

青年人颈椎间盘髓核 T2 弛豫值的特点

陈 春¹, 黄敏华², 韩志华¹, 何 劼¹, 王德利¹, 任爱军², 郭 勇², 阮狄克¹

(1 海军总医院骨科; 2 影像科 100048 北京市)

【摘要】目的:观察青年人颈椎间盘髓核 MRI T2 弛豫时间的特点,探讨其量化椎间盘髓核信号的可行性。**方法:**2013 年 6~8 月对 40 例健康青年志愿者(年龄 18~30 岁,平均 25.8±3.1 岁)行颈椎传统 MR 矢状位 T2 加权成像(T2 weighted images, T2WI),并采用 T2 弛豫时间成像技术扫描,生成正中矢状 T2 弛豫伪彩图。在 MR T2WI 序列上对颈椎间盘按 Pfirrmann 标准进行分级,再在 C2~C7 各节段椎间盘髓核内选取 5 个感兴趣区域(regions of interest, ROIs):前点、前中点、中点、中后点、后点,并复制和粘贴到 T2 弛豫伪彩图上,分别测量各节段椎间盘髓核内各区域 T2 弛豫值,并对不同 Pfirrmann 分级椎间盘、不同节段、不同区域的 T2 弛豫值进行统计学分析。**结果:**40 例志愿者 200 个颈椎间盘中, Pfirrmann 分级 I 级 87 个(43.5%), II 级 113 个(56.5%)。相同节段 I 级和 II 级椎间盘髓核不同区域的 T2 弛豫值均从前点到中点有增大趋势,中点到后点有减少趋势。I 级椎间盘各节段髓核不同区域内 T2 弛豫值均比 II 级椎间盘相应节段和部位高($P<0.05$)。I 级和 II 级椎间盘各节段髓核前点和后点(除 C5/6)的 T2 弛豫值均小于其他区域($P<0.05$),前中点、中点均高于其他区域的 T2 弛豫值($P<0.05$)。I 级椎间盘各节段髓核 T2 弛豫值 95%可信区间分别为 C2/3 67.71~80.92ms, C3/4 65.06~72.29ms, C4/5 68.92~76.07ms, C5/6 67.32~75.46ms, C6/7 69.86~76.05ms, II 级椎间盘各节段髓核 T2 弛豫值 95%可信区间分别为 C2/3 51.07~55.26ms, C3/4 52.87~56.11ms, C4/5 55.24~58.30ms, C5/6 56.39~60.38ms, C6/7 60.91~63.92ms。**结论:**青年人颈椎间盘 Pfirrmann 分级不同、节段及区域不同,其髓核内 T2 弛豫值不同;T2 弛豫值能准确反映颈椎间盘髓核信号变化,可用于量化椎间盘髓核信号。

【关键词】颈椎;椎间盘退变;磁共振;T2 弛豫时间成像技术

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2014.09.01

中图分类号:R445.2, R681.5 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2014)-09-0769-05

The characteristic of T2 relaxation value for cervical intervertebral disc in young asymptomatic volunteers/CHEN Chun, HUANG Minhua, HAN Zhihua, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2014, 24(9): 769-773

【Abstract】 Objectives: To evaluate the feasibility of quantification of T2 values for intervertebral disc in asymptomatic young adults. **Methods:** Sagittal fast spin echo T2WI, T2 relation time and T2 colored map were acquired with 3.0T MR in 40 participants in 2013. T2 relation time values of regions of interest (ROIs, anterior area, the area between anterior and middle area, middle area, the area between middle and posterior area, posterior area) in the nucleus pulposus of each cervical intervertebral disc from C2/3 to C6/7 or same cervical intervertebral disc were measured and statistically analyzed. The differences of T2 relation time values were compared by different areas at the same anatomy level and different anatomy in the same area. **Results:** The Pfirrmann grades of intervertebral discs were as follows: grade I, 87 discs(43.5%); grade II, 113 discs (56.5%) for 40 participants. There was an increasing tendency from anterior area to middle area at the anatomy level, and vice versa from middle area to posterior area. At the same anatomic level and the same areas, the T2 value for grade I were higher than that for grade II ($P<0.05$). The T2 value of anterior or posterior area was smaller than that of other areas (except for C5/6) ($P<0.05$). The maximum T2 value at the area between anterior and middle and middle area was found, which showed significant difference compared with T2 values of other areas ($P<0.05$). 95% confidence level values were noted as follows: C2/3 67.71~80.92ms, C3/4

