

腰椎间盘突出症患者突出椎间盘及相邻椎间盘退变程度的 MRI 分析

黑 龙¹, 赵建国², 马莉琼³, 马秀才¹, 锁志刚¹, 尚雁冰¹, 丁惠强¹

(1 宁夏医科大学总医院脊柱骨科; 2 宁夏医科大学肿瘤医院放射科; 3 宁夏医科大学总医院病理科 75004 银川市)

【摘要】目的:分析腰椎间盘突出症患者突出椎间盘及相邻椎间盘的术前 MRI 表现, 评估其退变程度。**方法:**回顾性分析 2014 年 6 月~2015 年 12 月在宁夏医科大学总医院脊柱骨科已行手术治疗的单节段腰椎间盘突出症患者 100 例, 其中男 56 例, 女 44 例, 年龄 23~79 岁 (51.68 ± 5.60 岁), 将所有患者以 10 年为一年龄段进行分组。突出椎间盘发生在 L4/5 节段 50 个, 其相邻椎间盘 100 个; L5/S1 节段 50 个, 其相邻椎间盘 50 个。观察术前腰椎 MRI, 椎间盘采用 Pfirrmann 分级标准进行评估; 软骨终板形态以 Pappou 分级标准进行评估。年龄段间的比较采用单因素方差分析, 相邻椎间盘与退变椎间盘间的相关性采用 Pearson 相关分析, 相邻椎间盘间的比较采用 *t* 检验。**结果:**各年龄段 L4/5、L5/S1 突出椎间盘的 Pfirrmann 分级均在 III 级以上、Pappou 分级均在 II 级以上, 各年龄段间椎间盘退变结果有统计学差异 ($P < 0.05$); 而各年龄段间软骨终板退变结果无统计学差异 ($P > 0.05$)。各年龄段间突出椎间盘发生在 L4/5、L5/S1 的上位相邻椎间盘 Pfirrmann 分级有统计学差异 ($P < 0.05$), 下位相邻椎间盘 Pfirrmann 分级各年龄段无统计学差异 ($P > 0.05$), 相邻椎间盘软骨终板退变结果各年龄段间无统计学差异 ($P > 0.05$)。相邻的 L3/4 椎间盘 Pfirrmann 分级与突出的 L4/5 椎间盘 Pfirrmann 分级有相关性 ($r = 0.696$, $P = 0.000$), 相邻 L5/S1 椎间盘 Pfirrmann 分级与突出 L4/5 椎间盘 Pfirrmann 分级间无相关性 ($r = 0.214$, $P = 0.136$); 相邻的 L3/4、L5/S1 椎间盘软骨终板形态 Pappou 分级与突出的 L4/5 椎间盘软骨终板形态 Pappou 分级均有相关性 ($r = 0.467$, $P = 0.001$; $r = 0.380$, $P = 0.007$)。相邻 L4/5 椎间盘的 Pfirrmann 分级与突出 L5/S1 椎间盘的 Pfirrmann 分级有相关性 ($r = 0.549$, $P = 0.000$); 相邻 L4/5 椎间盘软骨终板形态 Pappou 分级与突出 L5/S1 椎间盘的软骨终板形态 Pappou 分级有相关性 ($r = 0.684$, $P = 0.001$)。L4/5 椎间盘突出的相邻 L3/4 椎间盘 Pfirrmann 分级和软骨终板形态 Pappou 分级评分分别为 3.26 ± 0.87 分、 1.54 ± 0.50 分, 均高于相邻 L5/S1 椎间盘的 2.96 ± 0.59 分、 1.23 ± 0.49 分 ($P < 0.05$)。**结论:**腰椎间盘突出症患者突出节段的相邻椎间盘及软骨终板的退变与年龄及突出椎间盘退变程度关系密切, 且相邻上位椎间盘较下位椎间盘退变更明显。

【关键词】腰椎间盘突出症; 相邻椎间盘; MRI

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2016.09.06

中图分类号: R681.5, R445.2 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2016)-09-0807-06

Analysis of MRI on the degeneration degree of herniated disc and adjacent disc in lumbar disc herniation/HEI Long, ZHAO Jianguo, MA Liqiong, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2016, 26(9): 807-812

