

论著

DTI成像技术在脊髓震荡损伤中的应用价值

广州医科大学附属乐从医院放射科
(广东 佛山 528315)

陈惠恩 孙井松 蔡厚洪
梁斌 钟永青 陈慧红
叶秋萍 汪海波

【摘要】目的 探讨弥散张量成像(DTI)在脊髓震荡损伤中的应用价值。方法 收集脊髓震荡损伤17例作为研究组(A组), 32例非脊髓震荡损伤的脊髓损伤病例作为对照组(B组); 选取与A、B组年龄、部位相匹配的49例健康志愿者作为对照组(C组)。所有病例行MR平扫和DTI扫描, 测量A组和B组脊髓损伤节段平均FA值和平均ADC值, 测量C组(与前2组相同节段脊髓)平均FA值和平均ADC值, 并分析A组与C组、A组与B组组间差异。结果 B组平均ADC值为 $(1301.35 \pm 221.15) \times 10^{-6} \text{mm}^2/\text{s}$, 平均FA值为 $(377.12 \pm 67.31) \times 10^{-3}$; C组平均ADC值为 $(827.63 \pm 218.54) \times 10^{-6} \text{mm}^2/\text{s}$, 平均FA值为 $(540.03 \pm 38.14) \times 10^{-3}$ 。A组平均ADC值 $(1103.25 \pm 49.65) \times 10^{-6} \text{mm}^2/\text{s}$, 较C组升高, 有统计学意义($P < 0.05$), 较B组降低($P < 0.05$), 有统计学意义; A组平均FA值 $(423.53 \pm 58.42) \times 10^{-3}$, 较C组下降, 有统计学意义($P < 0.01$), 较B组升高, 有统计学意义($P < 0.05$)。结论 DTI对脊髓震荡损伤有较高的敏感性, 对脊髓损伤的分级诊断有重要意义。

【关键词】脊髓震荡; 弥散张量成像; ADC值; FA值

【中图分类号】R651.2

【文献标识码】A

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2016.10.010

通讯作者: 孙井松

Application Value of Diffusion Tensor Imaging In Spinal Cord Concussion Injury

CHEN Hui-en, SUN Jing-song, CAI Hou-hong, et al., Department of Radiology, Affiliated Lecong Hospital of Guangzhou Medical University, Foshan 528315, Guangdong Province, China

[Abstract] **Objective** To investigate the application values of DTI in spinal cord concussion injury(SCC). **Methods** Routine MR scan and DTI were accomplished in 17 cases of SCC, study group A, and 32 cases of spinal cord injury without SCC, control group B, and also in 49 cases of healthy volunteers occupied same ages and spinal cord segments with group A and B, normal control group C. Average FA values and ADC values at the injury segments of group A and B, and also at the same segments with group A and B in group C were calculated. The Average differences of FA values and ADC values between group A and B, and also between group A and group C were analyzed. **Results** The significantly statistical difference of increased average ADC value $(1103.25 \pm 49.65) \times 10^{-6} \text{mm}^2/\text{s}$ and decreased average FA value $(423.53 \pm 58.42) \times 10^{-3}$ in group A than average ADC value $(827.63 \pm 218.54) \times 10^{-6} \text{mm}^2/\text{s}$ and average FA value $(540.03 \pm 38.14) \times 10^{-3}$ in group C were found. The significantly statistical difference of decreased average ADC value and increased FA value in group A compared with the average ADC value $(1301.35 \pm 221.15) \times 10^{-6} \text{mm}^2/\text{s}$ and average FA value $(377.12 \pm 67.31) \times 10^{-3}$ in group B existed. **Conclusion** DTI is highly sensitive to SCC and possess important significance in grading diagnosis of spinal cord injury.

[Key words] Spinal Cord Concussion; Diffusion Tensor Imaging; Application Diffusion Coefficient Value; Fractional Anisotropy Value

脊髓震荡(spinal cord concussion, SCC)是闭合性脊髓损伤后造成的最轻的原发性脊髓损伤, 具有短暂性的脊髓功能障碍^[1]。以往物理检查难以找到脊髓实质性损伤的证据, 临床多凭经验进行治疗和判断预后, 具有盲目性。近年来, 弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)在脊髓损伤中的应用是研究的热点, 能对颈髓损伤的早期改变进行定量分析^[2-3], 并可作为脊髓损伤后运动功能恢复的指标^[4]。但DTI在SCC损伤中的应用尚未见报导, 本研究通过回顾性分析, 探讨DTI成像技术在脊髓震荡损伤中的应用价值, 旨在为临床制订治疗方案及判断预后提供客观依据。

