

• 骨骼肌肉影像学 •

牵引治疗对颈椎病患者椎间盘 MR 扩散特点的影响

汪继辉, 张勇刚

【摘要】 目的:观察牵引治疗后颈椎病患者椎间盘 ADC 值和 FA 值的变化,探讨 DTI 对颈椎病牵引治疗疗效评估的价值。**方法:**颈椎病患者 60 例均行牵引治疗,牵引重量为体重的 5%~15%,牵引时间为 20min,每天 1 次,疗程 10 天,牵引治疗前后行 DTI 检查。利用 DTI 原始数据重组 ADC 图、FA 图,测定牵引治疗前后椎间盘的 ADC 值、FA 值,分析牵引治疗后 ADC 值、FA 值的变化。椎间盘牵引治疗前后 ADC 值和 FA 值的比较采用配对 *t* 检验。**结果:**60 例患者 360 个椎间盘中,轻度退变椎间盘 143 个,中度退变椎间盘 125 个,重度退变椎间盘 92 个。轻度退变椎间盘、中度退变椎间盘治疗前 ADC 值、FA 值的平均值分别为 $8.36 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ 和 0.72×10^{-4} 、 $7.66 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ 和 0.65×10^{-4} ,牵引治疗后 ADC 值和 FA 值的平均值分别增加了 $0.65 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ 和 0.09×10^{-4} 、 $0.74 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ 和 0.07×10^{-4} ,牵引治疗前后椎间盘 ADC 值及 FA 值之间差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。重度退变椎间盘治疗前 ADC 值、FA 值的平均值分别为 $7.19 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ 和 0.53×10^{-4} ,牵引治疗后 ADC 值和 FA 值的平均值分别增加了 $0.15 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ 和 0.03×10^{-4} ,治疗前后椎间盘 ADC 值及 FA 值之间差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。**结论:**牵引治疗可增加轻、中度退变椎间盘的 ADC 值及 FA 值,即增加其扩散能力,而对重度退变椎间盘的扩散能力无影响。

【关键词】 牵引疗法; 椎间盘; 颈椎; 磁共振成像

【中图分类号】 R681.5; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2012)09-0986-05

Influence of traction therapy on MR diffusion characteristics of the intervertebral discs in patients with cervical spondylosis

WANG Ji-hui, ZHANG Yong-gang. Department of Radiology, the People's Hospital of Daya City, Hubei 435100, P. R. China

【Abstract】 Objective: To observe the ADC and FA changes in traction treated cervical spondylosis patients and to assess the value of DTI. **Methods:** Sixty patients (aged 25~55 years) with cervical spondylosis underwent cervical spine MRI and diffusion tensor imaging (DTI). After a course of traction treatment (with 5% to 15% body weight for 20 minutes per day, 10 days), a repeat DTI was performed. DTI were obtained by using an echo planar imaging (EPI) sequence (TE 89ms, TR 2500ms, b value of 800s/mm², 11 noncollinear diffusion directions). Scan time was approximately 8min20s. The mean ADC value and FA value prior to and following traction treatment were analyzed with *t* test and Rank Sum test. **Results:** No significant difference was found in mean ADC and FA of the intraclass for Grade 0~6. Significant difference was observed in mean ADC and FA of the intraclass for Grade 7~8. The ADC values of grade prior to and following traction treatment were $(8.65 \pm 0.46) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ and $(9.32 \pm 0.52) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$, The ADC values of grade 8 prior to and following traction treatment were $(7.10 \pm 0.51) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ and $(7.25 \pm 0.57) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$. **Conclusions:** Traction treatment mainly affect the ADC and FA value of normal, slightly and moderately degenerated discs. The ADC value increases and the diffusion ability of the disc increases. No obvious ADC and FA values changes were observed in the severely degenerated discs.