【Abstract】Objectives: To analyze the MRI profile of protruding and its adjacent discs in lumbar disc herniation before surgery as well as the degree of degeneration, and to summarize their imaging features. **Methods:** 100 patients (56 males and 44 females, the range of age was 23-79 and mean age was 51.68 ± 5.60 years old) treated in spine surgery department of General Hospital of Ningxia Medical University from June 2014 to December 2015 were reviewed retrospectively. All patients were grouped into each age group for 10 years. There were 50 cases with L4/5 disc herniation of 100 adjacent discs, 50 cases with L5/S1 herniation of 50 adjacent discs. Pfirrmann Grading Standard was used for disc evaluation, and Pappou Grading Standard was used for evaluation of endplates from the preoperative MRI. Pearson correlation analysis was used to compare

第一作者简介: 男 (1978-), 副主任医师, 研究方向: 脊柱骨科

电话: (0951) 6743242 E-mail: usf-heilong@163.com

并列第一作者: 赵建国 E-mail: fsyzhaojianguo@163.com

通讯作者: 丁惠强 E-mail: dinghuiqiang-nx@163.com

the correlation between adjacent disc and degenerative disc by using t -test. **Results:** In each range of age group, the Pfirmann grade in segments herniated disc of L4/5, L5/S1 was over grade III, and the Pappou grade was over grade II, age appeared statistically significant ($P < 0.05$) among all groups, cartilage endplate degeneration among all age groups was not statistically significant ($P > 0.05$). Upper adjacent disc Pfirmann grade of herniated disc occurred at L4/5 and L5/S1, all ages were statistically significant ($P < 0.05$), lower adjacent disc was not statistically significant ($P > 0.05$), adjacent endplate cartilage degeneration result for each age group was not statistically significant ($P > 0.05$). Correlation existed in the Pfirmann grade of adjacent disc L3/4 and herniated disc L4/5 ($r = 0.696$, $P = 0.000$), while no correlation was noted between adjacent disc L5/S1 and herniated disc L4/5 ($r = 0.214$, $P = 0.136$), adjacent disc L3/4, L5/S1 and herniated disc L4/5 endplate morphology Pappou grade was correlated ($r = 0.467$, $P = 0.001$; $r = 0.380$, $P = 0.007$). Adjacent disc L4/5 and herniated disc L5/S1 Pfirmann grade was correlated ($r = 0.549$, $P = 0.000$); there was correlation in the adjacent disc L4/5 and herniated disc L5/S1 endplate cartilage morphology Pappou grade ($r = 0.684$, $P = 0.001$). Adjacent disc L3/4 Pfirmann grade and cartilage endplate morphology Pappou grade scores were 3.26 ± 0.87 and 1.54 ± 0.50 respectively, which were higher than the adjacent disc L5/S1 of 2.96 ± 0.59 and 1.23 ± 0.49 ($P < 0.05$). **Conclusions:** There are correlations among adjacent disc, endplate, age and disc degeneration in patients, the upper adjacent disc degeneration changes significantly than the lower.

【Key words】 Lumbar disc herniation; Adjacent disc; MRI

【Author's address】 Department of Orthopaedic, The Affiliated Hospital of Ningxia Medical University, Yinchuan, 750004, China

腰椎间盘突出症临床上十分常见,是以椎间盘退变为前提的病理过程,腰椎间盘向后突出机械压迫相应部位的神经根引起腰腿疼痛等相关病症。目前外科治疗的“金标准”是采用固定、减压、融合技术缓解临床症状,术后融合率较高^[1]。然而,有研究通过术后长期随访发现有相当部分患者的相邻节段发生了退变,并有可能出现新的神经系统症状和体征,其发生率为 0~30.3%^[2]。目前研究认为突出节段融合后相邻节段应力、活动度、关节面载荷以及椎间盘内压力的改变等是导致相邻椎间盘退变的主要原因^[3]。我们临床观察发现在腰椎间盘突出症治疗之前,有些患者的 MRI 显示突出椎间盘和相邻椎间盘同时存在不同程度的退变。本研究通过分析腰椎间盘突出症患者突出椎间盘及相邻椎间盘术前 MRI 的表现,评估突出椎间盘及相邻椎间盘的退变程度,旨在了解相邻椎间盘在手术治疗前是否存在退变情况。