基金项目:国家自然科学基金面上项目(编号:81272044)

第一作者简介:男(1984-),博士研究生,研究方向:脊柱外科

电话:(010)66958244 E-mail:chenchunkk@163.com

通讯作者:阮狄克 E-mail:ruandikengh@163.com

65.06–72.29ms, C4/5 68.92–76.07ms, C5/6 67.32–75.46ms, C6/7 69.86–76.05ms for grade I, and C2/3 51.07–55.26ms, C3/4 52.87–56.11ms, C4/5 55.24–58.30ms, C5/6 56.39–60.38ms, C6/7 60.91–63.92ms for grade II. **Conclusions:** The T2 values are different for different Pfirrmann grades, levels and areas. The T2 values can reflect the differences of nucleus pulposus, and can be used as quantifying intervertebral disc signals.

【Key words】 Cervical; Intervertebral disc degeneration; Magnetic resonance imaging; T2 relaxation time imaging

【Author's address】 Department of Orthopaedics, Navy General Hospital, Beijing, 100048, China

传统 MRI 扫描序列中椎间盘 Pfirrmann 分级可对椎间盘进行半定量评价^[1], I 和 II 级为正常椎间盘,但 I 和 II 级之间的区别一致性较差^[2],在量化评估椎间盘早期信号改变时有明显的局限性。研究发现 T2 弛豫时间成像 (relaxation time imaging, RTI) 技术在评价椎间盘早期退变或由于年龄相关的椎间盘退变性疾病中更为敏感和稳定, T2 弛豫值与腰椎间盘形态学分级密切相关^[3],并被组织学与分子生物学所证实^[4]。本研究通过观察健康青年人群颈椎间盘髓核内不同区域、不同节段 T2 弛豫值的特点,为临床颈椎间盘早期信号改变定量诊断提供依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

纳入标准:(1)无脊柱外伤、肿瘤及手术史;(2)近 5 年无反复发作的颈背部疼痛或前臂疼痛麻木等病史;(3)颈椎间盘在 MR T2WI 上 Pfirrmann 分级评估均为 I 或 II 级。排除标准:(1)椎体及椎管内疾病所致颈背部疼痛者;(2)有糖尿病、严重系统性疾病、颈背部感染及手术治疗者;(3)颈椎间盘 MR T2WI 上 Pfirrmann 分级 III~V 级者。2013 年 6 月~8 月选取符合上述标准的志愿者 40 例,男 18 例,女 22 例,年龄 18~30 岁,平均年龄 25.8 ± 3.1 岁。研究方案经海军总医院医学伦理委员会讨论通过并备案,所有研究对象均签署知情同意书。

1.2 MR 扫描方法及序列

采用 GE Signa 3.0T-MRI 机(通用医疗公司,美国)行颈椎 T2WI 及 T2-RTI 矢状位扫描。受检者取仰卧位,于午后接受 MRI 检查。常规颈椎矢状位 T2WI 快速自旋回波序列参数:重复时间/回波时间 2300ms/108.7ms, 可视体积 24×24 mm, 矩阵 320×192 , 层厚 3mm, 层间距 0.5mm, 层数 15, 激发次数 6, 扫描时间 3'6", C2~C7 椎体前置

