequence. **Conclusion:** SWI sequences have higher sensibility than other sequences in diffuse axonal injury diagnosis.

【Key words】 Magnetic resonance imaging; Susceptibility weighted imaging; Diffuse axonal injury; Diffusion weighted imaging

脑弥漫性轴索损伤(diffuse axonal injury, DAI)是头颅外伤时位于不同层面的神经纤维承受大小不同的剪切力,而受轴向牵拉的神经纤维和小血管会发生断裂和分离,即DAI。DAI的临床表现缺乏特征性,影像学检查是临床诊断DAI的主要依据, MRI虽然不能直接显示神经轴索的损伤,但可显示DAI引起的脑内小出血灶、间质水肿等,可以通过间接征象来诊断。弥漫性轴索损伤尤其是针尖样大小的出血点很难在CT上识别,尽管MRI较CT分辨力和敏感度增高,但常规MRI对于微小出血灶和轻型DAI的诊断存在一定的假阴性。磁敏感成像(susceptibility-weighted imaging, SWI)是一种全新的三维磁共振成像序列,可充分显示组织之间内在的磁敏感特性的差异,能很好地显示常规MRI扫描不能显示的信息,目前主要应用于中枢神经系统^[1]。本文对25例临床怀疑DAI病例进行常规TSE序列、FLAIR序列和DWI序列与SWI序列的对照研究,探讨SWI序列对DAI的诊断价值。

材料与方法

1. 临床资料

搜集我院2009年6月~2010年5月25例临床可疑DAI患者的病例资料。临床上主要表现为原发性意识障碍,瞳孔改变,呼吸频率或节律改变,肢体肌力下降或去大脑强直等。CT显示为非功能区的脑挫裂伤或无明显异常改变。常规行T₁WI、T₂WI、FLAIR以及DWI检查,再行SWI扫描。25例中男18例,女7例,年龄14~75岁,平均38岁。车祸伤16例,坠落伤7例,其它2例。

2. 扫描设备及检查方法

采用Siemens Avanto 1.5T超导型MR扫描仪,标准相控阵头部线圈,软件版本Syngo MR B15。常规行TSE序列T₂WI(TR 4050 ms, TE 103 ms), T₁WI(TR 410 ms, TE 11 ms), FLAIR序列T₂WI(TR 11070 ms, TE 111 ms, TI 2500 ms)及SE序列EPI-DWI(TR 2900 ms, TE 89 ms, b值为1000 s/mm²)。SWI使用本机型自带扫描序列并适当优化,扫描定位同常规序列,扫描参数:TR 49 ms, TE 40 ms,视野23 cm×23 cm,矩阵320×320,翻转角20°,带宽80 kHz,相位编码方向一般选择左右方向,并行采集因子2.0,层厚2.0 mm,层间距0,扫描56层,总扫描时间约9 min。对不能配合患者检查前予以适量镇静剂。采集结束时可得到两组图像,即强度图像和相位图像。在工作站上进行数据的进一步处理,经过高通滤波、数据叠加及最小信号强度投影

作者单位: 325200 浙江, 瑞安市人民医院放射影像科
 作者简介: 贾庆(1969—), 男, 浙江瑞安人, 主管技师, 主要从事医学影像学技术工作。
 通讯作者: 彭文献, E-mail: pwx21cn@163.com
 基金项目: 瑞安市科技局资助课题(20094018)

(MinIP)等处理,形成最终的 SWI 图像。

3. 诊断标准

DAI 诊断标准:①受伤时头部处于运动状态,为旋转暴力所致;②所有患者伤后立即出现昏迷,为神经系统定位体征;③CT 显示无明显占位病灶或表现为脑肿胀,可伴蛛网膜下腔出血;④MRI 表现为脑肿胀,脑白质、胼胝体、基底节区、脑干及小脑可见斑点状出血灶(直径 <2 cm)。

4. 影像分析及统计学处理

所有图像均由本院影像科有丰富经验的两位医生进行分析,将 SWI 序列与常规 TSE、FLAIR 及 DWI 序列所显示的 DAI 病灶进行比较。使用统计学软件 SPSS 13.0,通过 χ^2 检验比较 SWI 与 TSE、FLAIR 及 DWI 序列在 DAI 病灶检出率之间存在的差异。