1 资料和方法

1.1 一般资料

收集 2014 年 6 月~2015 年 12 月就诊于宁夏医科大学总医院脊柱骨科、明确诊断为单节段腰椎间盘突出症已行手术治疗的患者 100 例,男 56 例,女 44 例,年龄 23~79 岁 (51.68 ± 5.60 岁)。其中,椎间盘突出发生在 L4/5 节段 50 个,其相邻椎

间盘 L3/4 节段 50 个、L5/S1 节段 50 个;椎间盘突出在 L5/S1 节段 50 个,其相邻椎间盘 L4/5 节段 50 个,共观察相邻椎间盘 150 个。将所有患者以 10 年为一年龄段进行分组。

1.2 影像学资料

所有患者术前腰椎 MRI 检查的设备为美国 GE 公司 Signa 1.5T Infinity TwinSpeed 超导磁共振成像系统,扫描参数采用 SE 自旋回波序列,作矢状面 T1 加权 (TR/TE 440/10.7ms)、T2 加权 (TR/TE 2400/103ms) 扫描,层厚 4mm,层距 1mm,矩阵 320×256。所有术前 MRI 资料采用双盲法评估,由一名放射科主任医师和一名外科主任医师分别独立评估分级情况,最后综合评分进行分析。

1.3 椎间盘及软骨终板评估方法

对 L3/4、L4/5、L5/S1 椎间盘,以 Pfirmann 分级法^[4]作为评估标准,共分 5 级,1~2 级为正常,3 级以上为退变;按分级标准予以评分,Ⅰ级为 1 分,Ⅱ级为 2 分,Ⅲ级为 3 分,Ⅳ级为 4 分,Ⅴ级为 5 分,分值越高其退变情况越严重。软骨终板形态以 Pappou 分级标准^[5]进行评估,共分 3 级,1 级为正常,2~3 级为退变;按分级标准予以评分,凹面型为Ⅰ级,1 分;平坦型为Ⅱ级,2 分;不规则型为Ⅲ级,3 分;分值越高其退变情况越严重。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 11.5 统计软件分析,计量资料用

均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,年龄段间比较采用单因素方差分析;相邻椎间盘与退变椎间盘间的相关性采用 Pearson 相关分析, $P<0.05$ 为差异有统计学意义;相邻椎间盘间的比较采用 t 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 年龄段分组间的比较

L4/5 突出椎间盘及相邻节段椎间盘各年龄段的 Pfirrmann 分级、Pappou 分级评分结果见表 1 和图 1。突出椎间盘分级均在Ⅲ级以上,表明退变明显,相邻的 L3/4 椎间盘各年龄段 Pfirrmann 分级差异有统计学意义($P<0.05$),而相邻的 L5/S1 椎间盘 Pfirrmann 分级各年龄段差异无统计学意义($P>0.05$);突出椎间盘软骨终板形态分级在Ⅱ级以上,各年龄段间软骨终板分级结果差异无统计学意义($P>0.05$)。

L5/S1 突出椎间盘及相邻节段椎间盘各年龄段的 Pfirrmann 分级、Pappou 分级评分结果见图 2 和表 2。突出的 L5/S1 椎间盘退变明显,分级均在Ⅲ级以上,相邻的 L4/5 椎间盘和突出的 L5/S1 椎间盘各年龄段 Pfirrmann 分级差异有统计学意义($P<0.05$);突出的 L5/S1 椎间盘软骨终板形态分级均在Ⅱ级以上,相邻的 L4/5 椎间盘和突出的 L5/S1 椎间盘各年龄段软骨终板分级结果差异无统计学意义($P>0.05$)。

2.2 相邻椎间盘与突出椎间盘的相关性分析

Pearson 相关性分析结果显示,相邻的 L3/4 椎间盘 Pfirrmann 分级与突出的 L4/5 椎间盘 Pfirrmann 分级有相关性($r=0.696, P=0.000$),L5/S1 椎间盘与突出 L4/5 椎间盘间无相关性($r=0.214$,

$P=0.136$,图 3);相邻的 L3/4、L5/S1 椎间盘软骨终板形态 Pappou 分级与突出的 L4/5 椎间盘软骨终板形态 Pappou 分级均有相关性($r=0.467, P=0.001; r=0.380, P=0.007$,图 4)。相邻 L4/5 椎间盘的 Pfirrmann 分级与突出 L5/S1 椎间盘的 Pfirrmann 分级有相关性($r=0.549, P=0.000$,图 5);相邻 L4/5 椎间盘软骨终板形态 Pappou 分级与突出 L5/S1 椎间盘的软骨终板形态 Pappou 分级有相关性($r=0.684, P=0.001$,图 6),相邻椎间盘软骨终板随突出椎间盘软骨终板退变而退变。