预饱和带减少伪影。T2-RTI 正中序列参数:重复时间 1500ms, 回波时间 8.5、17.0、25.5、34、42.4、50.9、59.4、67.9ms, 层厚/层间距 3mm/0.6mm, 可视体积 20×20 mm, 矩阵 256×160 , 激发次数 1, 扫描时间 4'27"。扫描后通过最小二乘法获得 T2-RTI 图像,并测量 C2~C7 椎间盘的 T2 弛豫值。

1.3 图像处理及 T2 弛豫值的测定

由两位有丰富工作经验的影像诊断医师和骨科医师分别两次独立盲法阅片对 C2~C7 椎间盘进行 Pfirrmann 分级,如果在阅片结果上有分歧,两位医师共同商量并确定最终分级结果。颈椎间盘 T2WI 信号未见异常者的原始数据传输到 GE ADW 4.3 后处理工作站,应用 Functool 软件(通用医疗公司,美国)对原始数据进行处理,生成 T2-RTI 图像,通过软件添加伪彩获得 T2-RTI 伪彩图。在 MR T2WI 正中矢状位图像上将 C2~C7 椎间盘的中央区自前向后分成 5 等份^[5],选择 5 个感兴趣区(regions of interest, ROIs):前点、前中点、中点、中后点、后点并复制,粘贴到 T2-RTI 图像和 T2-RTI 伪彩图上,ROIs 大小约 $3 \sim 5$ mm²,在 T2-RTI 伪彩图上分别测量每个 ROIs T2 弛豫值。数据测量均由第一作者完成,测量 3 次后取其平均数(图 1)。

1.4 统计学分析

使用 SPSS 19.0 软件包进行统计学处理,数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,对不同级别及不同节段椎间盘髓核的 T2 弛豫值计算 95%可信度区间,采用单因素方差分析比较髓核内各点 ROIs T2 弛豫值的差异。

2 结果

40 例志愿者 200 个颈椎间盘中, Pfirrmann I 级椎间盘 87 个(43.5%),其中 C2/3 26 个, C3/4 21 个, C4/5 16 个, C5/6 11 个, C6/7 13 个; II 级椎间盘 113 个(56.5%),其中 C2/3 14 个, C3/4 19

个, C4/5 24 个, C5/6 29 个, C6/7 27 个。不同节段、不同区域及全部区域髓核的 T2 弛豫值见表 1。相同节段内, I 和 II 级不同节段椎间盘髓核的 T2 弛豫值均从前点到中点有增大趋势, 中点到后点有减少趋势。II 级椎间盘髓核的前、后点 T2 弛豫值除 C5/6 外均较中点低 ($P < 0.05$)。II 级椎间盘髓核内全部区域的 T2 值从 C2/3~C6/7 有增大趋势, C6/7 的 T2 弛豫值较 C2/3 及 C3/4 高 ($P < 0.05$)。I 级椎间盘各节段同一区域髓核的 T2 弛豫值比较均无显著性差异 ($P > 0.05$); I 级椎间盘各节段不同区域髓核 T2 弛豫值均比 II 级椎间盘相同节段相同区域高 ($P < 0.05$)。I 级椎间盘各节段髓核的前点和后点除 C4/5 中点及 C5/6 前中点外均小于其他区域 ($P < 0.05$)。II 级椎间盘 C6/7 前中点及中点与 C5/6 前点的 T2 弛豫值与其他节段相应区域比较具有显著性差异 ($P < 0.05$)。I 级椎间盘各节段髓核 T2 弛豫值无统计学差异 ($P > 0.05$), 而 II 级椎间盘髓核 C6/7 前中点及中点均较其他节段相应区域高 ($P < 0.05$), 前中点与中点之间比无较显著性差异 ($P > 0.05$)。I 级和 II 级椎间盘各节段髓核 T2 弛豫值的 95% 可信度区间见表 2。