1 材料与方法

1.1 临床资料 选择2014年8月~2016年2月间49例脊髓外伤病例, 其中SCC损伤17例作为研究组(A组), 32例非SCC损伤的脊髓损伤病例作为对照组(B组)。A组和B组中男性31例, 女18例, 年龄16岁~56岁, 平均年龄38.2岁。A组纳入标准: (1)脊髓外伤3天内, 同时完成了脊髓MR平扫及DTI扫描的病例; (2)具备Zwimpfer^[5]提出的SCC的三条诊断依据: ①脊柱外伤后立即出现神经系统的功能障碍; ②神经系统功能障碍与脊髓损伤平面相符合; ③神经系统功能障碍在伤后72h内完全恢复。

选取既往无脊髓疾病, 年龄、部位与A组B组相匹配的49例健康志愿者作为正常对照组(C组), 检查前均签署知情同意书。

1.2 检查方法 使用GE HDxt 1.5T磁共振仪, 4通道脊柱相控阵

线圈。常规扫描矢状位T1WI和T2WI、横轴位T2*WI序列；DTI扫描扩散方向15, $b=0$ 、 600s/mm^2 , 激励次数4。A组、B组、C组MR采集部位, 见表1。

1.3 DTI数据处理 将原始扫描数据导入GE ADW4.6工作站, 应用Funetool软件进行后处理, 获得ADC图和FA图, 重建出脊髓白质纤维束图(DTT)。以常规矢状位T2WI图像作为参考, ROI大小取 $20\sim25\text{mm}^2$, 每个感兴趣区测量3次, 得到相应的平均ADC值和平均FA值。

1.4 统计学方法 采用SPSS16.0统计学软件对各组数值进行统计学处理, 按 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 常规MR表现

2.1.1 A组: 17例中椎体或附件骨折3例, 其中合并椎管狭窄1例, 合并有脊髓增粗2例; 本组T2WI高信号3例, 含骨折中脊髓增粗的2例, 含T2*WI混杂出血信号1例; T1WI稍低信号1例(本例同时T2WI为高信号)。A组常规MR对脊髓损伤阳性显示率为 $3/17(17.6\%)$ 。

2.1.2 B组: 32例中椎体或附件骨折21例, 其中合并椎管狭窄8例, 合并脊髓增粗13例, 合并脊髓离断1例, 合并脊髓变细1例; 本组T2WI高信号24例, 含椎体骨折中的脊髓增粗13例, 合并有T2*WI混杂出血信号11例; 本组中T1WI显示为低信号17例, 其中15例T2WI同时显示为高信号; T1WI混杂信号2例, T2*WI同时显示为混杂出血信号, T1WI稍高信号1例; B组常规MR对脊髓损伤阳性显示率为 $26/32$, (81.2%)。

2.1.3 C组: MRI显示脊髓、

椎体形态及信号未见异常。

2.2 DTI结果

2.2.1 各组间平均ADC值与平均FA值统计结果见表2。A组与B组比较平均ADC值降低($P<0.05$), 有统计学意义; A组与B组比较平均FA值升高($P<0.05$), 有统计学意义; A组与C组比较平均ADC值升高($P<0.01$), 有统计学意义; A组与C组比较平均FA值降低($P<0.01$), 有统计学意义。

2.2.2 C组中29段颈髓平均ADC值为 $(827.63\pm209.35)\times10^{-6}\text{mm}^2/\text{s}$, 平均FA值为 $(540.03\pm34.78)\times10^{-3}$, 13段胸髓平均ADC值为 $(827.63\pm214.63)\times10^{-6}\text{mm}^2/\text{s}$, 平均FA值为 $(540.03\pm29.52)\times10^{-3}$, 7段腰髓平均ADC值为 $(827.63\pm221.43)\times10^{-6}\text{mm}^2/\text{s}$, 平均FA值为 $(540.03\pm27.61)\times10^{-3}$ 。颈段、胸段及腰段间比较: 平均ADC值($P>0.05$)、平均FA值($P>0.05$), 差异均无统计学意义, 这也是本研究把颈髓、胸髓、腰髓损伤合并统计研究的基础之一。

2.3 彩色编码图表现

2.3.1 C组: 如(图1-4)标注。

2.3.2 A组: 脊髓损伤平面FA图示脊髓红色信号内斑片状黄色信号, ADC图蓝色信号内夹杂斑片状浅绿色信号, 2例DTT图显示脊髓束局部扭曲(图5-9)。

表1 各组损伤采集部位列表(例)

