

MR 扩散张量成像表观扩散系数和各向异性分数 对不同病程颈脊髓压迫症的诊断价值

王 倩¹, 马贺骥², 谭 威², 伍建林³

(1 天津医科大学研究生院 300070 天津市; 2 辽宁医学院附属第一医院放射科 121000 辽宁省锦州市;

3 大连大学附属中山医院放射科 116001 辽宁省大连市)

【摘要】目的:探讨 MR 扩散张量成像(MR-diffusion tensor imaging, MR-DTI)表观扩散系数(ADC)和各向异性分数(FA)对不同病程颈脊髓压迫症的诊断价值。**方法:**2010 年 1 月~2011 年 6 月经 MRI 常规检查诊断为颈脊髓压迫症的患者 50 例,其中急性颈脊髓压迫患者 15 例(A 组),均为外伤患者,在伤后 72h 内接受 MRI 检查;慢性颈脊髓压迫 23 例(B 组),均为脊髓型颈椎病患者,病程超过 6 个月;慢性合并急性颈脊髓压迫 12 例(C 组),均有超过 6 个月的脊髓型颈椎病病史,且本次 MRI 检查前 72h 内受到颈部外伤累及颈髓。15 例健康志愿者为对照组(D 组),MRI 常规检查颈脊髓未见异常。4 组均行 MR-DTI 检查,测量 A、B、C 组患者颈脊髓受压处及 D 组 C5/6 椎间盘平面脊髓的 ADC 和 FA,并行组间比较。**结果:**A、B、C、D 组的 ADC 分别为 $(0.712 \pm 0.241) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 、 $(1.012 \pm 0.256) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 、 $(0.812 \pm 0.125) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 、 $(0.823 \pm 0.106) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$, FA 分别为 0.401 ± 0.098 、 0.472 ± 0.095 、 0.496 ± 0.172 、 0.541 ± 0.158 。A 组 ADC 和 FA 与 D 组比较均明显降低($P < 0.05$);B 组 FA 与 D 组比较明显降低、ADC 明显增高($P < 0.05$);C 组 ADC 与 D 组比较无显著性差异($P > 0.05$),FA 值低于 D 组($P < 0.05$)。A 组 ADC 及 FA 均低于 B、C 组($P < 0.05$);B 组 ADC 高于 C 组,FA 低于 C 组,组间差异有显著性($P < 0.05$)。**结论:**MR-DTI 的 ADC 及 FA 对不同病程颈脊髓压迫症有诊断价值。

【关键词】颈脊髓压迫症;MRI;MR 扩散张量成像;表观扩散系数;各向异性分数

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2012.02.12

中图分类号:R681.5, R445.2 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2012)-02-0147-05

The diagnosis value of apparent diffusion coefficient and fractional anisotropy of MR-diffusion tensor imaging for different courses of cervical cord compression/WANG Qian, MA Heji, TAN Wei, et al// Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2012, 22(2): 147-151

【Abstract】 Objectives: To study the diagnosis value of apparent diffusion coefficient (ADC) and fractional anisotropy (FA) of MR-diffusion tensor imaging (MR-DTI) for different courses of cervical cord compression.

Methods: 50 patients with cervical cord compression were involved in this study from January 2010 to June 2011. These patients were divided into 3 groups, group A: acute cervical cord compression group($n=15$) underwent the cervical cord MRI within 72h after the injury; group B: chronic cervical cord compression group($n=23$) had more than 6 months cervical myelopathy history; group C: chronic history with acute cervical cord compression group($n=12$) had more than 6 months cervical myelopathy history and suffered from an acute cervical cord injury, and underwent the MR scan within 72h after the injury; group D included 15 healthy volunteers with normal MRI. All cases in 4 groups underwent MR-DTI. The values of ADC and FA in the compressed cervical cord in group A, B and C, and those at C5/6 in group D were measured and compared.