【Key words】 Traction treatment; Intervertebral disc; Cervical vertebrae; Magnetic resonance imaging

磁共振扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)是目前唯一可以用于测量活体组织内水分子微观布朗运动的技术,已经在脑缺血性疾病中得到普遍应用。磁共振扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)是在 DWI 基础上发展起来的,不但能够测量水分子的扩散速度,还能检测水分子扩散的方向性,即各向异性的特性,可用于推测组织内部超微结构状态及纤维束的解剖走行等。本研究将 DTI 技术应用于成人颈椎椎间盘的检查,对 60 名颈椎病患者进行 DTI 扫描,探讨最常用的颈椎牵引康复治疗对颈椎病患者椎间盘的 MRI 扩散特点是否有影响,即分析其对

椎间盘 ADC 值、FA 值的影响。

材料与方法

1. 研究对象

颈椎病患者入选标准:①年龄 25~55 岁;②临床诊断为神经根型颈椎病(诊断标准:与病变节段一致的根性症状和体征;压颈实验或臂丛神经牵拉试验阳性;影像学所见与临床表现一致;排除颈椎外疾病如胸廓出口综合征、网球肘、肘管综合征、肩周炎等;痛点封闭无明显疗效)需要进行颈椎牵引治疗的患者;③遵循知情同意原则。排除标准:①有颈椎外伤及手术史;②有不宜本研究的其它疾病,如精神病、心脏病等;③临床失访。2010 年 5 月—2011 年 5 月共筛选出颈椎病患者 60 例,纳入到本组研究,其中男 27 例,女 33

作者单位:435100 湖北,大冶市人民医院放射科(汪继辉);430100 武汉,武汉市第十三医院放射科(张勇刚)

作者简介:汪继辉(1972—),男,湖北人,主治医师,主要从事医学影像诊断工作。

例,平均年龄 50 岁。

2. 牵引治疗方案

采用坐位枕颌布带持续牵引法,牵引角度为 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$,同时结合患者舒适情况来适当调整角度;牵引重量为自身体重的 $5\%\sim 15\%$,初始重量较轻,以后逐渐增加;牵引时间为 20 分钟,每天一次,疗程 10 天。

3. MRI 扫描

采用 Siemens Novus 1.5T 磁共振扫描仪,8 通道相控阵头颈联合线圈。60 例均行 SE 序列和 DTI 序列扫描。SE 序列扫描参数: T_1 WI, TR 400 ms, TE 12 ms; T_2 WI, TR 3200 ms, TE 120 ms;矢状面层厚 3 mm,层间距 0.5 mm,视野 $28\text{ cm}\times 28\text{ cm}$;横轴面层厚 2 mm,层间距 0.05 mm,视野 $18\text{ cm}\times 18\text{ cm}$ 。DTI 扫描参数:EPI 序列,扫描野中心线定位于颈椎正中矢状面 C_{5-6} 椎间盘后方后纵韧带处,平均采集次数 14, TR 2500 ms, TE 89 ms,层厚 3 mm,层间距 0,矩阵 176×256 ,扩散方向为 11 个,扩散梯度因子 b 值设为 800 s/mm^2 ,扫描 C_1-C_7 椎间盘,扫描线与椎间盘平行,每个椎间盘扫描 4 层,共 24 层,每层可获得 13 帧图像,共获得 312 帧图像。椎体前方设置预饱和带,以减少喉部呼吸及吞咽运动伪影,饱和带宽 15 cm,成像时间约 500s。

4. MRI 扫描顺序

所有患者牵引前 1 天、牵引疗程结束后 4 h 内按上述 MRI 扫描方案各扫描 1 次。

5. ADC 值、FA 值测定

利用工作站后处理软件对 DTI 数据进行后处理,得到部分各向异性分数(fractional anisotropy, FA)和平均扩散系数(average diffusion coefficient, ADC)伪彩图,沿椎间盘边缘设置纤维环椭圆形兴趣区(ROI),利用 Fiber Tracking 软件得到纤维环示踪图。测量颈椎间盘纤维环的 FA 值和 ADC 值,每个测量 3 次,取平均值。

6. 颈椎间盘分级

根据椎间盘结构的均匀性、髓核与纤维环的边界是否清楚、与脑脊液相比椎间盘的信号强度改变、椎间盘的高度是否正常等进行分级,由 2 位有 5 年以上骨骼肌肉系统放射诊断工作经验的诊断医师分别阅片,对所有检查者的常规颈椎 MRI 检查结果参照 Griffith 等^[1]的改良 Pfirrmann 分级标准进行分级,共分 9 级。0 级:为正常,椎间盘髓核呈均匀高信号(白),等同于脑脊液信号,纤维环与髓核分界清楚,椎间盘高度正常;1~3 级:为轻度退变,椎间盘髓核呈不均匀中等信号(灰),纤维环与髓核分界不清楚,椎间盘高度正常或轻度下降;4~6 级:为中度退变,椎间盘髓核呈不均匀中等或低信号(灰或黑),髓核与纤维环不能区分,椎间