扫描部位	研究组(A组)	对比组(B组)	对比组(C组)
颈髓	10	19	29
胸髓	5	8	13
腰髓	2	5	7

表2 A组、B组、C组平均ADC值、平均FA值($\bar{x}\pm s$)

参数	A组	B组	C组
ADC值($\times 10^{-6}\text{mm}^2/\text{s}$)	1103.25 ± 49.65	1301.35 ± 221.15	827.63 ± 218.54
FA值($\times 10^{-3}$)	423.53 ± 58.42	377.12 ± 67.31	540.03 ± 38.14

2.3.3 B组: 脊髓损伤平面FA图显示混杂信号, ADC图混杂信号, DTT图脊髓纤维稀疏18例, 纤维束折曲12例, 脊髓纤维束完全中断1例(图10-13)。

3 讨 论

3.1 脊髓震荡伤的病理改变 SCC的概念最早由Obersteiner于1879年提出, 系指脊髓损伤后发生的一种可逆性功能紊乱。有人曾提出“神经元分子紊乱”学说, 也有人认为SCC伤可能是间接暴力所导致的一种脊髓功能紊乱^[5]。目前认为SCC是脊髓功能暂时处于生理停滞状态, 系脊髓的功能性损害^[6], 脊髓没有明显的病理学改变。Del Bigio^[7]报告脊髓震荡的发生率是3.7%, 是暂时的脊髓功能紊乱。A组中3例脊髓显示T2WI高信号灶, 2例三个月后复查T2WI未见阳性征象(图9), 考虑T2WI高信号代表脊髓水肿, 并没有组织细胞的崩解。

3.2 DTI的原理 DTI是由扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)技术改进和发展而来的一项技术, FA值被广泛用于检测纤维束的完整性, 范围是0~1(从完全各向同性到完全各向异性), 数值越大代表水分子弥散的方向性越强^[8], ADC值代表弥散的强度。有学者^[9-10]研究发现, b值的选取对于DTI成像及各项参数的测量十分重要, 当b值=600s/

