

腰椎间盘突出症患者下腰椎终板矢状面形态特征

丁浚哲, 孔超, 孙祥耀, 鲁世保

(首都医科大学宣武医院骨科 100032 北京市)

【摘要】目的:观察腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)患者下腰椎(L3~S1)终板矢状面形态特征。**方法:**回顾性分析 2016 年 6 月~2017 年 7 月就诊我院的腰椎间盘突出症患者和无明确腰椎疾病的志愿者。共纳入 LDH 患者 141 例, 其中男 61 例, 女 80 例, 年龄 61.6 ± 10.1 岁(41~79 岁), 身体质量指数(BMI)为 26.3 ± 3.4 ($18.3 \sim 33.2$)。对照组纳入志愿者 109 例, 其中男 47 名, 女 62 名, 年龄 55.4 ± 12.2 岁(40~87 岁), BMI 为 25.3 ± 3.6 ($17.6 \sim 32.5$)。在腰椎 CT 正中矢状面重建图像上测量 LDH 患者椎间盘突出节段的终板形态和志愿者腰椎 L3 下终板至 S1 上终板的终板形态学参数, 包括终板屈曲深度(ECD)、矢状面屈曲角(SCA)和终板屈曲顶点位置(ECA); 相应节段椎间盘退变程度在 MRI 上通过 Pfirrmann 分级进行评估。应用 t 检验比较 LDH 组与对照组终板矢状面形态学参数; 选择 L4/5 和 L5/S1 两节段中相同退变程度(Pfirrmann III 级, Pfirrmann IV 级)的椎间盘, 比较 LDH 组患者和对照组志愿者的终板矢状面形态。将 LDH 组患者和对照组志愿者终板数据合并后按照椎间盘退变程度分组(Pfirrmann II 级~Pfirrmann V 级), 应用 Kruskal-Wallis 检验比较不同退变程度椎间盘终板形态参数的组间差异。**结果:**LDH 组各节段终板 ECD 均显著低于对照组(L4 上终板 $P=0.016$, 其余终板 $P<0.01$), SCA 均显著大于对照组($P<0.01$); 除 L3 下终板外($P=0.014$), 所有节段终板 ECA 的组间差异无统计学意义($P>0.05$)。L4/5 和 L5/S1 节段中 Pfirrmann III 级和 IV 级椎间盘终板, 相同节段和退变分级的组间比较结果显示, LDH 组终板 ECD 显著小于对照组 ($P<0.05$), SCA 显著大于对照组 ($P<0.05$), ECA 未出现组间显著性差异 ($P>0.05$)。不同退变程度椎间盘终板形态参数组间比较显示, 随着椎间盘退变进展, 各节段 ECD 降低 ($P<0.01$), SCA 增大 ($P<0.01$), ECA 未出现一致的组间变化趋势。**结论:**LDH 患者相比对照组志愿者, 其下腰椎终板矢状面屈曲程度较低, 退变程度较高的椎间盘其终板屈曲程度较小。

【关键词】 腰椎间盘突出症; 终板; 终板形态; 腰椎退行性改变

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2018.10.03

中图分类号: R681.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2018)-10-0881-07

Lumbar vertebral endplate sagittal morphology of patients with lumbar disc herniation/DING Junzhe, KONG Chao, SUN Xiangyao, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2018, 28(10): 881-887

【Abstract】Objectives: To investigate the lower lumbar spine(L3-S1) sagittal endplate morphology of lumbar disc herniation(LDH) patients. **Methods:** A retrospective analysis was performed on patients with lumbar disc herniation and volunteers treated in our hospital from June 2016 to July 2017. A total of 141 patients with LDH were enrolled, including 61 males and 80 females, with an average age of 61.6 ± 10.1 (41-79) years and an average BMI of 26.3 ± 3.4 ($18.3 \sim 33.2$). The control group included 109 volunteers, including 47 males and 62 females, with an average age of 55.4 ± 12.2 (40-87) years and an average BMI of 25.3 ± 3.6 ($17.6 \sim 32.5$). Endplate morphological parameters from L3 inferior endplate to S1 superior endplate in LDH patients and control volunteers were measured on mid-sagittal CT reconstruction. Morphology parameters included endplate concavity depth(ECD), sagittal concavity angle(SCA) and endplate concavity apex(ECA). Degeneration of intervertebral discs were evaluated by using Pfirrmann classification on MRI image. Endplates of volunteers were used as control. The t -test was used to compare the sagittal endplate morphological parameters between the LDH group and the control group. Endplate morphology parameters of both LDH patients and control volunteers were grouped according to the degree of disc degeneration (Pfirrmann II to Pfirrmann V). Kruskal-