2.3 相邻椎间盘间比较

对 L4/5 椎间盘突出的相邻 L3/4 椎间盘和 L5/S1 椎间盘采用 t 检验,50 个相邻的 L3/4 椎间盘 Pfirrmann 分级评分为 3.26 ± 0.87 ,L5/S1 椎间盘为 2.96 ± 0.59 , t 值=2.268, $P=0.028<0.05$;L3/4 软骨终板形态 Pappou 分级评分为 1.54 ± 0.50 ,L5/S1 为 1.23 ± 0.49 , t 值=3.000, $P=0.004<0.05$,相邻的上位椎间盘退变程度高于相邻的下位椎间盘。

3 讨论

MRI 是一种无创、无辐射的影像学检查技术,因为椎间盘成份不同,纤维环、髓核及软骨终板在 MRI 上的信号表现不同^[6],故而成为临床上诊断椎间盘退变性疾病的首选方法^[7]。正是基于椎间盘各成分在 MRI 表现的差异性,Pfirrmann 分级系统被提出^[8],该分级系统能客观反映椎间盘的实际情况,已广泛应用于评价椎间盘的退变程度。另外,当椎间盘退变时软骨终板也会发生相应变化以适应退变,Pappou 等^[9]通过研究发现软骨终板形态与椎间盘退变明显相关,并将此分为凹面型、平坦型和不规则型三种类型。李春林等^[10]研

表 1 L4/5 突出节段及相邻节段退变评分结果

Table 1 L4/5 of herniated segment and the adjacent segment degeneration score results

分组 Group	n	椎间盘评分 Disc score			终板评分 Endplate score		
		L3/4	L4/5	L5/S1	L3/4	L4/5	L5/S1
<40 岁 <40 years	9	1.77 $\pm$ 0.83 (1.0~3.0)	3.77 $\pm$ 0.44 (3.0~4.0)	2.88 $\pm$ 1.16 (1.0~3.0)	1.22 $\pm$ 0.44 (1.0~2.0)	2.33 $\pm$ 0.86 (1.0~3.0)	1.33 $\pm$ 0.50 (1.0~2.0)
40~50 岁 40~50 years	13	3.15 $\pm$ 0.68 (2.0~4.0)	4.15 $\pm$ 0.37 (3.0~5.0)	3.00 $\pm$ 0.57 (2.0~3.0)	1.61 $\pm$ 0.32 (1.0~2.0)	2.00 $\pm$ 0.00 (1.0~3.0)	1.30 $\pm$ 0.36 (1.0~2.0)
50~60 岁 50~60 years	11	4.00 $\pm$ 0.00 (3.0~5.0)	4.81 $\pm$ 0.40 (4.0~5.0)	2.90 $\pm$ 0.83 (2.0~3.0)	1.72 $\pm$ 0.41 (1.0~2.0)	2.36 $\pm$ 0.43 (2.0~3.0)	1.27 $\pm$ 0.20 (1.0~2.0)
>60 岁 >60 years	17	3.58 $\pm$ 0.50 (3.0~5.0)	4.58 $\pm$ 0.50 (4.0~5.0)	3.17 $\pm$ 0.72 (2.0~3.0)	1.52 $\pm$ 0.51 (1.0~2.0)	2.33 $\pm$ 0.43 (1.0~3.0)	1.47 $\pm$ 0.51 (1.0~3.0)
F		27.696	11.456	0.360	1.902	0.850	0.457
P		0.000	0.000	0.782	0.143	0.474	0.713