3 讨论

如何早期准确地量化颈椎间盘信号改变关系到临床的诊断、治疗以及预后估计, 对颈椎间盘退变及椎间盘突出预防的生物学干预有重要意义。T2-RTI 与水、蛋白含量及胶原排列方向有关^[4,6,7]。近年来国内外已经成功应用 T2-RTI 或 T2*-RTI 对腰椎间盘病损进行早期临床诊断^[1,3,7,8], 并被组织学及分子生物学证实^[9]。T2-RTI 技术能够敏感反映椎间盘内水和蛋白聚糖含量^[10], 能够反映椎间盘内含水量的昼夜变化以及能够反映椎间盘成熟过程中的变化^[10,11]。沈思等^[5]应用 T2*-RTI 观察 40 健康志愿者腰椎间盘内髓核信号情况, 结果发现髓核内 T2* 值在相同节段椎间盘的不同区域存在明显差异, 不同节段内其髓核信号也存在明显差异, 与髓核中央蛋白多糖及水含量较多而周围含水逐渐减少、胶原纤维增多的组织学生化成分相对应。T2-RTI 与 T2*-RTI 技术原理类似, 本课题组之前的研究也发现青年颈椎间盘髓核区域的 T2 弛豫值与其形态学分级及节段相关^[12], 但研究主要集中在观察正常髓核整体信号特点, 对髓核内不同区域、不同节段的信号与形态学分级的相关性关注较少。本研究中结果显示, 所有颈椎节

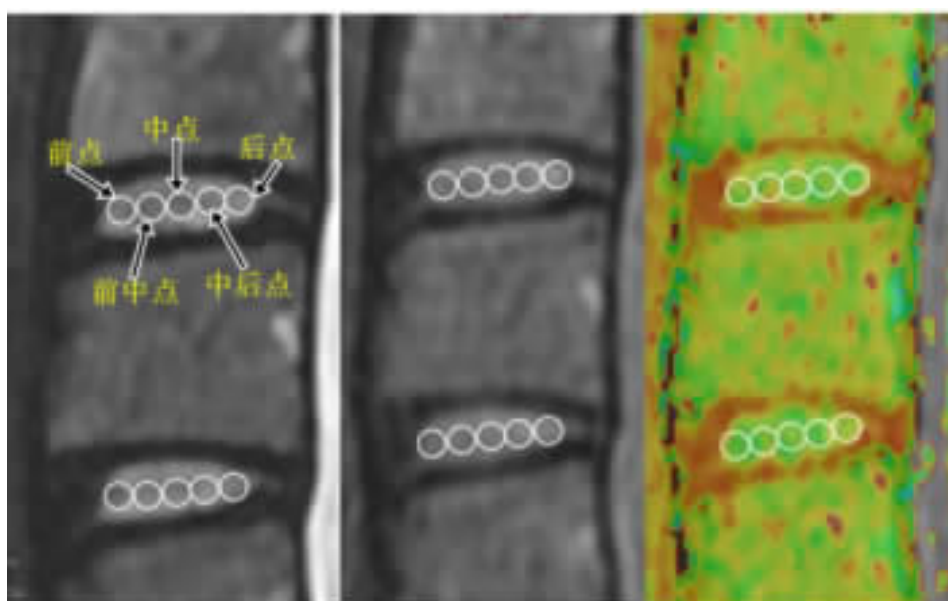


图 1 在 MR T2WI 图像(左)上对髓核依次绘制 5 个等大的感兴趣区(regions of interest, ROIs):前点、前中点、中点、中后点、后点,复制、粘贴到 T2-RTI 图像上(中)和 T2-RTI 伪彩图上(右),在 T2-RTI 伪彩图上测量 T2 弛豫值

Figure 1 For the representative intervertebral disc, the five equal regions of interest (ROIs), anterior area, the area between anterior and middle area, middle area, the area between middle and posterior area, posterior area, evaluation on the sagittal MR T2WI, then these ROIs in T2WI were copied to the T2-RTI map and T2 colored-RTI map. T2 values were measured