结果

TSE、FLAIR、DWI 和 SWI 序列检出 DAI 患者的例数、病灶的数目及检出率见表 1、2。

表 1 25 例患者 SWI、TSE、FLAIR 和 DWI 检出病灶数 (个)

序列	病灶数
SWI	184
TSE	39
FLAIR	56
DWI	63

表 2 SWI、TSE、FLAIR 和 DWI 对 DAI 患者检出率的比较

序列	阳性(例)	阴性(例)	检出率
SWI	18	7	72%
TSE	7	18	28%
FLAIR	12	13	48%
DWI	14	11	56%

注:SWI 与 TSE、FLAIR 和 DWI 组比较,经卡方检验, $P<0.01$ 。

25 例中有 18 例在 SWI 序列上显示为 DAI,表现为点状、条状、类圆形或环形低信号影,信号多均匀,边界清楚(图 1),病灶多位于两侧额、顶、枕叶白质与皮髓质交界区,其次位于胼胝体和基底节区,脑干及小脑少见,病灶直径 2~5 mm,病灶数目 3~16 个,其中大多数 DAI 患者检出病灶在 10 个以上。SWI 序列对 DAI 的检出率达 72%。

常规 TSE、FLAIR 和 DWI 序列分别检出 DAI 7 例、12 例和 14 例,三种序列显示的 DAI 病灶多位于胼胝体及基底节区,灰白质交界区少见,病灶直径为 3~4 mm 有 13 例, <3 mm 有 1 例,病灶数目均在 5 个以下,形态为类圆形、条片状或斑点状,边界较清晰, T_2 WI 上呈高信号,FLAIR 和 DWI 上呈更高信号,FLAIR 和 DWI 序列对病灶范围的显示较常规 TSE 序列更为清楚。