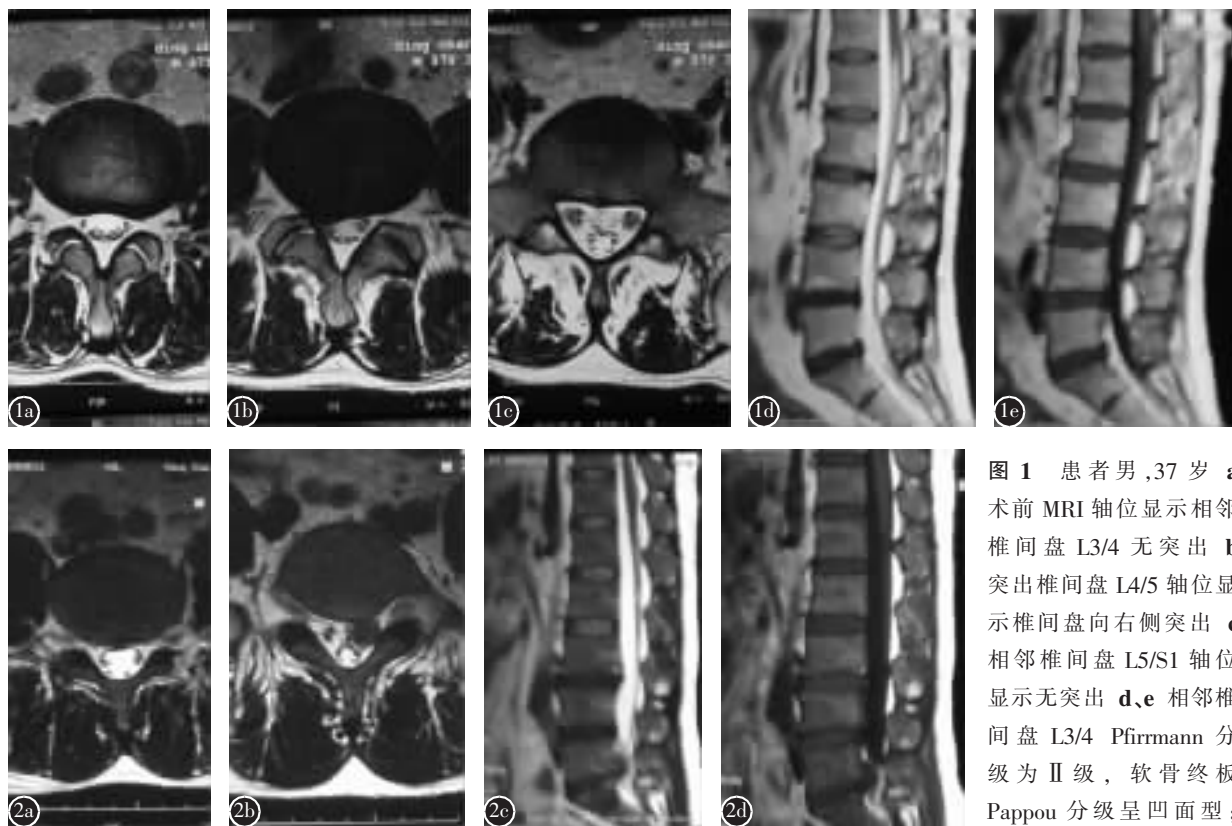


图 1 患者男, 37 岁 a 术前 MRI 轴位显示相邻椎间盘 L3/4 无突出 b 突出椎间盘 L4/5 轴位显示椎间盘向右侧突出 c 相邻椎间盘 L5/S1 轴位显示无突出 d, e 相邻椎间盘 L3/4 Pfirrmann 分级为 II 级, 软骨终板 Pappou 分级呈凹面型; 突出椎间盘 L4/5 和相邻

椎间盘 L5/S1 均明显退变, 椎间盘分级均为 IV 级, 软骨终板分级均呈平坦型 图 2 患者男, 56 岁 a 术前 MRI 相邻椎间盘 L4/5 轴位显示无突出 b 突出椎间盘 L5/S1 轴位显示椎间盘向左侧突出 c, d 突出椎间盘 L5/S1 Pfirrmann 分级为 V 级, 软骨终板 Pappou 分级呈平坦型; 相邻椎间盘 L4/5 椎间盘分级为 IV 级, 软骨终板分级呈凹面型

Figure 1 37-year-old male a Adjacent disc L3/4 without protruding in the pre-operation MRI b Herniated disc L4/5 protruding to the right side c Adjacent disc L5/S1 without protruding d, e Pfirrmann grade II and endplate Pappou grade was concave in the adjacent disc L3/4. There was obvious degeneration of the herniated discs L4/5 and adjacent disc L5/S1, Pfirrmann grade IV and endplate Pappou grade was flat **Figure 2** 56-year-old male a Adjacent disc L4/5 without protruding in the pre-operation MRI b Herniated disc L5/S1 protruding to the left c, d Pfirrmann grade V and endplate Pappou grade was flat in the herniated discs L5/S1, Pfirrmann grade IV and endplate Pappou grade was concave in the adjacent disc L4/5