表 1 40 例志愿者不同 Pfirrmann 分级 C2/3~C6/7 椎间盘 5 个 ROIs 的 T2 弛豫值 ($\bar{x}\pm s$, ms)
Table 1 The T2 values of five regions of interest(ROIs) for 40 volunteers' intervertebral discs according to different grades

Pfirrmann 分级	例数 <i>n</i>	T2 弛豫值 T2 values						全部区域 all areas
		前点 anterior area	前中点 Area between anterior and middle	中点 middle area	中后点 Area between middle and posterior	后点 posterior area		
C2/3	I 级 Grade I	26	65.74±13.56	78.47±24.13 ^①	85.34±12.29 ^①	77.56±10.27 ^①	64.48±10.65	74.32±16.00
	II 级 Grade II	14	47.67±10.28 ^{②③④}	54.49±12.85 ^{②⑤}	60.96±15.52 ^{②⑤}	57.44±13.8 ^②	47.78±13.08 ^{②④}	53.67±14.03 ^{②⑥}
C3/4	I 级 Grade I	21	60.93±12.94	74.08±14.86 ^①	76.49±9.83 ^①	70.37±11.00 ^①	61.52±10.20	67.68±12.35
	II 级 Grade II	19	49.61±13.25 ^{②③④}	56.98±17.79 ^{②⑤}	60.23±15.12 ^{②⑤}	56.24±11.98 ^②	50.28±12.91 ^{②④}	54.36±12.55 ^{②⑥}
C4/5	I 级 Grade I	16	65.54±15.49	78.60±26.80 ^①	80.12±19.57 ^①	68.92±11.07	56.82±10.95	70.00±18.99
	II 级 Grade II	24	50.21±10.93 ^{②③④}	57.92±11.72 ^{②⑤}	59.15±12.32 ^{②⑤}	58.09±8.81 ^②	47.26±10.01 ^{②④}	56.94±13.37 ^②
C5/6	I 级 Grade I	11	69.80±19.18	75.36±23.01	80.65±20.65 ^①	69.69±14.83	58.97±12.32	70.89±18.33
	II 级 Grade II	29	60.54±13.78 ^②	63.82±12.35 ^②	64.73±12.83 ^②	59.09±7.92 ^②	49.10±9.27 ^{②④}	58.90±12.47 ^②
C6/7	I 级 Grade I	13	66.45±13.54	80.60±15.80 ^①	80.45±15.99 ^①	73.62±19.13 ^①	60.44±9.81	71.96±16.51
	II 级 Grade II	27	51.54±13.05 ^{②③④}	67.02±15.40 ^②	70.38±18.57 ^②	59.80±11.31 ^②	49.09±11.06 ^{②④}	61.17±15.67 ^②

注:①与相同节段前、后点比较 $P<0.05$;②与 I 级同节段相同区域比较 $P<0.05$;③与同级 C5/6 相同区域比较 $P<0.05$;④与同级同节段中点区域比较 $P<0.05$;⑤与同级 C6/7 相同区域比较 $P<0.05$;⑥与同级 C6/7 比较 $P<0.05$
Note: ①Compared to the T2 values at the same anatomic level between anterior and posterior area, $P<0.05$; ②Compared to the T2 values at the same anatomic level and the same area between grade I and II, $P<0.05$; ③Compared the T2 values of C5/6 at the same area and the same grade, $P<0.05$; ④Compared the T2 values of middle area at the same anatomic level and the same grade, $P<0.05$; ⑤Compared the T2 values of C6/7 of the same area and the same grade, $P<0.05$; ⑥Compared the T2 values of C6/7 at the same grade, $P<0.05$

表 2 不同 Pfirrmann 分级 C2/3~C6/7 椎间盘髓核 T2 弛豫值的 95%可信度区间 ($\bar{x}\pm s$, ms)