第一作者简介: 男(1993-), 在读硕士研究生, 研究方向: 脊柱外科

电话: (010)83198462 E-mail: 18310693576@163.com

通讯作者: 鲁世保 E-mail: spinelu@163.com

Wallis test was used to compare the endplate morphology among different groups. **Results:** The ECD of each segment of LDH group was significantly lower than that of the control group ($P=0.016$ at L4 superior endplate; $P<0.01$ at the remaining endplates). The endplate SCA of each segment of LDH group was significantly greater than that of the control group ($P<0.01$). There were no statistically significant differences of ECA in all segmental endplates except for the L3 inferior endplate ($P=0.014$). Comparison of Pfirrmann III and IV discs in the L4/5 and L5/S1 segments showed that the ECD of endplates in LDH group was significantly smaller than that of the control group ($P<0.05$) and there was no significant difference between the groups in the ECA ($P>0.05$). The results of Kruskal-Wallis test showed that with the progression of intervertebral disc degeneration, the ECD of each segment decreased ($P<0.01$), the SCA increased ($P<0.01$), and ECA showed no consistent trend between groups. **Conclusions:** The results of the present study show that endplates of LDH patients are less concaved compared to those of the controls. Lower degree of endplate concavity corresponds to high degree of intervertebral disc degeneration.

[Key words] Lumbar disc herniation; Endplate; Endplate morphology; Lumbar degeneration

[Author's address] Orthopaedic Department, Xuanwu Hospital, Beijing, 100032, China

腰椎间盘突出症 (lumbar disc herniation, LDH) 是腰椎退行性疾病的常见类型, LDH 的临床症状包括腰痛和神经根症状。研究表明, 老龄化、肥胖、吸烟、终板损伤、腰椎旋转负荷以及骨密度均是 LDH 的危险因素^[1-5]。然而, 终板作为腰椎退行性改变和 LDH 发生过程中的重要解剖结构因素, 目前对 LDH 患者腰椎终板矢状面形态特点和基于影像学数据的研究尚不充分。本研究旨在测量 LDH 患者下腰椎 (L3~S1) 中椎间盘突出节段的终板矢状面形态学特征, 比较 LDH 患者与志愿者的终板矢状面形态, 探讨其与椎间盘退变间的关系。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究采用回顾性分析。研究设计经我院伦理委员会批准。纳入 2016 年 6 月~2017 年 7 月在我院骨科接受治疗的 LDH 患者, 对照组包括 2016 年 6 月~2017 年 6 月在我院就诊的无明确腰椎疾病的志愿者。LDH 组纳入标准: (1) 结合体格检查和影像学检查, 由至少 2 位骨科医师诊断为 LDH, LDH 诊断标准参考文献^[6-8]; (2) 年龄范围为 40~80 岁; (3) 患者具有完整的腰椎影像学资料。排除标准: (1) 脊柱恶性肿瘤、严重风湿病、强直性脊柱炎、脊柱感染、椎体骨折、脊柱畸形或其他可能影响腰椎终板形态的因素; (2) 既往有脊柱手术史; (3) 具有其他可能影响腰椎终板形态的全身性疾病及状况, 如肌营养不良、重度骨质疏松、长期服用激素类药物等。对照组志愿者纳入标准:

(1) 既往无腰椎疾病史, 根据影像学检查和体格检查排除腰椎疾病诊断的因其他原因就诊人群; (2) 有完整的腰椎影像学资料。排除标准同 LDH 组。

1.2 影像学检查与测量参数

纳入研究的对象中, LDH 患者在门/急诊就诊后 2 周内, 志愿者在门诊就诊或住院期间完成以下检查。腰椎 CT 检查使用德国西门子 64 层螺旋 CT 行层厚 1mm 扫描, 受检者取仰卧位, 扫描范围为 T11 椎体上缘到 S1 上终板平面, 扫描完毕后应用 CT 工作站软件进行三维重建及图像处理。腰椎 MRI 检查: 使用德国西门子 Trio Tim 3.0T MR 成像仪, 应用脊柱线圈配合体部线圈行腰骶部检查, 受检者取仰卧位, 扫描范围从 L1 椎体上缘至 S1 上终板以下。