Results: The values of ADC in group A, B, C and D were $(0.712 \pm 0.241) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$, $(1.012 \pm 0.256) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$, $(0.812 \pm 0.125) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ and $(0.823 \pm 0.106) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ respectively, and the values of FA in group A, B, C and D were 0.401 ± 0.098 , 0.472 ± 0.095 , 0.496 ± 0.172 and 0.541 ± 0.158 respectively. Group A had significantly lower values of ADC and FA than group D($P < 0.05$); the FA decreased and ADC increased in group B compared with group D($P < 0.05$). The value of ADC had no change($P > 0.05$), but the value of FA decreased($P < 0.05$).

第一作者简介:女(1972-),在读博士,副主任医师,研究方向:中枢神经系统影像诊断(现在辽宁医学院附属第一医院放射科工作)
电话:(0416)4168559 E-mail:wangqian68853@126.com

通讯作者:伍建林

0.05) in group C compared with group D. Group A had lower values of ADC and FA than group B and C ($P<0.05$), and group B had higher value of ADC and lower value of FA than group C, which showed significant difference ($P<0.05$). **Conclusions:** The ADC and FA under MR-DTI can determine different courses of cervical cord compression.

【Key words】 Cervical cord compression; MRI; MR-diffusion tensor imaging; Apparent diffusion coefficient; Fractional anisotropy

【Author's address】 The Graduate School of Tianjin Medical University, Tianjin, 300070, China

颈脊髓病变的常规 MRI 诊断主要依据其常规序列提供的形态和信号做出诊断,对急、慢性脊髓损伤的判断主要根据 MRI 信号强度进行判断,主观性较强,缺少量化指标。近年来,MR 功能成像技术的发展和运用,尤其是 MR 弥散加权成像及其基础上发展而来的 MR 扩散张量成像(MR-diffusion tensor imaging, MR-DTI)已经成为神经影像诊断领域的重要补充手段。MR-DTI 中表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)、各向异性分数(fractional anisotropy, FA)在颈脊髓急、慢性损伤中的变化因损伤类型不同而不同。本研究旨在通过比较、分析不同病程颈脊髓压迫症患者受压颈脊髓的 ADC 及 FA 变化,进一步探讨是否能够通过上述指标来判断不同病程的颈脊髓压迫症,为临床制定治疗方案提供依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

收集 2010 年 1 月~2011 年 6 月在辽宁医学院附属第一医院放射科行 MRI 常规检查诊断为颈脊髓压迫症的患者 50 例,依颈脊髓压迫病程不同,将其分为 3 组:(1)急性颈脊髓压迫组(A 组)15 例,均为外伤患者,包括颈椎骨折、急性颈椎间盘突出和椎管内血肿致颈脊髓受压病例,均在伤后 72h 内接受 MRI 检查, MRI 常规检查显示颈脊髓增粗, T1WI 呈等信号, T2WI 呈斑片状高信号(图 1);(2)慢性颈脊髓压迫组(B 组)23 例,均为脊髓型颈椎病患者,病程超过 6 个月, MRI 常规检查显示 9 例颈脊髓在 T1WI 呈低信号、T2WI 呈高信号(图 2), 14 例颈脊髓在 T1WI 呈等信号、T2WI 呈斑片状高信号(图 3);(3)慢性合并急性颈脊髓压迫组(C 组)12 例,患者有超过 6 个月的脊髓型颈椎病病史,且本次 MRI 检查前 72h 内受到颈部外伤,累及颈脊髓, MRI 常规检查显示颈脊髓明显增粗, T1WI 呈等、低信号, T2WI 呈明显高信号(图 4)。选择健康志愿者 15 例为对照组(D