盘高度中度下降;7~8 级:为重度退变,椎间盘髓核呈不均匀低信号(黑),髓核与纤维环不能区分,椎间隙重度狭窄。按以上分级标准由两位副主任诊断医师对所有椎间盘进行分级,结果不一致时由两位医师协商确认。

7. 统计学分析

所得数据采用 SPSS 16.0 统计学软件进行分析。比较所有椎间盘及不同改良 Pfirrmann 分级的椎间盘牵引治疗前后的 ADC 值、FA 值的差异,组内资料采用配对 t 检验,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. DTI 扫描结果

所有患者配合良好,均一次完成扫描便获得满意图像及数据,数据处理后 tracking 图像显示清晰(图 1)。

2. 改良 Pfirrmann 分级结果

60 例患者共 360 个椎间盘,1 级 51 个,其中发生于 C_{1-2} 椎间盘 42 个, C_{2-3} 椎间盘 9 个;8 级 44 个,其中发生于 C_{3-4} 椎间盘 5 个, C_{4-5} 椎间盘 9 个, C_{5-6} 椎间盘 14 个, C_{6-7} 椎间盘 16 个,其余各级别的具体数值见表 1。各级椎间盘牵引治疗前后 ADC 值、FA 值比较结果见表 1。

3. 统计学结果

7 级、8 级组治疗前后 ADC 值差异无统计学意义($P>0.05$),FA 值差异亦无统计学意义;其余各级别组治疗前后 ADC 值及 FA 值之间差异均有统计学意义($P<0.05$)。

讨 论

颈椎病也称颈椎综合征,是由于颈椎长期劳损、骨质增生或椎间盘突出等使颈椎脊髓、神经根或椎动脉受压所致,其可导致一系列功能障碍性临床综合征。表现为椎间盘退变本身及其继发性的一系列病理改变,如髓核突出或脱出、骨刺形成、韧带肥厚和继发的椎管狭窄等,刺激或压迫了邻近的神经根、脊髓、椎动脉及颈部交感神经等,并引起各种症状和体征。因此,椎间盘的变化在颈椎病的发生、发展过程中具有重要意义,延缓或改善椎间盘退变,对减轻颈椎病具有一定作用,相反可能会加重其进展。颈椎牵引疗法是应用外力对颈椎施加牵拉力,使其发生一定的分离,周围软组织得到适当的牵伸,从而达到治疗目的的一种方法;通过颈椎牵引可以拉大椎间隙,减轻椎间盘内压力,对膨出的间盘也可使其回缩或回纳,是颈椎病最主要的保守治疗方法。本研究就是基于此理论进行实验设计,来观察牵引疗法对颈椎椎间盘扩散能力的影响。

