

# 磁共振扩散张量成像对T2WI无异常信号 颈髓损伤的诊断价值

宋春瑶 丁建平 李跃兴 王子荣

**[摘要]** 目的 探讨磁共振扩散张量成像(DTI)对T2WI无异常信号颈髓损伤的诊断价值。方法 通过测量17例轻微颈髓损伤患者(病例组)和20例正常颈髓患者(对照组)的表观扩散系数和各向异性值,观察颈髓损伤的表现扩散系数(ADC)图、部分各向异性(FA)图和纤维束的特征表现,分析比较两组颈髓的ADC值、FA值,并绘制受试者工作曲线(ROC)确定诊断颈髓轻微损伤的ADC和FA的阈值。结果 对照组不同节段颈髓的ADC值和FA值进行比较,差异均无统计学意义( $F$ 分别=0.44、0.85,  $P$ 均>0.05)。病例组的ADC图呈黄绿信号,FA图呈黄绿信号,颈髓损伤纤维束损伤区表现为局部纤维束略受压改变、颜色略变浅。病例组ADC值高于对照组,FA值低于对照组( $t$ 分别=-10.22、7.47,  $P$ 均<0.05)。绘制ROC曲线得出当ADC=1.12×10<sup>-3</sup>mm<sup>2</sup>/s和FA=0.64作为颈髓损伤的诊断阈值时,诊断效能最高。结论 DTI可以定量分析颈髓损伤,反映损伤脊髓的微观改变及直观显示脊髓纤维损伤情况,对早期诊断、治疗具有重要临床价值。

**[关键词]** 扩散张量成像; 颈髓损伤; 纤维束追踪技术

**Diagnostic value of magnetic resonance diffusion tensor imaging on cervical spinal cord injury without abnormal signals in T2WI** SONG Chunyao, DING Jianping, LI Yuexing, et al. Department of Radiology, Affiliated Hospital of Hangzhou Normal University, Hangzhou 310015, China

**[Abstract]** **Objective** To discuss the diagnostic value of magnetic resonance diffusion tensor imaging (DTI) on the diagnosis of cervical spinal cord injury without abnormal signals in T2WI. **Methods** Apparent diffusion coefficient values and anisotropy values of 17 patients with minor cervical spinal cord injury (case group) and 20 normal cervical spinal cord (control group) were measured. The characteristics of the ADC, FA map and fiber bundle in cervical spinal cord injury were observed. The ADC values and FA values of the two groups were compared by statistical analysis, and draw the receiver operating curve (ROC) was used to determine the diagnostic threshold of ADC and FA in minor cervical spinal cord injury. **Results** In the control group, there was no significant difference in ADC value and FA value between different segments of cervical spinal cord ( $F=0.44, 0.85, P>0.05$ ). In the case group, the ADC map showed yellow-green signal, the FA map signal showed yellow-green signal, the fiber bundle injury area of cervical cord injury showed local fiber bundle compression slightly and slightly shallow color. In the case group, the ADC value was significantly higher than the control group ( $t=-10.22, P<0.05$ ), while the FA value was significantly lower than the control group ( $t=7.47, P<0.05$ ). The ROC curve showed that when ADC was 1.12×10<sup>-3</sup>mm<sup>2</sup>/s and FA was 0.64, the diagnostic efficacy was the highest. **Conclusion** DTI can quantitatively analyze the cervical spinal cord injury, reflect the microscopic changes of spinal cord injury and visually display spinal cord fiber injury. It has important clinical value for early diagnosis and treatment.

**[Key words]** diffusion tensor imaging; cervical spinal cord injury; fiber tracking technology

DOI: 10.13558/j.cnki.issn1672-3686.2017.01.006

基金项目: 杭州市卫生科技计划一般项目(2013A24)

作者单位: 310015 浙江杭州, 杭州师范大学附属医院放射科

外伤性脊髓损伤数量正逐年增加,颈髓损伤是较常见的损伤部位<sup>[1]</sup>。颈髓损伤的临床表现各异,早期诊断和损伤程度的评估存在一定难度<sup>[2]</sup>。磁共振成像可清楚地显示脊髓形态和信号的改变,是诊断

脊髓器质性损伤的首选检查方法,但常规磁共振成像检查对脊髓震荡等功能性损伤或轻度器质性损伤无法准确诊断<sup>[3]</sup>。磁共振扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)所提供的表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值和部分各向异性(fractional anisotropy, FA)值对颈髓损伤敏感性高,且可定量分析颈髓损伤程度,从而可检测出常规磁共振成像上尚无异常信号的轻微颈髓损伤<sup>[4]</sup>。本次研究通过分析研究T2WI无异常信号颈髓损伤的脊髓的ADC值和FA值,旨在探讨其对轻微颈髓损伤的早期诊断价值。现报道如下。