组),常规 MRI 检查显示颈脊髓未见异常(图 5)。4 组对象均行 MR-DTI 检查。健康志愿者与患者年龄及性别相匹配,所有检查均经本人知情同意。

1.2 ADC 及 FA 的测量

MRI 常规检查及 MRI-DTI 检查均采用 GE 公司 Signa excite 1.5T HD Echo speed 超导型磁共振机扫描;其有效梯度场强度为 33mT/m,最大切换率为 120T/m/s;应用 8 通道相控阵脊柱线圈。首先使用 SE 序列完成矢状面和横断面 T2WI 及 T1WI 扫描。参数如下:(1)矢状面 T2WI:TR 3000ms, TE 121ms,层厚 3mm,层间距 0,共扫 8 层;(2)矢状面 T1WI:TR 460ms, TE 11ms,矢状面层厚 3mm,层间距 1mm,共扫 8 层;(3)横断面 T2WI:TR 3100ms, TE 129ms,层厚 4mm,层间距 1mm;(4)DTI 检查与常规扫描定位相同,采取单次激发自旋回波(single-shot echo-planar image, EPI)技术;弥散敏感梯度取 15 个不同方向, TR 2950ms, TE 89ms,层厚 3mm,层间距 0, FOV 26cm×13cm,采集矩阵为 128×128, NEX=6;共扫 8 层。弥散加权系数(b)分别取 0 和 500s/mm²,扫描结束后每一层面共获取 16 幅图像,第 1 幅为 b=0 时的图像,其余 15 幅为 b=500s/mm² 时不同梯度方向的图像。11 个层面共获取 128 幅图像。

全部数据存储在 GE 公司提供的 SUN 图形工作站内,并应用 FuncTool 软件进行后处理,处理后的每一个层面分别获得 ADC 图和 FA 图。采用 T2WI 矢状面来决定被分析的层面。A、B、C 组及 D 组均在 b=0 的图像上放置感兴趣区,感兴趣区大小均为 12 个像素。A、B 及 C 组感兴趣区为颈脊髓受压处, D 组感兴趣区为 C5/6 椎间盘平面脊髓。感兴趣区的 ADC 及 FA 值由 Func Tool 软件测量并显示结果。

1.3 统计学分析

用 SPSS 13.0 统计软件行统计学分析,所有数值均以 $\bar{x} \pm s$ 表示,对各组间 ADC 值和 FA 值进行 LSD-t 检验,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