本研究测量自 L3 下终板至 S1 上终板的 6 个终板, CT 正中矢状面重建图像的终板形态学数据, 以及 L3~S1 三个椎间盘的退变分级 (采用 Pfirrmann 分级方式)。排除由于终板损伤、严重骨赘形成以及 Schmorl 结节等导致的形态不规则的终板。影像学测量指标: 终板屈曲深度 (endplate concavity depth, ECD)、终板屈曲顶点位置 (endplate concavity apex, ECA) 和矢状面屈曲角 (sagittal concavity angle, SCA)^[9]。测量方法如图 1 所示, 在 CT 正中矢状面重建图像上定义终板前缘为 A, 后缘为 P, 以 1mm 间距作 AP 连线的垂线, 与终板间最长的线段记为 CD, 定义 CD 长度为 ECD, 定义 AD 和 DP 的比率为 ECA, 定义 AC 和 CP 组成的夹角为 SCA^[10-12]。

定义 3 种终板矢状面形态: (1) 平坦型,

$ECD \leq 1\text{mm}$; (2) 屈曲型, $ECD > 1\text{mm}$ 且终板在前后缘间均匀屈曲, 即 $0.5 \leq ECA \leq 2$; (3) 偏中心型, $ECD > 1\text{mm}$ 且终板出现显著不均匀屈曲, 即 $ECA < 0.5$ 或 $ECA > 2$ ^[1]。在 MRI 上应用 Pfirrmann 分级评估椎间盘退变情况, 记为 I、II、III、IV、V 级。所有影像学数据均由 2 位接受影像学测量相关培训后的骨科医师独立测量和评估, 取平均值; 对于存在测量困难的数据, 由测量者讨论后做出决定。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 22.0 统计软件进行数据录入及处理, 计量资料用平均值 $\pm$ 标准差表示, 分类变量用率表示。所有数据均行描述性分析和正态性检验。使用 Kolmogorov-Smirnov 检验连续变量是否符合正态分布, 符合正态分布的变量使用 t 检验和 one-way ANOVA 进行比较。多个非参数变量采用 Kruskal-Wallis 检验进行分析。应用 t 检验比较 LDH 组中椎间盘突出节段终板与对照组终板形态学参数; LDH 组和对照组中, L4/5 和 L5/S1 节段的 Pfirrmann III 级和 Pfirrmann IV 级退变椎间盘终板形态, 相同节段和退变程度的椎间盘终板形态。将 LDH 组患者和对照组志愿者终板数据合并后按照椎间盘退变程度分组 (Pfirrmann II 级~V 级), 应用 Kruskal-Wallis 检验比较终板形态学参数的组间差异。以双侧检验 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

LDH 组共纳入 141 例 LDH 患者, 其中男 61

例, 女 80 例, 年龄 61.6 ± 10.1 岁 (41~79 岁), 身体质量指数 (BMI) 为 26.3 ± 3.4 。对照组包括 109 名志愿者, 其中男 47 名, 女 62 名; 年龄 55.4 ± 12.2 岁 (40~87 岁), BMI 为 25.3 ± 3.6 。LDH 组与对照组比较, 平均年龄大于对照组 ($P < 0.05$), 性别分布 ($P = 0.982$) 和平均 BMI ($P = 0.124$) 无显著性差异。共测量 1291 个终板, 其中 LDH 组中的突出椎间盘终板 506 个, 26 个终板因形态不规则或存在测量困难被排除; 对照组测量终板 635 个, 19 个终板因形态不规则或存在测量困难被排除。LDH 组中包括 266 个突出椎间盘, 其中 L4/5 占 43.6%, L5/S1 占 33.1%, L3/4 占 23.3%。