本组中 TSE、FLAIR 和 DWI 序列对 DAI 的检出率分别为 28%、48% 和 56%。SWI 序列显示 DAI 患

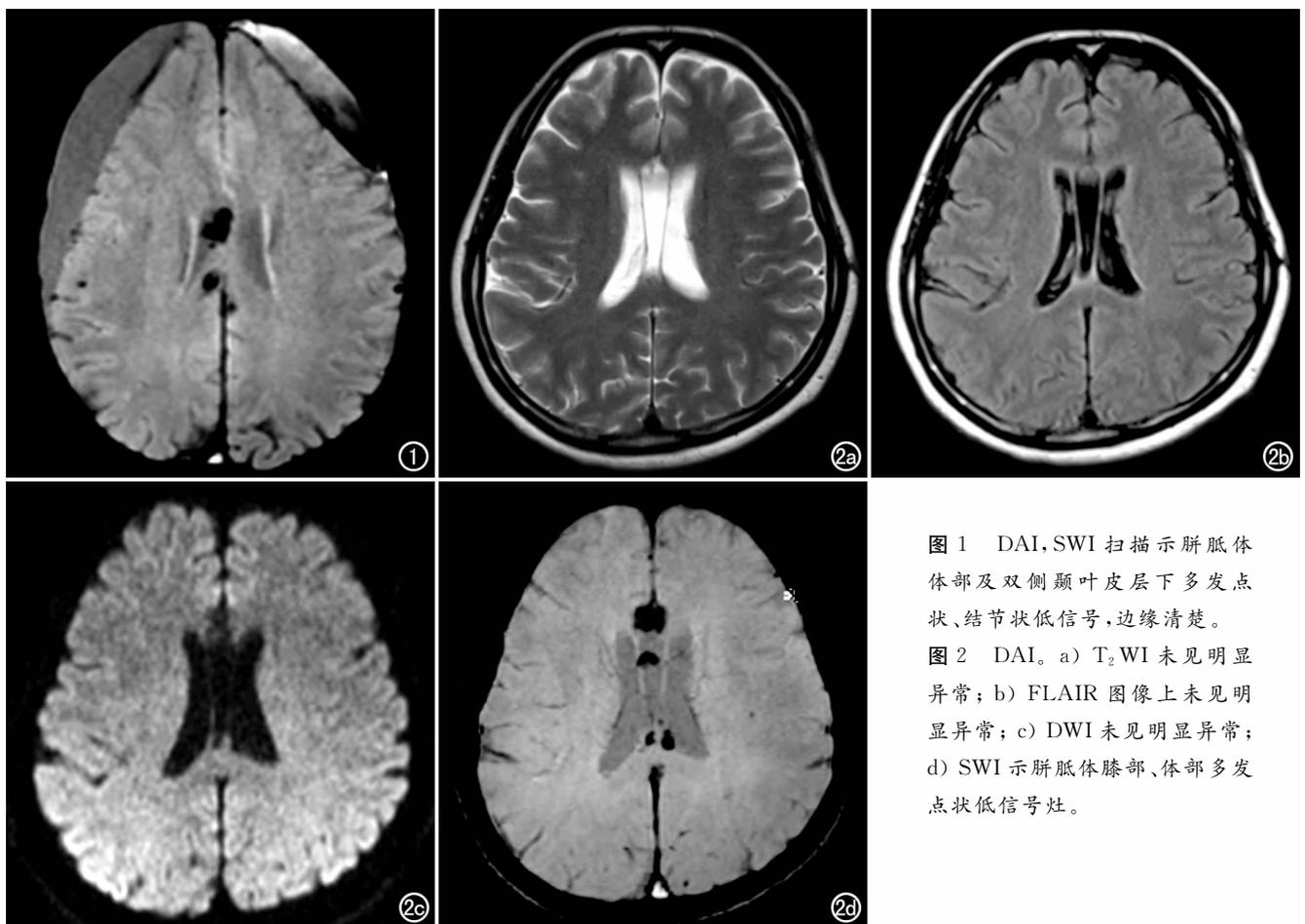


图 1 DAI, SWI 扫描示胼胝体膝部及双侧颞叶皮层下多发点状、结节状低信号,边缘清楚。

图 2 DAI。a) T_2 WI 未见明显异常; b) FLAIR 图像上未见明显异常; c) DWI 未见明显异常; d) SWI 示胼胝体膝部、体部多发点状低信号灶。

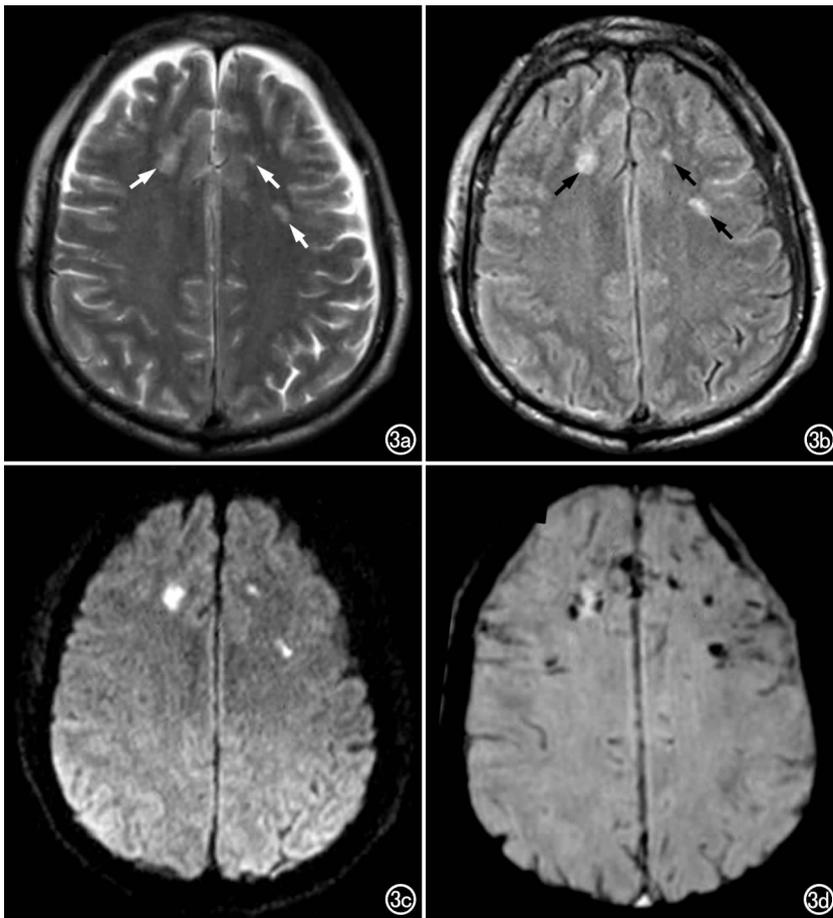


图3 DAI。a) T₂WI示双侧额叶3处点状高信号灶(箭); b) FLAIR扫描示双侧额叶3处点状高信号灶(箭); c) DWI示双侧额叶3个点状高信号灶; d) SWI扫描示双侧额叶多发斑点状低信号灶,显示病灶的数目明显多于其它序列。