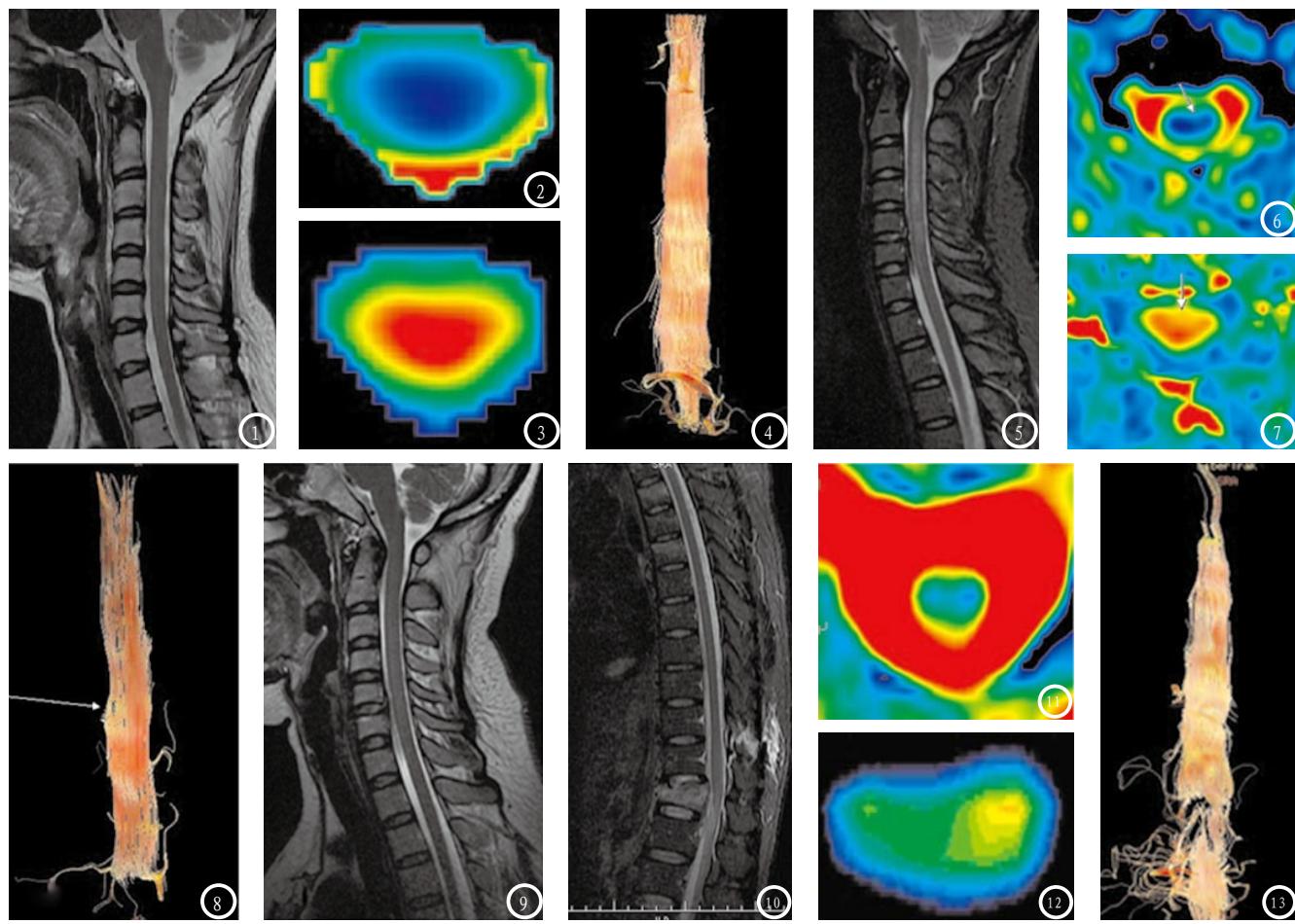


图1-4 C组：脊髓形态及信号正常（图1）；ADC图显示脊髓呈浅蓝色信号，脑脊液呈浅绿色（图2）；FA图脊髓呈红色信号，脑脊液呈浅黄色信号（图3）；正常脊髓DTT图显示脊髓束连续（图4）。**图5-9** 挥鞭伤后3小时MR检查：T2WI示C2-5水平髓内斑片状高信号（图5）；损伤段ADC图示蓝色信号内夹杂斑片状浅绿色信号（图6），相应FA图为红色信号内斑片状黄色信号（图7）；DTT图（图8）见局部纤维束离散（白箭头）；三个月后MR复查脊髓内未见异常信号（图9）。**图10-13** 车祸伤后6小时常规MR检查：T2WI示脊髓内片状稍高信号，T12椎体轻度压缩骨折（图10）；ADC图（图11）和FA图（图12）均显示脊髓内斑片状异常信号灶；DTT图（图13）局部纤维束中断，扭曲，离散。

mm²时脊髓图像显示最佳，本研究中也借鉴这一结论，采用b=600s/mm²，并且重建出DTT图。纤维束重建与FA阈值设定和纤维束压迫角度阈值有关，本研究FA阈值是0.2，角度阈值是30，可以准确地显示纤维束的走行状态，当低于阈值后，纤维束显示不完整，但并不代表纤维束真的断裂，这与Xiangshui^[11]的结论相符，表明DTT技术也存在一定的局限性。

3.3 常规MRI与DTI对比分析 常规MRI扫描检出SCC损伤的敏感性很低，并且容易低估了脊髓损伤的程度^[12]，不能准确评估脊髓的功能状态。A组中常规MR脊髓损伤阳性表现为3例，敏感性仅为17.6%，而DTI显示SCC损伤为16例，敏感性达94.1%，B组中DTI显

示脊髓损伤全部为阳性。中外学者^[13-16]的大量临床研究表明DTI在诊断脊髓病变微结构变化中具有重要作用。本研究显示A组与C组比较，平均ADC值升高（P<0.01），平均FA值降低（P<0.01），均有统计学意义，这与有些学者^[17]提出的“DTI显示脊髓病变微观结构早期改变的敏感度高于常规MRI图像”的结论一致。

3.4 ADC值及FA值在脊髓损伤中应用 A组与B组比较，平均ADC值降低（P<0.05），平均FA值升高（P<0.05），差异均有统计学意义；脊髓损伤较重的病例中FA值降低更加显著，说明纤维束破坏的更重，纤维束完整性更低，并且这部分病例临床症状也更重，预后也更差，这提示FA值对判断

纤维束的完整性有重要作用，对脊髓损伤的分级诊断及预后判断有重要意义。本研究因为B组样本数较少的原因，没有把B组内不同脊髓损伤程度的ADC值及FA值差异性统计出来，这部分将在后续的研究中加以探讨。

近年来不少国内外学者将DWI技术和DTI技术应用于脊髓损伤动物模型和临床研究中，王霄英等^[18]通过动物实验证明ADC值和FA值与脊髓损伤和修复过程的病理学改变具有较好的相关性。表明DTI是一种准确评价脊髓病变的有效手段，对于监测脊髓病理改变、评价预后、监控病情进展有着积极的意义。

（下转第 54 页）