根据测量结果, 在所有测量对象中, 平坦型、屈曲型和偏中心型终板分别占 11.0%、62.7% 和 26.4%; LDH 组和对照组各节段终板形态分布见表 1。终板形态参数见表 2。同一椎体 (L4、L5 椎体) 下终板 ECD 大于上终板 ECD; 在同一椎间隙中 (L3/4、L4/5、L5/S1 椎间隙), 上端椎体下终板 ECD 大于下端椎体的上终板 ECD。独立样本 t 检验结果显示, LDH 组各节段终板 ECD 均显著低于对照组 ($P < 0.05$), SCA 均显著大于对照组 ($P < 0.01$)。除 L3 下终板外, 所有节段终板 ECA 未出现显著性差异。

选择 L4/5 节段和 L5/S1 节段 Pfirrmann 分级为 III 级和 IV 级的椎间盘, 比较 LDH 组和对照组退变程度相同的终板形态 (图 2), 同节段 LDH 组终板 ECD 显著小于对照组 ($P < 0.05$), SCA 显著大于对照组 ($P < 0.05$); 除 Pfirrmann 分级 III 级的 L5/S1



图 1 下腰椎 CT 矢状面重建图像, 定义终板前缘为 A, 后缘为 P, 以 1mm 间距做 AP 连线的垂线, 与终板间最长的线段记为 CD **a** 定义 AC 和 CP 组成的夹角为 SCA **b** 定义 CD 长度为 ECD **c** 定义 AD 和 DP 比率为 ECA

Figure 1 Endplate morphology on the mid-sagittal plane of CT reconstructions of the lower lumbar spine. Point A was defined as the anterior margin of the endplate, point P as the posterior margin of the endplate. CD was the longest vertical intersection line of AP **a** SCA was the angle formed by line AC and CP **b** ECD was defined as the length of line CD **c** ECA was defined as the ratio of AD to DP

表 1 LDH 组和对照组不同节段终板形态分布

Table 1 Distribution of endplate shapes in different segments

	平坦型/Flat		屈曲型/Oblong		偏中心型/Ex-centric	
	LDH 组 LDH group	对照组 Control group	LDH 组 LDH group	对照组 Control group	LDH 组 LDH group	对照组 Control group
L3 IEP	5	3	52	95	5	11
L4 SEP	12	2	39	77	11	30
L4 IEP	7	0	90	101	19	8
L5 SEP	23	6	37	66	56	37
L5 IEP	8	0	32	61	48	48
S1 SEP	40	19	11	54	11	17
合计 Total	95	30	261	454	150	151
总计 Total	125(11.0%)		715(62.7%)		301(26.4%)	

注:IEP 为下终板;SEP 为上终板

Note: IEP, inferior endplate; SEP, superior endplate

表 2 LDH 组和对照组各节段终板形态参数

($\bar{x}\pm s$)

Table 2 Comparison of endplate morphology between the lumbar disc herniation group and the control group in L3/4, L4/5 and L5/S1

	L3 IEP	L4 SEP	L4 IEP	L5 SEP	L5 IEP	S1 SEP
终板屈曲深度/ECD (mm)						
LDH 组/LDH group	2.37±0.73	2.17±0.86	1.95±0.68	1.47±0.52	1.99±0.67	0.79±0.37
对照组/Control group	2.71±0.69 ^①	2.46±0.70 ^②	2.92±0.69 ^①	2.57±0.91 ^①	3.15±0.94 ^①	1.70±0.76 ^①
矢状面屈曲角/SCA (°)						
LDH 组/LDH group	164.7±4.3	165.1±5.1	164.6±5.1	164.1±7.5	161.5±7.4	171.3±4.2
对照组/Control group	159.1±5.0 ^①	157.7±5.5 ^①	157.1±5.4 ^①	155.6±7.5 ^①	154.0±7.0 ^①	162.6±6.8 ^①
终板屈曲顶点位置/ECA						
LDH 组/LDH group	1.35±0.48	1.44±0.74	1.13±0.59	2.16±1.19	1.77±0.87	1.34±1.14
对照组/Control group	1.16±0.50 ^②	1.56±0.75	1.14±0.50	2.07±0.81	1.87±0.61	1.32±0.85