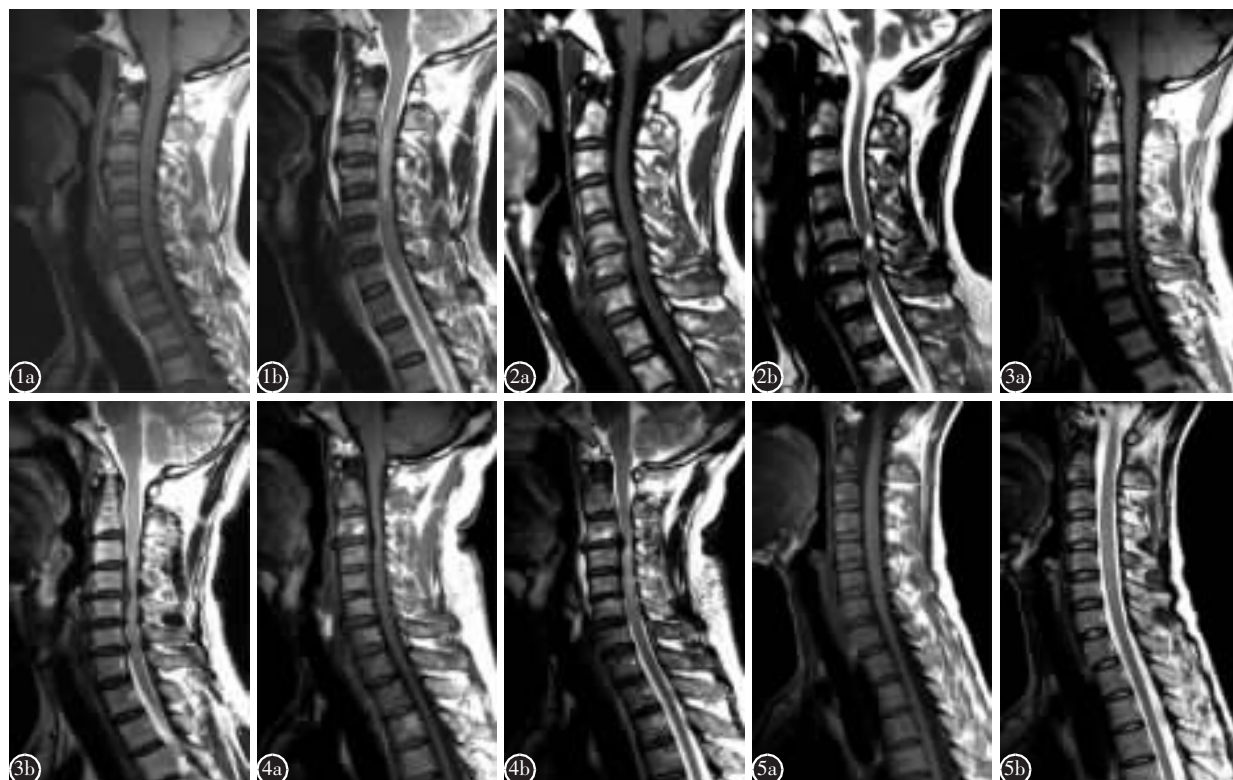


图 1 急性颈脊髓压迫组患者, 女性, 42 岁 a T1WI 示 C2~C4 椎体平面脊髓肿胀, 呈等信号 b T2WI 示 C2~C4 椎体平面脊髓呈条带状高信号 图 2 慢性颈脊髓压迫组患者, 男性, 58 岁 a T1WI 示 C5/6 椎间盘平面脊髓内斑片状低信号 b T2WI 示 C5/6 椎间盘平面脊髓内斑片状高信号 图 3 慢性颈脊髓压迫组患者, 男性, 50 岁 a T1WI 示 C5/6 椎间盘平面脊髓受压, 呈等信号 b T2WI 示 C5/6 椎间盘平面脊髓内斑片状高信号 图 4 慢性合并急性颈脊髓压迫组患者, 男性, 52 岁 a T1WI 示 C4~C6 椎体平面脊髓肿胀, 呈等 T1 信号 b T2WI 示 C4~C6 椎体平面脊髓呈条带状高信号 图 5 对照健康男性, 49 岁 a T1WI 示颈脊髓形态、信号正常 b T2WI 示颈脊髓形态、信号正常

Figure 1 The acute cervical cord compression patient, female, 42 years **a** The cervical cord was swollen and showed equisignal at the level of C2–C4 vertebral body on T1WI **b** The cervical cord was stripped high signal at the level of C2–C4 vertebral body on T2WI **Figure 2** The chronic cervical cord compression patient, male, 58 years **a** The cervical cord was patchy low signal at the level of C5/6 disc on T1WI **b** The cervical cord was patchy high signal at the level of C5/6 disc on T2WI **Figure 3** The chronic cervical cord compression patient, male, 50 years **a** The cervical cord was compressed and showed equisignal at the level of C5/6 disc on T1WI **b** The cervical cord was patchy high signal at the level of C5/6 disc on T2WI **Figure 4** The chronic with acute cervical cord compression patient, male, 52 years **a** The cervical cord was swollen and equisignal at the level of C4–C6 vertebral body on T1WI **b** The cervical cord was stripped high signal at the level of C4–C6 vertebral body on T2WI **Figure 5** The healthy male, 49 years **a** The cervical cord shows the normal shape and signal on T1WI **b** The cervical cord shows the normal shape and signal on T2WI

2 结果

各组 ADC、FA 测量结果见图 6~10 及表 1。A 组 ADC 和 FA 与 D 组比较均明显降低 ($P<0.05$); B 组 FA 与 D 组比较明显降低, ADC 明显增高 ($P<0.05$); C 组 ADC 与 D 组比较无显著性差异 ($P>0.05$), FA 低于 D 组 ($P<0.05$)。A 组 ADC 及 FA 均低于 B、C 组 ($P<0.05$), B 组 ADC 高于 C 组,

FA 低于 C 组, 组间差异有显著性 ($P<0.05$)。

3 讨论

颈椎活动度大, 是外伤及退行性变易发部位。外伤及颈椎病均可造成脊髓受压, 引起脊髓发生非特异性水肿、炎症反应、缺血和脊髓受压后软化、坏死及胶质增生等^[1]。在脊髓发生不可逆性改