表 2 L5/S1 突出节段及相邻节段退变评分结果

Table 2 L5/S1 of herniated segment and the adjacent segment degeneration score results

分组 Group	n	椎间盘评分 Disc score		软骨终板评分 Endplate score	
		L4/5	L5/S1	L4/5	L5/S1
<40 岁 <40 years	10	1.90±0.73 (1.0~3.0)	4.00±0.66 (3.0~5.0)	1.40±0.51 (1.0~2.0)	2.40±0.51 (2.0~3.0)
40~50 岁 40~50 years	10	2.60±0.69 (2.0~4.0)	3.90±0.31 (3.0~5.0)	1.60±0.16 (1.0~2.0)	2.20±0.24 (1.0~3.0)
50~60 岁 50~60 years	16	3.37±0.61 (2.0~4.0)	3.93±0.25 (3.0~5.0)	1.81±0.16 (1.0~2.0)	2.56±0.51 (2.0~3.0)
>60 岁 >60 years	14	3.78±0.42 (3.0~4.0)	4.5±0.51 (4.0~5.0)	1.57±0.51 (1.0~2.0)	2.64±0.49 (1.0~3.0)
F		21.593	5.193	1.165	1.344
P		0.000	0.004	0.333	0.272

究发现, 软骨终板形态从凹面型到平坦型再到不规则型, 腰椎间盘退变呈逐渐加重趋势, 可以客观、间接地反映出腰椎间盘的退变程度。因腰椎间盘退变是一个渐进性的过程, 影响因素较多, MRI 表现不尽相同, 故而本研究通过观察腰椎间盘突出症患者的腰椎 MRI, 综合分析椎间盘 Pfirrmann 分级和软骨终板 Pappou 分级情况, 可以对椎间盘的退变情况有更为准确、客观的评价。

椎间盘退变(intervertebral disc degeneration, IVDD)是一种以细胞质丢失、细胞外基质降解继而出现形态学和生物力学性质改变为特征的退行性疾病。其机制主要有椎间盘所受力学因素、营养