注:IEP,下终板;SEP,上终板。与 LDH 组比较,① $P<0.01$,② $P<0.05$

Note: IEP, inferior endplate; SEP, superior endplate; Compared with LDH group, ① $P<0.01$; ② $P<0.05$

椎间盘外,各节段终板 ECA 未出现组间显著性差异(表 3)。LDH 组和对照组中,各节段不同退变程度(Pfirrmann II 级~V 级)椎间盘终板形态参数见表 4。随着退行性改变进展,各节段 ECD 降低($P<0.05$),SCA 增大($P<0.05$),同时 ECA 未出现一致的组间变化趋势。

3 讨论

腰椎是人体中轴骨架的核心部分,是保持直立姿势和实现生理姿态和活动的结构基础。椎间盘特定的解剖结构使得腰椎具有适当的活动度和承受负荷的能力。遗传因素和环境因素均对椎间盘退变进程产生影响^[13]。腰椎间盘的退行性改变伴随髓核、纤维环和终板的结构改变^[14]。作为椎间盘的关键构成部分,椎体终板影响着腰椎的正常

生理状态和病理改变进程。腰椎终板位于椎间盘的头尾侧两端,为中央菲薄凹陷,边缘隆起形成环状骨突的薄层样结构,由软骨终板和骨性终板组成,将椎间盘因轴向负荷产生的压力传导到相邻椎体^[15]。终板构成腰椎间盘与椎体的结构边界,分散和传导腰椎轴向负荷产生的髓核内静水压,防止压强较高的髓核突入相邻的疏松多孔的椎体松质骨^[16]。终板具有营养椎间盘和传递应力的重要作用,对腰椎间盘的生理状态和病理变化有显著影响^[17]。先前对于终板形态的研究主要集中于正常人群的终板形态或终板形态与腰椎退行性改变的联系上^[10,11,18,19]。