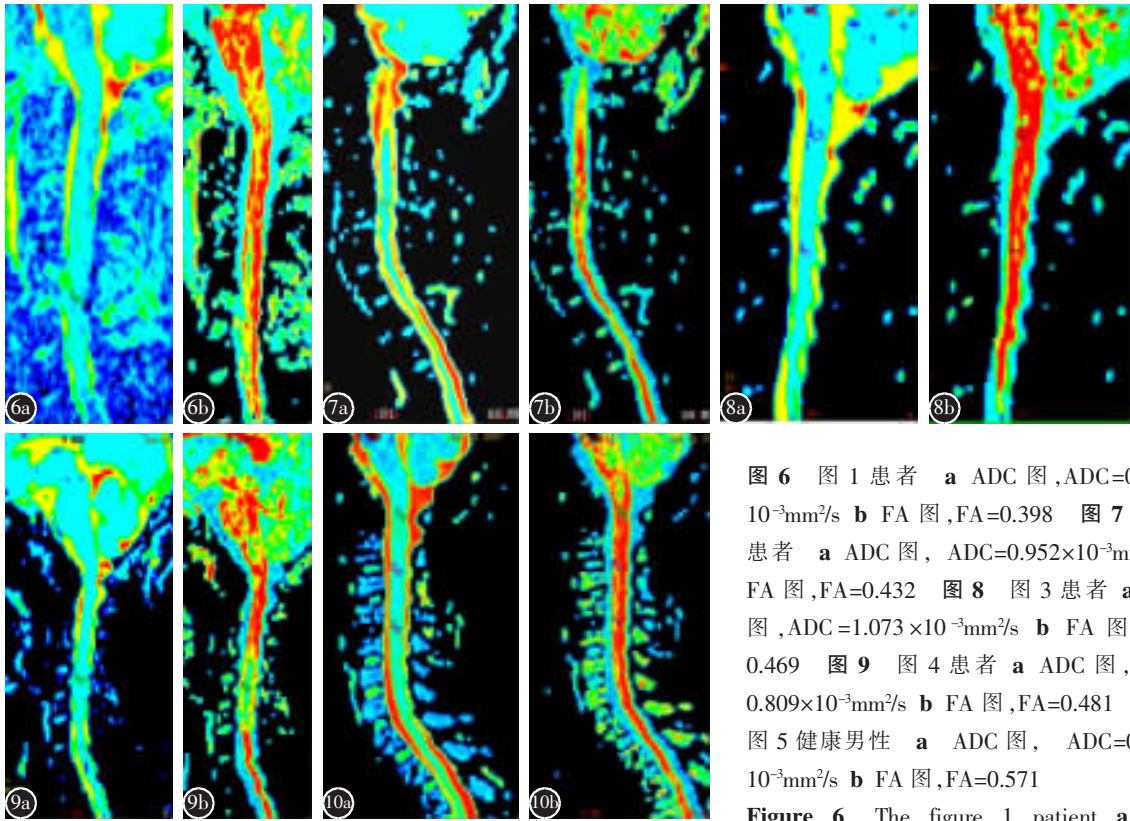


图 6 图 1 患者 a ADC 图,ADC=0.692×10⁻³mm²/s b FA 图,FA=0.398 图 7 图 2 患者 a ADC 图,ADC=0.952×10⁻³mm²/s b FA 图,FA=0.432 图 8 图 3 患者 a ADC 图,ADC=1.073×10⁻³mm²/s b FA 图,FA=0.469 图 9 图 4 患者 a ADC 图,ADC=0.809×10⁻³mm²/s b FA 图,FA=0.481 图 10 图 5 健康男性 a ADC 图,ADC=0.802×10⁻³mm²/s b FA 图,FA=0.571