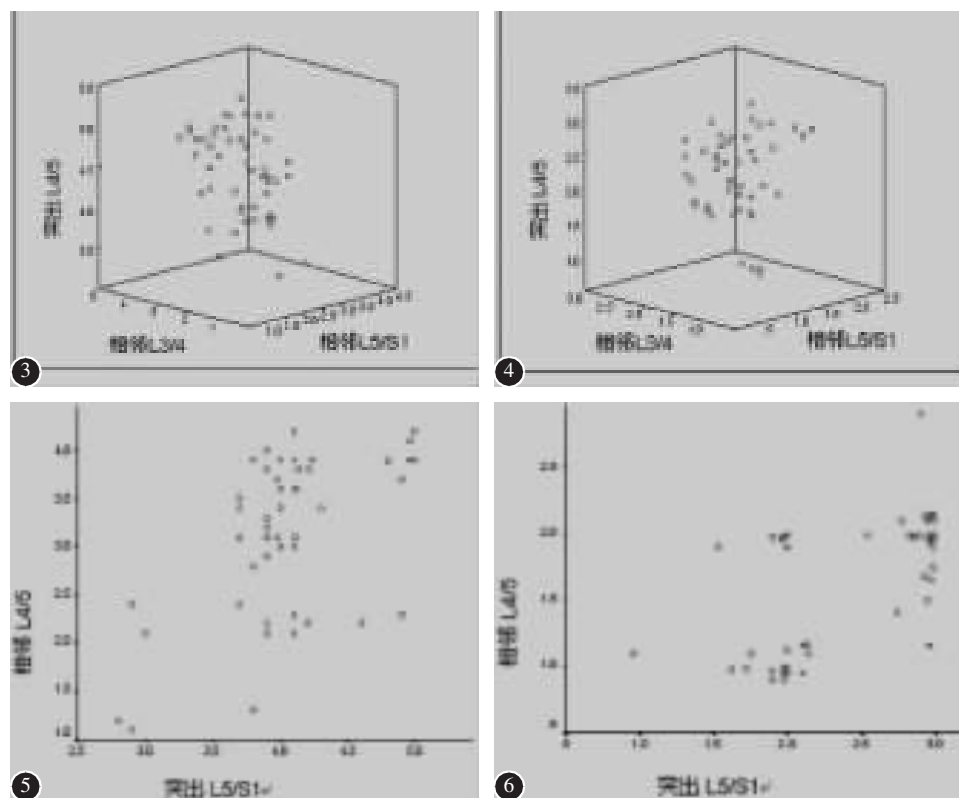


图 3 突出 L4/5 椎间盘的 Pfirrmann 分级与相邻 L3/4 椎间盘有相关性 ($r=0.696, P=0.000$), 与 L5/S1 椎间盘无相关性 ($r=0.214, P=0.136$) 图 4 突出 L4/5 椎间盘的软骨终板形态 Pappou 分级与相邻 L3/4 椎间盘有相关性 ($r=0.467, P=0.001$), 与 L5/S1 椎间盘有相关性 ($r=0.380, P=0.007$) 图 5 突出 L5/S1 椎间盘的 Pfirrmann 分级和相邻 L4/5 椎间盘有相关性 ($r=0.549, P=0.000$) 图 6 突出 L5/S1 椎间盘的软骨终板形态 Pappou 分级和相邻 L4/5 椎间盘有相关性 ($r=0.684, P=0.001$)

Figure 3 Pfirrmann correlation of L4/5 segments herniated disc and L3/4 adjacent disc, $r=0.696, P=0.000$; and L5/S1 adjacent disc, $r=0.214, P=0.136$ **Figure 4** Pappou correlation of L4/5 segments herniated disc and L3/4 adjacent disc, $r=0.467, P=0.001$; and L5/S1 adjacent disc, $r=0.380, P=0.007$ **Figure 5** Pfirrmann correlation of L5/S1 segments herniated disc and L4/5 adjacent disc, $r=0.549, P=0.000$ **Figure 6** Pappou correlation of L5/S1 segments herniated disc and L4/5 adjacent disc, $r=0.684, P=0.001$

因素、细胞凋亡因素等^[9]。目前已有大量关于突出椎间盘的相关研究,而相邻椎间盘是否也同样存在着类似的退变,目前相关报道甚少。随着对腰椎间盘突出症患者术后疗效的长期随访,发现突出椎间盘的相邻节段椎间盘在 MRI 也有不同程度的退变情况发生,主要表现为椎间盘信号在 T2 加权像为低信号、椎间隙高度降低、椎间盘轻度膨出、软骨终板硬化等。目前主流观点认为相邻节段椎间盘发生退变与腰椎运动负荷及应力分布的改变有关。Sudo 等^[10]的研究表明,突出椎间盘的退变增加了邻近节段椎间盘内压及应力负荷,尤其是对于那些邻近节段已有退变的,可加速相邻节段椎间盘发生退变;当退变椎间盘相邻节段椎间盘内压力升高、椎板和纤维环应力增大,原本发生在

责任退变节段的关节变形量作用于相邻节段,使其变形量增加继而发生退变^[11]。

本研究结果提示,相邻椎间盘退变的发生和年龄因素密切相关,在各年龄段患者的椎间盘 Pfirrmann 分级和软骨终板 Pappou 分级均有退变表现,随年龄的增大其退变情况有逐渐加重的趋势,且相邻椎间盘与突出椎间盘退变有确切的相关性。考虑原因可能为:(1)随着年龄的增大,软骨终板钙化程度增加使得弥散功能下降,最终导致椎间盘的营养供应与代谢产物输出失衡,引起椎间盘细胞功能障碍甚至椎间盘细胞死亡。Rajasekaran 等^[12]通过研究营养物质的弥散状况发现,椎间盘营养获得受阻是椎间盘退变的一个重要原因。在动物实验中发现,通过降低软骨终板通