者脑内小出血灶的敏感性明显高于 TSE、FLAIR 和 DWI 序列(图 2),其对 DAI 患者及病灶的检出具有明显优势(图 3),经 χ^2 检验差异有极显著性意义 ($P < 0.01$)。

讨论

1. SWI 的基本原理

SWI 采用三维采集(在三个方向施加流动补偿)高分辨力薄层重建的梯度回波序列,与传统的梯度回波采集技术不同,SWI 运用了分别采集强度数据(magnitude data)和相位数据(phase data)的方式,相位图经高通滤波校正后,背景场中低空间频率成分被去除,因此即使是小的解剖结构也可以有很好的对比度和分辨力,如小静脉、铁沉积增加的脑深部核团、甚至是白质纤维束等,同时灰、白质之间的对比度也得以增强。滤波后的相位图经处理产生相位蒙片,再与强度图多次加权叠加,辅以最小信号强度投影进行显示^[2],更加强组织间的磁敏感性的差异,形成最终的 SWI 图像。

SWI 提供了有别于常规 T₁WI、T₂WI 及扩散加权像的另一种对比度,这一特点使其能充分显示组织内在的磁敏感特性的差异。由于出血灶中含有血红蛋白代谢产物脱氧血红蛋白、细胞内正铁血蛋白和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,却足以使小出血灶与周围组织产生相位差异^[3],SWI 甚至可以检测到小于 1 个体素的血管^[4]。

2. DAI 的发生机制及病理改变

脑外伤尤其是车祸伤所致患者容易并发弥漫性轴索损伤,当头部在任何轴向突然旋转运动时,由于脑内各种组织质量不同,其运动的加速度及惯性也不同,又由于脑组织的不易屈性,以致突然的加速、减速运动或角加速运动、旋转运动等可使不同组织间产生相对移位,白质联合纤维发生剪应力损伤,组织学检查示轴索呈弥漫撕裂,轴浆外溢,在损伤后 12 小时至数天出现轴索回缩球^[5],轴索断裂处小血管可发生断裂,造成小灶性出血。DAI 好发部位为轴索聚集区如灰白质交界、胼胝体、脑干背外侧、小脑上角以及内囊等处。DAI 越严重,损伤越趋于脑深部或中线结构,临床上患者轻者出现脑震荡,重者则出现严重昏迷,

呈植物人状态。

3. SWI 在 DAI 中的诊断价值

在因脑外伤死亡的患者中 DAI 占 29%~43%,入院明确诊断为 DAI 的患者中病死率约达 50%^[6]。临床诊断 DAI 往往依赖于临床症状,如长时间的昏迷或意识障碍,但缺乏特征性表现。随着影像技术的不断发展,影像学检查是脑外伤患者临床诊断的主要依据,尽管大多数弥漫性轴索损伤病理表现为非出血性的病灶,斑点状的出血被认为是由邻近的小血管损伤引起,但是常规的影像学检查常常难以发现较弥漫的变化,出血仍是影像学上的诊断标准。出血灶往往预示着此区域存在胶质增生或组织坏死,有研究表明合并明显出血的 DAI 患者较无明显出血的 DAI 患者预后更差^[7],因此明确有无出血灶及其受累部位对预测患者的预后很有帮助。

出血后大量的顺磁性血红蛋白代谢产物沉积,血红蛋白是氧气的载体,每个血红蛋白含有 4 个亚单位,每个亚单位含有一个 Fe²⁺;如果 Fe²⁺ 与氧气结合,即形成血红蛋白时,则 Fe²⁺ 没有不成对电子,则表现为

抗磁性;氧与 Fe^{2+} 分离后,形成脱氧血红蛋白,则 Fe^{2+} 有 4 个不成对电子,为顺磁性物质,会引起局部磁场不均匀,这些物质因快速自旋失相位而导致局部信号丢失。SWI 作为一种可以反映组织磁化属性的新的对比度增强技术,利用组织磁化属性与邻近的背景组织明显不同,在加上 SWI 具有高空间分辨力的特点,因此即使是微量的出血灶也能被 SWI 序列敏感地检测出来。