### 1 资料与方法

1.1 一般资料 选择2014年6月至2016年6月杭州师范大学附属医院收治的外伤性颈髓损伤患者17例为病例组,其中男性11例、女性6例;年龄24~59岁,平均年龄(40.29 ± 11.63)岁。均具有颈部外伤病史。经症状、体征及包括感觉平面、运动、肌张力反射、括约肌和自主神经功能等神经功能检查被诊断为外伤性颈髓损伤,并按ASIA标准评价颈髓损伤程度,同时行常规MR检查颈髓未见异常信号。排除因其它疾病引起的颈髓病变患者。同期从社会人群中选取年龄、性别与病例组匹配的无颈部外伤的志愿者20例为对照组,其中男性13例、女性7例,年龄19~66岁,平均年龄(37.75 ± 16.04)岁。对照组人群主诉无身体不适,无颈髓外伤病史及颈髓其它相关疾病,颈椎MRI检查正常,神经功能检查正常。两组性别及年龄比较,差异均无统计学意义( $P$ 均>0.05)。

1.2 方法 采用3.0T MR扫描仪(由美国GE公司生产)。常规MRI矢状位T1WI和T2WI、矢状位T2抑脂序列。DTI取轴位扫描,范围延髓下方至颈7椎体下缘,FOV 200 mm,TE 75 ms,TR 7 000 ms,层厚为3 mm,层间距为0,采集矩阵为256 × 256, b值600 s/mm<sup>2</sup>,扩散敏感梯度取20个不同方向。采用GE工作站软件对DTI进行后处理。用correct程序对DTI原始数据校正,以减少图像变形。获得所有参与者的ADC图和FA图后,根据T2WI、T1WI和b = 0弥散图像确定损伤区域,在ADC和FA图上将感兴趣区尽量放在损伤中心位置测量ADC值和FA值,获得ADC图和FA图,红色代表ADC、FA值最大区域,蓝色代表ADC、FA值最小区域。在ADC彩图中,正常颈髓为较均匀蓝色,脑脊液为较高呈红色;在FA彩图中,正常颈髓呈深红色信号,脑脊液呈蓝色信号。并对所有受检者行

颈髓纤维束重建。由两位有经验的MRI诊断专家共同对影像质量做出评价。

1.3 统计学方法 采用SPSS 17.0统计学软件。计量数据以均数 ± 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,采用F检验和独立样本t检验。设 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

### 2 结果

2.1 对照组20例志愿者通过DTI检查获得不同椎间盘水平颈髓节段的ADC值和FA值,不同节段颈髓的ADC值和FA值进行比较,差异均无统计学意义( $F$ 分别=0.44、0.85,  $P$ 均>0.05)。

2.2 病例组颈5/6椎间盘水平颈髓ADC图、FA图和纤维束的特征表现见封三图3

由封三图3可见,病例组ADC图呈黄绿信号,局部脑脊液信号消失。FA图呈黄绿信号,颈髓中央正常红色信号变浅、呈小片状黄色异常信号,脊髓前方脑脊液信号消失。颈髓纤维束成像图中箭头所指纤维束略受压改变,局部纤维颜色略变浅。

2.3 病例组与对照组颈髓的ADC值与FA值比较见表1

表1 病例组与对照组颈髓的ADC值与FA值比较

组别	ADC/ × 10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s	FA
病例组	1.46 ± 0.29*	0.56 ± 0.06*
对照组	0.96 ± 0.10	0.70 ± 0.03

注: \*: 与对照组比较,  $P < 0.05$ 。

由表1可见,病例组ADC值高于对照组,FA值低于对照组差异有统计学意义( $t$ 分别=-10.22、7.47,  $P$ 均<0.05)。

2.4 ADC值和FA值的ROC曲线见图1、2

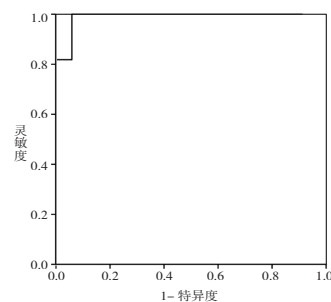


图2 ADC的ROC曲线图

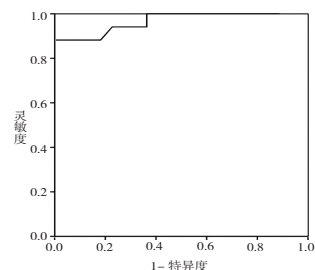


图3 FA的ROC曲线图

由图1、2计算可得,ADC的AUC为0.97,FA的AUC为0.99。当 $ADC=1.12 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 作为颈髓损伤诊断阈值时准确性最高,如果颈髓ADC值大于 $1.12 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 提示颈髓损伤;当 $FA=0.64$ 作为阈值时诊断颈髓损伤的诊断准确性最高,如果颈髓FA值小于0.64提示颈髓损伤。