透性可以加速椎间盘退变^[13]。(2)突出节段椎间盘压迫神经根引起相应腰腿痛的临床症状,为缓解疼痛患者会有姿势性侧凸,导致脊柱生物力学发生改变,相邻节段椎间盘活动度相应增大、椎间盘内压力升高,纤维环应力增大,继而加速了退变的发生。有研究者通过有限元分析模型亦证实了退变椎间盘邻近节段的活动度及椎间盘内压均有增加^[14]。有研究通过对牛腰椎的实验证实腰椎上位邻近节段退变的发生与退变责任节段后柱结构完整性的破坏直接相关^[15]。另外,本研究结果还提示相邻上位椎间盘的 Pfirrmann 分级和软骨终板 Pappou 分级的均值都高于下位椎间盘,提示相邻的上位椎间盘退变程度重于下位相邻椎间盘。这可能与 L4/5、L5/S1 的生物力学特性有关。有研究表明 L4/5 节段椎体前后移位距离比 L5/S1 节段大^[16],相应的上位相邻节段椎间盘较下位椎间盘发生前后移位的趋势大,导致相邻上位椎间盘内压力高于下位椎间盘,再有年龄、性别、体重等因素叠加后,最终出现相邻上位椎间盘退变重于下位相邻椎间盘的影像学表现。

通过分析本研究结果,初步认为:相邻椎间盘发生退变与年龄因素及突出椎间盘退变程度关系密切,只是未向后方突出压迫神经根引起相应临床症状,其具体发生机制尚未明确,值得我们进一步探讨研究。

4 参考文献

1. Li J, Li Y, Kong F, et al. Adjacent segment degeneration after single level anterior cervical decompression and fusion: disc space distraction and its impact on clinical outcomes [J]. Clin Neurosci, 2015, 22(3): 566-569.
2. Xia XP, Chen HL, Cheng HB. Prevalence of adjacent segment degeneration after spine surgery: a systematic review and Meta-analysis[J]. Spine, 2013, 38(7): 597-608.
3. Virk SS, Niedermeier S, Yu E, et al. Adjacent segment disease[J]. Orthopedics, 2014, 37(8): 547-555.
4. Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, et al. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration [J]. Spine, 2001, 26(17): 1873-1878.
5. Pappou IP, Cammisa FP Jr, Girardi FP. Correlation of and plate shape on MRI and disc degeneration in surgically treated patients with degeneration disc disease and herniated nucleus pulposus[J]. Spine J, 2007, 7(1): 32-38.
6. 侯昌龙, 庄文权, 杨建勇. 腰椎退行性变的 MR 成像进展[J]. 影像诊断与介入放射学, 2009, 18(6): 324-326.
7. Smith LJ, Kurmis AP, Slavotinek JP, et al. In vitro evaluation of a manganese chloride phantom-based MRI technique for quantitative determination of lumbar intervertebral disc composition and condition[J]. Eur Spine J, 2011, 20(3): 434-439.
8. 李春林, 李放, 张志成. 椎间盘退变性疾患下腰椎终板形态的 MRI 观察[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2012, 22(5): 393-397.
9. 郭健行, 黄桂成. 椎间盘退变影响因素研究进展[J]. 国际骨科学杂志, 2008, 29(1): 46-48.
10. Sudo H, Oda I, Abumi K, et al. Biomechanical study on the effect of five different lumbar reconstruction techniques on adjacent-level intradiscal pressure and lamina strain [J]. J Neurosurg Spine, 2006, 5(2): 150-155.
11. Virk SS, Niedermeier S, Yu E, et al. Adjacent segment disease[J]. Orthopedics, 2014, 37(8): 547-555.
12. Rajasekaran S, Babu JN, Arun R, et al. ISSLS prize winner: a study of diffusion in human lumbar discs: a serial magnetic resonance imaging study documenting the influence of the endplate on diffusion in normal and degenerate discs [J]. Spine, 2004, 29(23): 2654-2667.
13. 陈军平, 王兆杰, 安荣泽, 等. 软骨终板通透性对兔退变腰椎间盘型胶原表达的影响[J]. 临床和实验医学杂志, 2014, 13(10): 781-784.
14. Tang S, Rebbholz BJ. Does anterior lumbar interbody fusion promote adjacent degeneration in degenerative disc disease? a finite element study[J]. J Orthop Sci, 2011, 16(2): 221-228.
15. 陈辉, 吴小涛, 王运涛, 等. 腰椎后柱“骨-腱-骨”结构完整性对邻近节段生物力学的影响[J]. 现代医学, 2007, 35(6): 454-457.
16. Wu M, Wang S, Driscoll SJ, et al. Dynamic motion characteristics of the lower lumbar spine: implication to lumbar pathology and surgical treatment[J]. Eur Spine J, 2014, 23(11): 2350-2358.

(收稿日期:2016-04-09 末次修回日期:2016-08-24)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)