Figure 6 The figure 1 patient a ADC map, ADC=0.692×10⁻³mm²/s b FA map, FA=0.398 Figure 7 The figure 2 patient a ADC map, ADC=0.952×10⁻³mm²/s b FA map, FA=0.432 Figure 8 The figure 3 patient a ADC map, ADC=1.073×10⁻³mm²/s b FA map, FA=0.469 Figure 9 The figure 4 patient a ADC map, ADC=0.809×10⁻³mm²/s b FA map, FA=0.481 Figure 10 The figure 5 healthy male a ADC map, ADC=0.802×10⁻³mm²/s b FA map, FA=0.571

表 1 各组表观扩散系数(ADC)及各向异性分数(FA) ($\bar{x}\pm s$)

Table 1 The apparent diffusion coefficient and fractional anisotropy in different groups

	<i>n</i>	ADC(×10 ⁻³ mm ² /s)	FA
急性颈髓压迫组(A组) the acute cervical cord compression group(group A)	15	0.712±0.241 ^{①②}	0.401±0.098 ^{①②}
慢性颈髓压迫组(B组) the chronic cervical cord compression group(group B)	23	1.012±0.256 ^{①③}	0.472±0.095 ^{①③}
慢性合并急性颈髓压迫组(C组) the chronic with acute cervical cord compression group(group C)	12	0.812±0.125 ^④	0.496±0.172 ^①
对照组(D组) control group(group D)	15	0.823±0.106	0.541±0.158

注:①与 D 组比较 $P<0.05$;②与 B、C 组比较 $P<0.05$;③与 C 组比较 $P<0.05$;④与 D 组比较 $P>0.05$

Note: ①compared with group D, $P<0.05$; ②compared with group B and C, $P<0.05$; ③compared with group C, $P<0.05$; ④compared with group D, $P>0.05$

变前,及时采取治疗措施可避免脊髓出现不可逆损伤,影响患者生存质量。

脊髓水肿、脊髓灰质细胞坏死和脊髓空腔分别代表脊髓损伤早、中、晚三个时期的病理变化,其在 T2WI 均为高信号。因此,只用 T2WI 无法准确判断脊髓损伤时期。Matsumoto 等^[2]报道 T2WI

脊髓内高信号者其病理过程多为晚期,为不可逆性脊髓损伤,失去了临床治疗的最佳时机。而且常规 MRI 对人类脊髓损伤检出敏感度仅为 15%~65%^[3]。所以,常规 MRI 对脊髓损伤检出敏感度较差且不能准确判断脊髓损伤类型。

目前,MR-DTI 技术^[4]已用于脊髓病变的研究

中。MR-DTI 是在扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)基础上改进和发展而来的一种新的成像方法。它利用组织中水分子扩散运动存在各向异性的原理,从多个方向对其进行量化,从而反应活体组织细微结构和功能的改变^[5]。常用的定量分析组织扩散特征参数有:①ADC,用来描述磁共振扩散加权成像中不同水分子扩散运动的速度和范围;②FA,表示组织纤维的各向异性,是扩散各向异性与整个扩散的比值。王霄英等^[6]在犬急性脊髓损伤后神经前体细胞移植模型实验证实 DTI 检测到脊髓损伤前、后不同时期动态 ADC 与 FA 的变化,与脊髓损伤和修复过程病理学进展具有较好的相关性。Demir 等^[7]报道 MR-DTI 技术检出脊髓病变的敏感性要高于常规 MRI,常规 MRI 检出脊髓病变的敏感度为 61%,MR-DTI 的敏感度则为 80%。