### 3 讨论

临床上一般将脊髓损伤分为脊髓震荡、脊髓挫伤和脊髓压迫三种类型,脊髓震荡表现为一过性的神经传导功能中断,脊髓无实质性的病理变化,一般常规的MRI无异常信号,常规MRI仅能检测颈髓器质性损伤,只有当损伤脊髓内组织含水量到一定程度或发生血肿常规MRI才会出现异常信号<sup>[5]</sup>。DTI可以观察脊髓微观的病理生理变化,是唯一可以活体显示神经纤维损伤情况的检查方法,其中FA值是早期脊髓微细结构改变敏感指标<sup>[6]</sup>。

当颈髓轻微损伤时,脊髓损伤后的病理生理改变是一个连续、复杂的过程。脊髓损伤数小时后先发生细胞膜钠泵功能丧失,从而细胞内含水量增加、细胞水肿,水分子扩散运动减慢;随着脊髓持续缺血缺氧,导致脊髓白质神经纤维损伤,细胞外水分子含量增加<sup>[7]</sup>。ADC图可反映组织中水分子的运动情况,从而反映组织的活性,随着颈髓损伤的进展,ADC值先减低,使平行于脊髓长轴的水分子扩散阻碍增加即FA值增高;当细胞内水分子扩散至细胞外时,垂直于脊髓长轴的水分子扩散障碍减少,水分子扩散能力相对增强,则ADC值回升,扩散的各向异性减弱,FA值变小<sup>[8]</sup>。随着神经纤维损伤的过程,神经纤维示踪术表现为纤维束局部颜色变淡。不完全性损伤的神经纤维是具有恢复能力的,其恢复情况主要取决于诊断、正确治疗的时机,如果处理不当或延误治疗最佳时机将造成不可逆性损伤,故此,DTI对脊髓损伤早期损伤程度诊断具有重要的临床价值<sup>[6]</sup>。

本次研究发现对照组不同节段颈髓的ADC值和FA值无差异( $P>0.05$ ),说明不同部位并不影响ADC和FA值,可更好地通过对比损伤节段的颈髓和正常颈髓的ADC和FA值差异。本次研究中颈髓损伤部位的ADC值大于对照组的ADC值( $P<0.05$ ),呈现黄绿色高信号,而FA值小于对照组( $P<0.05$ )出现黄绿色减低信号,从而较好地反映颈髓的纤维损伤,相对常规MRI对颈髓的早期诊断更加

敏感,与既往研究结果基本一致<sup>[9]</sup>。颈髓纤维损伤部分略呈受压改变、颜色略变浅。经过绘制ROC曲线发现,ADC和FA的曲线下面积都很接近1,说明两者诊断价值佳,诊断准确性高,其中FA值的ROC曲线下面积更大一点,说明FA值诊断价值更优;当 $ADC>1.12 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ , $FA<0.64$ 时对诊断颈髓损伤的准确性最高。

总之,DTI可反映颈髓损伤的病理生理变化过程,通过ADC值和FA值既可量化分析颈髓损伤情况,还可直观显示损伤脊髓的神经纤维改变情况,对临床治疗提供客观依据具有重要的价值。但是,本次研究的病例组的样本量过少,降低了结果的可靠性,有待今后进一步扩大样本量研究论证。

### 参考文献

- 1 李旭,秦东京,曹新山.磁共振弥散张量成像在无骨折脱位型颈脊髓损伤的临床应用研究[J].医学影像学,2012,22(11):1829-1832.
- 2 林锐.104例脊柱外伤患者临床诊治体会[J].医学理论与实践,2012,25(11):1334-1335.
- 3 Boldin C, Raith J, Fankhauser F, et al. Predicting neurologic recovery in cervical spinal cord injury with postoperative MR imaging[J].Spine,2006,3(5):554-559.
- 4 Rajasekaran S, Kanna RM, Shetty AP, et al.Efficacy of diffusion tensor anisotropy indices and tractography in assessing the extent of severity of spinal cord injury: an in vitro analytical study in calf spinal cords[J].Spine J,2012,12(12):1147-1153.
- 5 Amdt C, Graessner J, Cramer MC, et al.Functional imaging of submandibular glands: diffusion-weighted echo-planar MRI before and after stimulation[J].Rofo,2006,178(9):893-897.
- 6 刘艳辉,高阳,朱广明.急性颈髓外伤的DTI临床应用[J].放射学实践,2015,30(8):826-830.
- 7 Stroman PW, Wheeler-Kingshott C. The current state-of-the-art of spinal cord imaging[J].Methods Neuroimage,2014,1(84):1070-1081.
- 8 赵鹏,陈学明,刘亚东.无骨折脱位型脊髓损伤患者颈髓的弥散张量成像[J].中国康复理论与实践,2015,21(7):838-840.
- 9 陈昕.脊髓损伤的弥散张量成像研究进展[J].中国医学影像技术,2011,27(10):2149-2152.

(收稿日期 2016-11-25)

(本文编辑 蔡华波)