Table 2 The T2 values of C2/3~C6/7 of 95% credibility interval for intervertebral discs according to different grades

	I 级 Grade I	II 级 Grade II
C2/3	67.71~80.92	51.07~54.16
C3/4	65.06~72.29	52.22~55.95
C4/5	68.92~76.07	55.21~57.45
C5/6	67.32~75.46	56.46~60.87
C6/7	69.86~76.05	60.91~63.92

段髓核中点区域的 T2 弛豫值均较两侧各区域高,相同节段内的 5 个 ROIs 的 T2 弛豫值差异均有统计学意义,与之前研究结果类似。提示 T2-RTI 可有效检测椎间盘内水分和蛋白多糖活动。

有文献报道上腰椎间盘(L1/2、L2/3)髓核的

后点是应力的主要方向导致其 T2* 值显著延长,而下位椎间盘由于受到垂直压缩的应力,导致中央区域 T2* 值高^[5]。颈椎主要的生理运动为屈伸、侧弯及旋转,与腰椎主要为负重承载不同。本研究发现 Pfirrmann I 级和 II 级颈椎间盘髓核 T2 弛豫值在同一节段呈中央区域高、两侧区域低的特点,但 I 级椎间盘髓核的 T2 弛豫值均较 II 级椎间盘髓核高。Wu 等^[13]对不同年龄段腰椎间盘节段行 T2 弛豫值测量,发现青壮年椎间盘髓核 T2 弛豫值伴随解剖位置降低而增高。本研究结果表明, Pfirrmann I 级椎间盘髓核的 5 个点均与青壮年腰椎间盘髓核变化趋势不同,而 II 级椎间盘髓核的 T2 弛豫值在 C2/3~C6/7 呈递增趋势,节段位置越低的椎间盘,其 T2 弛豫值越高,且相同节段髓核的 T2 弛豫值均小于 I 级椎间盘,不分区后也能观察到类似的效果,与青壮年腰椎间盘髓核研究结果类似。综合 5 个区域内 T2 弛豫值可以

发现Ⅱ级椎间盘不同节段髓核 T2 弛豫值的 95% 可信区间有明显的差异,反映了 T2-RTI 技术的敏感性。

T2 弛豫时间是横向磁化由最大衰减至 37% 时所需的时间,它通过描述组织横向磁化衰减来反映组织特性^[14,15]。T2-RTI 技术的主要特点是能够量化评价椎间盘早期退变性改变^[16]。Stelzeneder 等^[3]对 66 例腰痛患者的椎间盘进行 T2 弛豫时间成像技术研究,结果发现 T2 弛豫值与 Pfirrmann 分级(I~IV)呈负相关。Takashima 等^[17]对 60 例腰痛患者行 T2-RTI 和传统 MRI 扫描,探讨 T2 弛豫值和 Pfirrmann 分级之间的关系,研究发现 T2 弛豫值随 Pfirrmann 分级增高而降低,为临床早期发现椎间盘退变提供了一种量化技术。Pfirrmann 分级主要是依据 T2WI 髓核的亮度强度和结构形态变化,但受到诸如主观因素、信号强度不能被精确评估以及观察者之间的误差等的影响,不能精确评估椎间盘退变时的信号改变。T2-RTI 能够精确反映不同程度退变椎间盘的信号改变,在早期检测椎间盘内信号改变具有较大的优势^[9]。

本研究结果初步证实了青年人颈椎间盘 Pfirrmann 分级不同、节段及区域不同,其髓核内 T2 弛豫值不同,T2 弛豫值能够准确反映颈椎间盘髓核信号变化,可用来量化椎间盘信号,但仍需进一步组织学及分子生物学研究,了解其不同节段和不同区域内的 T2 弛豫值与形态学分级的变化规律,有助于进一步理解椎间盘内信号改变的发生机制,为临床颈椎间盘退变的定量诊断提供更详细的影像学依据。