本组 25 例临床可疑 DAI 病例,头颅 CT 检查显示非功能区的脑挫裂伤或无明显异常改变,而常规 TSE、FLAIR 和 DWI 序列分别检出 DAI 7 例、12 例和 14 例,表现为脑胼胝体区、基底节区和灰白质交界区不同程度的损伤,而 SWI 序列可清楚显示脑灰白质交界、胼胝体、脑干背外侧、小脑上角和内囊等处异常出血灶 18 例,病灶的检出数量更是远远高于前 3 者。而且 SWI 图像的对比噪声比高于常规 MRI 和 EPI-DWI 序列。张琳等^[8]也发现 SWI 序列对于脑微出血灶的检出率明显高于常规序列。SWI 不仅能清楚地显示出血部位、出血灶的数目及大小,同时还能显示深部脑血管结构,直接提示脑损伤的部位。Ashwal 等^[9]报道病灶的数目和受累部位与患者的预后密切相关。由于 SWI 对出血性 DAI 病灶非常敏感,因此可以更客观、更准确地评价急性脑外伤的严重程度,其显示的出血范围也可为对疾病预后的预测提供更多信息。

SWI 扫描技术中的参数调节时,注意矩阵和扫描野的联动关系,尽可能保持图像像素的各向同性(recon voxel size)。层厚及范围的选择首先考虑空间分辨力外,外伤所致的患者应注意扫描,因此在层厚、层数及采集时间上需要具体做权衡选择(可选择 2~3 mm 层厚)。

目前,SWI 技术的突出缺点:其一是成像时间较长,容易出现运动伪影,对患者的配合要求较高,随着并行采集技术的应用,扫描时间已大大缩短,而且不影响图像的信噪比;其二是出血灶与颅内磁敏感性伪影的鉴别^[10],尤其是颅底骨气界面及颅顶骨处所造成磁敏感性伪影;另外 SWI 的高空间分辨力,可能造成对出血灶的过高估计。

SWI 在临床应用中具有巨大潜力,但其采集速度及处理技术尚需进一步改进,由于 SWI 为场强依赖性技术,外加静磁场越高的磁共振成像设备,理论上 SWI 的信噪比和分辨力越好。目前临床上 SWI 只能在 1.5T 及其以上场强的磁共振成像设备上实现,且需要有特殊的软件支持,包括序列的设计和后期处理软件。随着更高场强 MRI 设备的应用以及图像后期处理软件的提高,SWI 可为 DAI 患者的临床诊断、治疗和预后判断提供更为可靠的影像学依据。

参考文献:

- [1] 杨正汗,冯蓬,王霄英,等. 磁敏感加权成像技术及其临床应用[M]. 磁敏感成像技术指南. 北京:人民军医出版社,2007. 327-332.
- [2] Haache EM, Xu Y, Cheng YC, et al. Susceptibility weighted imaging[J]. Magn Reson Med, 2004, 52(3): 612-618.
- [3] 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.
- [4] 刘亚欧,李坤成,杨延辉,等. 磁敏感加权成像在颅内肿瘤成像的初步应用[J]. 医学影像学杂志, 2008, 18(1): 4-7.
- [5] Hermier M, Nighoghossian N. Contribution of susceptibility weighted imaging to acute stroke assessment[J]. Stroke, 2004, 35(8): 1989-1994.
- [6] 陆峥,赵继宗. 弥漫性轴索损伤研究的历史与现状[J]. 首都医科大学学报, 2001, 22(3): 370.
- [7] Paterakis K, Karantanas AH, Komnos A, et al. Outcome of patients with diffuse axonal injury: the significance and prognostic value of MRI in the acute phase[J]. J Trauma, 2000, 49(6): 1071-1075.
- [8] 张琳,漆剑频,朱文珍,等. 磁敏感成像在脑微出血诊断中的应用价值[J]. 放射学实践, 2009, 24(1): 19-22.
- [9] 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 (Review) [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2006, 87(12 Suppl 2): S50-S58.
- [10] 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(2): 332-339.

(收稿日期:2010-07-28 修回日期:2010-11-30)