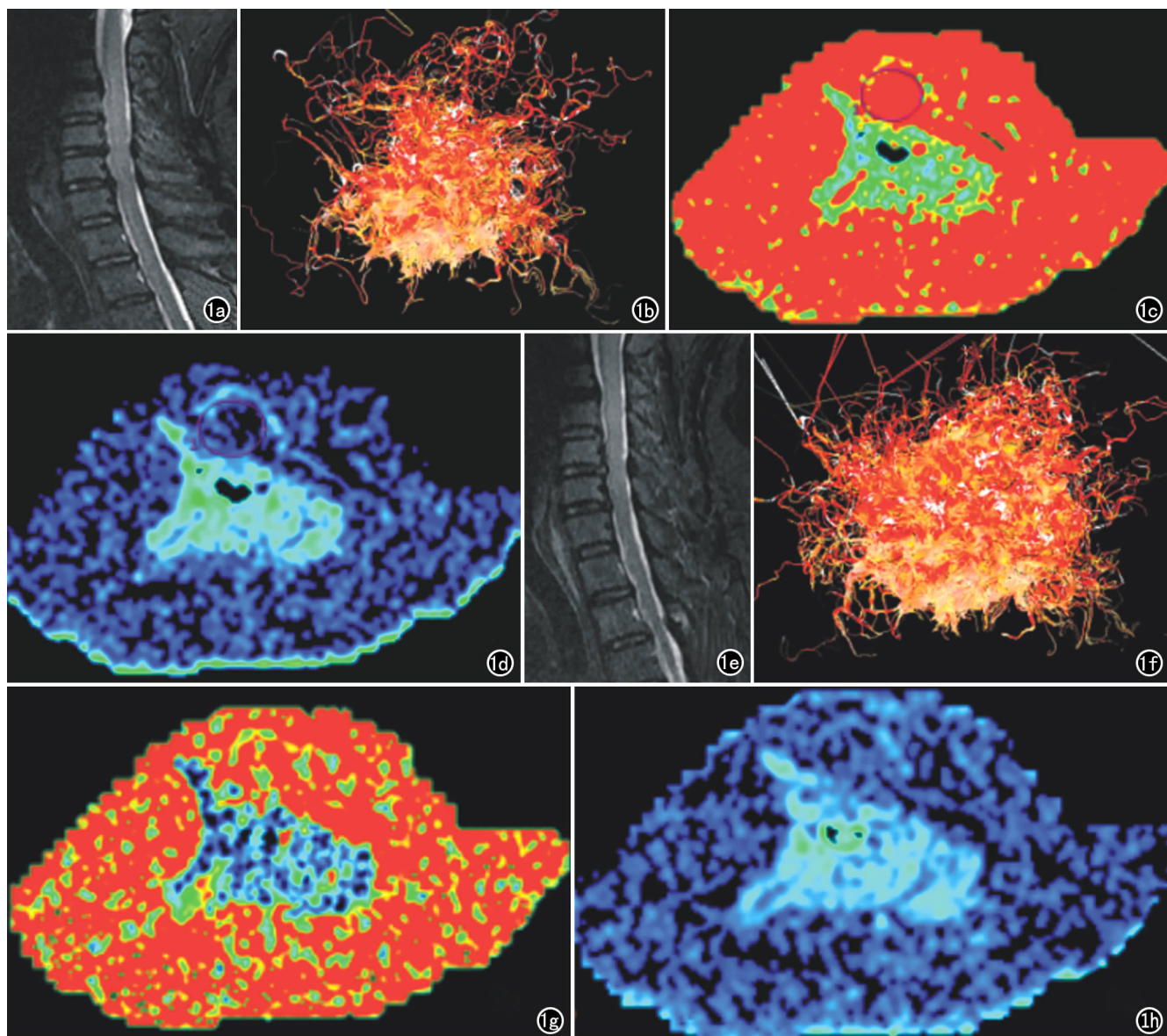


图1 患者,女,56岁,颈椎病患者。a)牵引治疗前矢状面T₂WI示C₃~C₇椎间盘突出,C₅₋₆、C₆₋₇层面黄韧带增厚;b)牵引治疗前C₅₋₆椎间盘tracking图像,立体显示椎间盘全貌;c)牵引治疗前C₅₋₆椎间盘ADC伪彩图,圆圈为选择的视野,ADC值为 $(8.03 \pm 0.45) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$;d)牵引治疗前C₅₋₆椎间盘FA伪彩图,FA值为 $(0.73 \pm 0.37) \times 10^{-4}$;e)C₅₋₆椎间盘牵引治疗后矢状面T₂WI图像;f)牵引治疗后C₅₋₆椎间盘tracking图像显示纤维束排列更加紧密和规则;g)牵引治疗后C₅₋₆椎间盘ADC伪彩图,ADC值为 $(8.78 \pm 0.50) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$;h)牵引治疗后C₅₋₆椎间盘FA伪彩图,FA值为 $(0.82 \pm 0.46) \times 10^{-4}$ 。