4 参考文献

1. Wang YX, Zhao F, Griffith JF, et al. T1rho and T2 relaxation times for lumbar disc degeneration: an in vivo comparative study at 3.0-Tesla MRI[J]. Eur Radiol, 2013, 23(1): 228-234.
2. Kettler A, Wilke HJ. Review of existing grading systems for cervical or lumbar disc and facet joint degeneration [J]. Eur Spine J, 2006, 15(6): 705-718.
3. Stelzeneder D, Welsch GH, Kovacs BK, et al. Quantitative T2 evaluation at 3.0T compared to morphological grading of the lumbar intervertebral disc: a standardized evaluation approach in patients with low back pain[J]. Eur J Radiol, 2012, 81(2): 324-330.
4. Antoniou J, Epure LM, Michalek AJ, et al. Analysis of quantitative magnetic resonance imaging and biomechanical parameters on human discs with different grades of degeneration[J]. J Magn Reson Imaging, 2013, 38(6): 1402-1414.
5. 沈思, 王昊, 史长征, 等. 青年人群腰椎间盘磁共振 T2~* map 成像[J]. 中国医学影像技术, 2010, 26(11): 2164-2167.
6. Xia Y. Magic-angle effect in magnetic resonance imaging of articular cartilage: a review[J]. Invest Radiol, 2000, 35(10): 602-621.
7. Ellingson AM, Mehta H, Polly DW, et al. Disc degeneration assessed by quantitative T2*(T2 star) correlated with functional lumbar mechanics[J]. Spine, 2013, 38(24): E1533-1540.
8. Hoppe S, Quirbach S, Mamisch TC, et al. Axial T2 mapping in intervertebral discs: a new technique for assessment of intervertebral disc degeneration[J]. Eur Radiol, 2012, 22(9): 2013-2019.
9. Marinelli NL, Haughton VM, Munoz A, et al. T2 relaxation times of intervertebral disc tissue correlated with water content and proteoglycan content[J]. Spine, 2009, 34(5): 520-524.
10. Matsumura Y, Kasai Y, Obata H, et al. Changes in water content of intervertebral discs and paravertebral muscles before and after bed rest[J]. J Orthop Sci, 2009, 14(1): 45-50.
11. Krueger EC, Perry JO, Wu Y, et al. Changes in T2 relaxation times associated with maturation of the human intervertebral disk [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2007, 28(7): 1237-1241.
12. Chen C, Huang M, Han Z, et al. Quantitative T2 magnetic resonance imaging compared to morphological grading of the early cervical intervertebral disc degeneration: an evaluation approach in asymptomatic young adults[J]. PLoS One, 2014, 9(2): e87856.
13. Wu N, Liu H, Chen J, et al. Comparison of apparent diffusion coefficient and T2 relaxation time variation patterns in assessment of age and disc level related intervertebral disc changes[J]. PLoS One, 2013, 8(7): e69052.
14. 鲁朝宣, 杨汉丰, 杜勇. T2-mapping 在椎间盘中的研究现状 [J]. 中国临床医学影像杂志, 2010, 21(12): 867-869.
15. 赵建, 郭智萍, 王林峰, 等. 腰痛患者腰椎 3.0T MR 弥散加权成像腰椎间盘表观弥散系数与椎间盘退变分级的相关性 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2013, 23(12): 1074-1078.
16. Niu G, Yang J, Wang R, et al. MR imaging assessment of lumbar intervertebral disk degeneration and age-related changes: apparent diffusion coefficient versus T2 quantitation [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2011, 32(9): 1617-1623.
17. Takashima H, Takebayashi T, Yoshimoto M, et al. Correlation between T2 relaxation time and intervertebral disk degeneration[J]. Skeletal Radiol, 2012, 41(2): 163-167.

(收稿日期:2014-02-10 末次修回日期:2014-06-15)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 卢庆霞)