本研究结果显示,在颈脊髓压迫急性期 ADC 和 FA 均下降。急性压迫致颈脊髓处于细胞性水肿阶段,细胞性水肿致细胞外间隙减少,水分子扩散障碍,ADC 降低。急性颈脊髓压迫组 FA 低于慢性颈脊髓压迫组及对照组是由于急性颈脊髓损伤引起较大范围的神经细胞变性、坏死及神经纤维束断裂,沿神经纤维方向弥散的水分子方向性紊乱所致。慢性颈脊髓压迫时,白质内脱髓鞘改变与轴索损害同时存在,轴突肿胀,髓鞘松散,部分崩解^[8]。微血管内皮细胞肿胀,管壁有裂隙。这些改变减少了水分子扩散障碍,特别是减少了水分子横向扩散障碍。所以,慢性颈脊髓压迫组 FA 降低,ADC 升高。而慢性合并急性颈脊髓压迫时,脊髓受压程度加重,水肿明显,ADC 在原有升高的基础上降低至正常。FA 较急性颈脊髓压迫组和慢性颈脊髓压迫组虽有升高,仍低于对照组。所以,慢性合并急性颈脊髓压迫组 ADC 正常或接近正常并不代表颈髓损伤程度减轻,而是反映了病理学改变的加重,既有慢性损伤的病理改变,又有急性期的病理改变。刘存记等^[9]在羊脊髓压迫模型 MR-DTI 检查中也发现:慢性脊髓压迫致受压脊髓 ADC 较术前升高,而 FA 则降低;在慢性合并急性脊髓压迫组 ADC 与术前比较差异无统计学意义,FA 降低。本研究结果与其结论一致。宋清伟等^[10]对 26 例慢性颈脊髓受压患者和 9 例急性颈脊髓受压患者的 ADC 和 FA 分别与健康对照组

进行比较,慢性颈脊髓受压患者的 ADC 明显升高,FA 降低,本研究结果与其结论一致;急性颈脊髓受压患者的 FA 较对照组降低,ADC 与对照组比较无统计学意义,其认为 FA 较 ADC 更有临床应用价值。本研究结果则表明 ADC 和 FA 均有应用价值。

总之,MR-DTI 的 ADC、FA 较常规 MRI 可提供更多信息,对不同病程的颈脊髓压迫症有诊断价值,可为临床医生进一步分析脊髓病理改变、损伤时期和采取下一步治疗方案提供帮助。

4 参考文献

1. Mehlic TF, Pezzuti RT, Applebaum BI. Magnetic resonance imaging and cervical spondylotic myelopathy[J]. Neurosurgery, 1990, 26(2): 217-226.
2. Matsumoto M, Toyama Y, Ishikawa M, et al. Increased signal intensity of the spinal cord on magnetic resonance images in cervical compressive myelopathy: does it predict the outcome of conservative treatment[J]. Spine, 2000, 25(6): 677-682.
3. Takahashi M, Yamashita Y, Sakamoto Y, et al. Chronic cervical cord compression: clinical significance of increased signal intensity on MR images[J]. Radiology, 1989, 173(1): 219-224.
4. Summers P, Staempfli P, Jaermann T, et al. A preliminary study of the effects of trigger timing on diffusion tensor imaging of the human spinal cord[J]. Am J Neuroradiol, 2006, 27(9): 1952-1961.
5. Maier SE. Examination of spinal cord tissue architecture with magnetic resonance diffusion tensor imaging[J]. Neurotherapeutics, 2007, 4(3): 453-459.
6. 王霄英,谭可,倪石磊,等.用 MR 扩散张量成像评价急性犬脊髓损伤后神经前体细胞移植的作用[J].中华放射学杂志,2006,40(1): 17-21.
7. Demir A, Ries M, Moonen CT, et al. Diffusion-weighted MR imaging with apparent diffusion coefficient and apparent diffusion tensor maps in cervical spondylotic myelopathy[J]. Radiology, 2003, 229(1): 37-43.
8. 吴叶,侯树勋,何海龙,等.颈脊髓慢性压迫模型的建立及其病理改变[J].中国脊柱脊髓杂志,2006,16(1): 57-61.
9. 刘存记,刘怀军,徐英进,等.羊脊髓慢性压迫合并急性压迫的 MR 扩散张量成像[J].中国医学影像技术,2011,27(2): 222-226.
10. 宋清伟,唐兴,郎志谨.磁共振弥散张量成像技术对颈髓急、慢性损伤的临床应用研究[J].中国 CT 和 MRI 杂志,2010,8(3): 27-30.

(收稿日期:2011-08-02 修回日期:2011-10-18)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)