1. DTI 对椎间盘扩散能力的评价

磁共振扩散张量成像是近年来迅速发展的一种 MRI 新技术,其原理是通过在多个方向上施加扩散敏

感梯度采集水分子在各个方向上的扩散运动所致的信号衰减强度,并根据衰减数据定量描述出其空间扩散的三维轨迹。Tracking 技术是基于 DTI 上的一种新

表1 360个椎间盘改良 Pfirrmann 分级结果及牵引治疗前后 ADC 值及 FA 值比较

分级	椎间盘 (个)	ADC 值($\times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$)				FA 值($\times 10^{-4}$)			
		牵引前	牵引后	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	牵引前	牵引后	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
1 级	51	8.58 $\pm$ 0.56	9.12 $\pm$ 0.58	4.026	<0.05	0.75 $\pm$ 0.43	0.78 $\pm$ 0.51	4.325	<0.05
2 级	42	8.03 $\pm$ 0.47	8.78 $\pm$ 0.51	2.825	<0.05	0.73 $\pm$ 0.52	0.82 $\pm$ 0.47	3.864	<0.05
3 级	50	8.01 $\pm$ 0.64	8.72 $\pm$ 0.36	1.817	<0.05	0.65 $\pm$ 0.52	0.78 $\pm$ 0.61	2.709	<0.05
4 级	48	7.74 $\pm$ 0.54	8.57 $\pm$ 0.47	4.125	<0.05	0.64 $\pm$ 0.33	0.69 $\pm$ 0.41	2.121	<0.05
5 级	40	7.61 $\pm$ 0.58	8.41 $\pm$ 0.61	1.835	<0.05	0.66 $\pm$ 0.62	0.74 $\pm$ 0.57	1.914	<0.05
6 级	37	7.56 $\pm$ 0.37	8.31 $\pm$ 0.44	1.827	<0.05	0.57 $\pm$ 0.42	0.69 $\pm$ 0.51	2.806	<0.05
7 级	48	7.23 $\pm$ 0.60	7.31 $\pm$ 0.51	1.016	>0.05	0.46 $\pm$ 0.32	0.51 $\pm$ 0.27	0.894	>0.05
8 级	44	7.10 $\pm$ 0.51	7.25 $\pm$ 0.57	0.527	>0.05	0.37 $\pm$ 0.51	0.40 $\pm$ 0.57	0.316	>0.05

的可视化成像技术,利用水分子扩散的各向异性来追踪纤维的走行,将走行方向各异的纤维束以三维形式重组,以观察纤维束的完整性。目前国内外报道 DTI 在评价缺血性疾病、特发性疾病、脑肿瘤性疾病、Alzheimer 病等中枢神经系统病变的白质纤维束成像方面有重要价值^[2-4];也有报道 DTI 用于心肌纤维成像,通过可视化技术构建心肌纤维的空间结构来研究心肌纤维结构紊乱疾病^[5]。椎间盘由纤维环和髓核两部分组成。纤维环主要由 I、II 型胶原构成, I 型胶原占 40%,较粗大; II 型胶原占 60%,比 I 型明显细小。纤维环分为内、中、外 3 层,其中外、中层为胶原纤维,内层为纤维软骨。胶原纤维呈同心板层排列,板层间的厚度、纤维方向和纤维环各处的板层数量均不一样,相邻板层间纤维束相互交叉呈 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 角^[6],因此椎间盘也具有高度的方向性,这也是 DTI 可用于椎间盘的理论基础。Hsu 等^[7]和 Garballido-Gamio 等^[8]采用 1.5T MRI 分别对动物标本和活体人的腰椎间盘进行 DTI 研究,得到清晰的椎间盘纤维环伪彩图和 ADC 图,证明了活体椎间盘 DTI 显示纤维环和半定量评价椎间盘髓核扩散功能是可行性。蔡兆熙等^[9]对 45 例(225 个椎间盘)进行 DTI 扫描,得到了 223 帧清晰的 ADC 图和 FA 图,并通过 ADC 值和 FA 值测量,半定量评价椎间盘的扩散水平,认为 DTI 是无创评价退变椎间盘内部扩散的新方法。

2. 颈椎牵引对椎间盘扩散能力的影响

人体椎间盘常在负荷(站立位)或非负荷(仰卧位)状态下转换,不同状态下椎间盘的扩散能力可能不同。Jackson 等^[10]对活体猪椎间盘进行负荷前后的 DWI 研究,发现不论轴向还是横向负荷,都使猪的纤维环的扩散减低,并且与负荷大小有关。蔡兆熙等^[9]采用短时轴向负荷状态进行 DTI 研究,发现短时轴向负荷明显降低轻度退变椎间盘的 ADC 值和 FA 值,从而推断负荷后椎间盘扩散能力下降,水分子扩散的各向异性增加。本组 60 例患者中轻度退变椎间盘(分级为 1~3 级)、中度退变椎间盘(分级为 4~6 级)、重度退变椎间盘(分级为 7~8 级)治疗前 ADC 值、FA 值的平均值分别为 $8.36\times 10^{-4}\text{ mm}^2/\text{s}$ 和 0.72×10^{-4} 、 $7.66\times 10^{-4}\text{ mm}^2/\text{s}$ 和 0.65×10^{-4} 、 $7.19\times 10^{-4}\text{ mm}^2/\text{s}$ 和 0.53×10^{-4} ;数据显示随着椎间盘退变程度的增加,颈椎间盘的 ADC 值、FA 值逐渐减低,说明椎间盘的扩散能力逐渐下降,这与文献报道的变化趋势是一致的^[11]。进行牵引治疗后轻度退变椎间盘和中度退变椎间盘的 ADC 值和 FA 值分别平均增加了 $0.65\times 10^{-4}\text{ mm}^2/\text{s}$ 和 0.09×10^{-4} 、 $0.74\times 10^{-4}\text{ mm}^2/\text{s}$ 和 0.07×10^{-4} ,进行配对 *t* 检验,牵引治疗前后椎间盘 ADC 值及 FA 值之间差异具有统计学意义($P<$

0.05),说明牵引治疗对轻中度退变椎间盘的扩散能力有增加作用;而牵引治疗后重度退变椎间盘的 ADC 值和 FA 值分别平均增加了 $0.15\times 10^{-4}\text{ mm}^2/\text{s}$ 和 0.03×10^{-4} ,治疗前后差异无统计学意义($P>0.05$),说明牵引治疗对重度退变椎间盘的扩散能力没有影响,分析其原因可能是重度退变椎间盘含水量和蛋白多糖含量已显著减少,其扩散能力明显下降,牵引治疗已不能引起椎间盘扩散能力的显著改变。因此,笔者认为当椎间盘的 ADC 值和 FA 值降低到 $7.19\times 10^{-4}\text{ mm}^2/\text{s}$ 和 0.53×10^{-4} 以下时牵引治疗不能增加此类椎间盘的扩散能力。

综上所述,牵引治疗可以增加轻中度退变椎间盘的扩散能力,DTI 对评价颈椎病牵引治疗疗效具有潜在的可行性。通过 DTI 的量化指标对颈椎椎间盘的退变情况进行研究是本文的优势,但是本文选取的是颈椎病的一种类型,对于其他类型的颈椎病,DTI 对牵引治疗效果的评价是否也有效还有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] Griffith JF, Wang JY, Antonio GE, et al. Modified pfirrmann grading system for lumbar intervertebral disc degeneration[J]. Spine, 2007,32(24):708-712.
- [2] Spottiswoode BS, Meintjes EM, Anderson AW, et al. Diffusion tensor imaging of the cerebellum and eyeblink conditioning in fetal alcohol spectrum disorder[J]. Alcohol Clin Exp Res, 2011, 35(12):2174-2183.
- [3] Sarlls JE, Pierpaoli C, Talagala SL, et al. Robust fat suppression at 3T in high-resolution diffusion-weighted single-shot echo-planar imaging of human brain[J]. Magn Reson Med, 2011,66(6):1658-1665.
- [4] Sexton CE, Kalu UG, Filippini N, et al. A meta-analysis of diffusion tensor imaging in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease[J]. Neurobiol Aging, 2011,32(12):2322. e5-18.
- [5] 李仰康,刘国瑞. 扩散张量成像技术及其应用价值[J]. 放射学实践, 2003,18(3):908-911.
- [6] 王洪波,陈焱君,吴泽文,等. MR 扩散张量成像在腰椎间盘病变中的临床价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2010,21(2):103-106.
- [7] Hsu EW, Setton LA. Diffusion tensor microscopy of the intervertebral disc annulus fibrosus[J]. Magn Reson Med, 1999,41(5):992-999.
- [8] Garballido-Gamio J, Xu D, Newitt D, et al. Single-shot fast spine-echo diffusion tensor imaging of the lumbar spine at 1.5 and 3T[J]. Magn Reson Imaging, 2007,25(3):665-670.
- [9] 蔡兆熙,陈建宇,蒋新华,等. 轴向负荷对腰椎间盘 MR 扩散特点的影响[J]. 中华放射学杂志, 2010,44(8):837-840.
- [10] Jackson AR, Yuan TY, Huanget CY, et al. Effect of compression and anisotropy on the diffusion of glucose in annulus fibrosus[J]. Spine, 2008,33(1):1-7.
- [11] 蒋新华,陈建宇,蔡兆熙,等. 正常人椎间盘 MRI 弥散张量成像 ADC 值、FA 值与年龄和解剖部位的相关性研究[J]. 中国 CT 与 MRI 杂志, 2009,7(6):1-5.