成人腰椎终板的矢状面形态分为平坦型(flat)、屈曲型(oblong)和偏中心型(ex-centric)三种^[11]。本研究结果表明,成人腰椎终板大多为屈曲

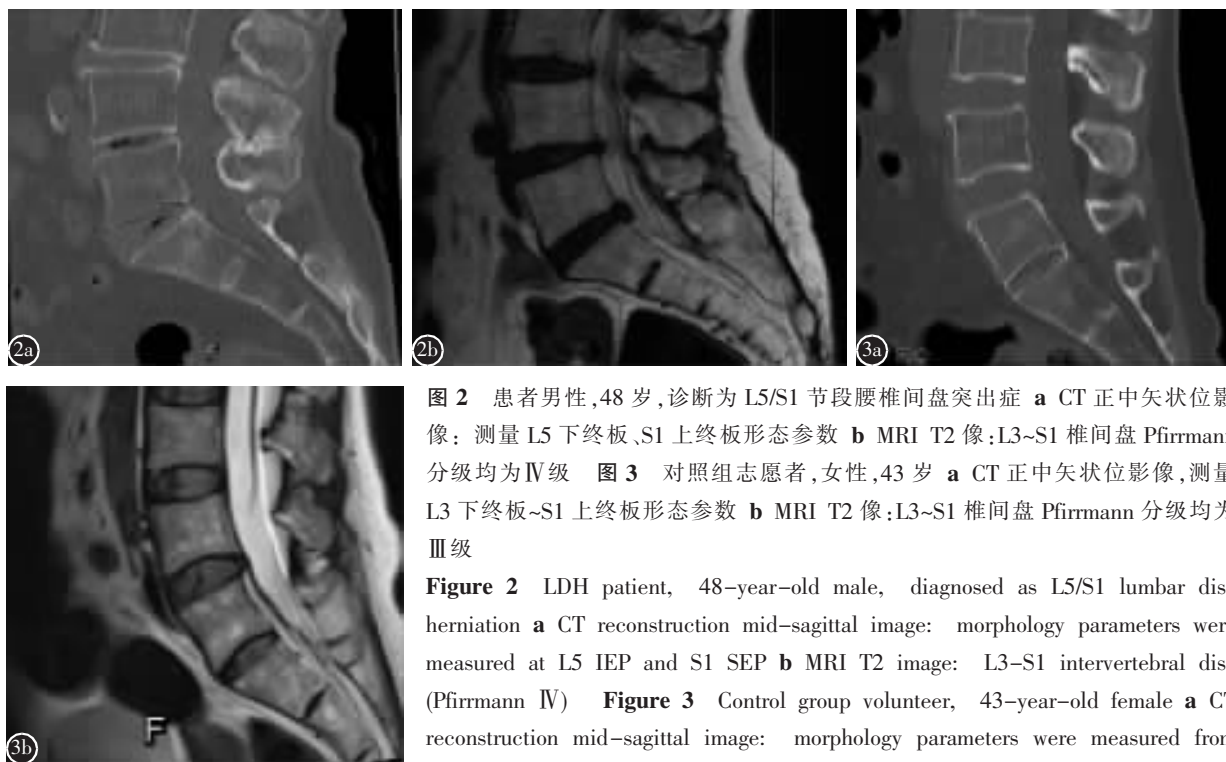


图2 患者男性,48岁,诊断为L5/S1节段腰椎间盘突出症 a CT正中矢状位影像:测量L5下终板、S1上终板形态参数 b MRI T2像:L3~S1椎间盘 Pfirrmann 分级均为IV级 图3 对照组志愿者,女性,43岁 a CT正中矢状位影像,测量L3下终板~S1上终板形态参数 b MRI T2像:L3~S1椎间盘 Pfirrmann 分级均为III级

Figure 2 LDH patient, 48-year-old male, diagnosed as L5/S1 lumbar disc herniation **a** CT reconstruction mid-sagittal image: morphology parameters were measured at L5 IEP and S1 SEP **b** MRI T2 image: L3~S1 intervertebral disc (Pfirrmann IV) **Figure 3** Control group volunteer, 43-year-old female **a** CT reconstruction mid-sagittal image: morphology parameters were measured from L3 IEP to S1 SEP **b** MRI T2 image: L3~S1 intervertebral disc (Pfirrmann III)

表3 L4/5与L5/S1节段相同退变分级椎间盘终板形态参数

($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparison of endplate morphology between lumbar disc herniation patients and volunteers with the same degree of disc degeneration at L4/5 and L5/S1

	上终板/SEP			下终板/IEP		
	终板屈曲深度 ECD(mm)	矢状面屈曲角 SCA(°)	终板屈曲顶点位置 ECA	ECD(mm)	SCA(°)	ECA
Pfirrmann III						
L4/5						
LDH组/LDH group	2.00±0.49	163.4±3.4	1.45±0.84	1.89±0.47	160.5±3.4	2.30±1.30
对照组/Control group	3.03±0.63 ^①	156.6±5.4 ^①	1.19±0.51	2.77±0.96 ^①	154.7±7.8 ^①	2.00±0.88
L5/S1						
LDH组/LDH group	2.19±0.68	159.7±7.1	1.51±0.64	0.96±0.36	170.6±3.8	1.82±0.93
对照组/Control group	3.80±1.00 ^①	150.0±7.9 ^①	2.03±0.60 ^①	1.97±0.89 ^①	162.4±6.7 ^①	1.17±0.52 ^①
Pfirrmann IV						
L4/5						
LDH组/LDH group	2.02±0.69	164.1±5.0	1.11±0.53	1.47±0.51	163.9±7.8	2.20±1.20
对照组/Control group	2.72±0.59 ^①	158.8±3.4 ^①	1.19±0.40	2.38±1.07 ^①	157.5±8.8 ^①	1.90±0.58
L5/S1						
LDH组/LDH group	2.09±0.64	160.4±6.8	1.93±0.90	0.77±0.38	171.4±4.3	1.31±1.20
对照组/Control group	2.38±1.07 ^①	157.5±8.8 ^①	1.90±0.58	1.52±0.45 ^①	162.7±6.5 ^①	1.46±1.06

注:IEP,下终板;SEP,上终板;①与LDH组比较 $P < 0.05$;

Note: IEP, inferior endplate; SEP, superior endplate; ① Compared with LDH group, $P < 0.05$

型;而骶骨上终板以平坦型多见。在同一椎间隙,上端椎下终板的屈曲程度大于下端椎上终板;同一椎体的上终板屈曲程度小于其下终板屈曲程

度;通过比较不同退变程度的终板形态,较高度度的椎间盘退变对应着较小终板屈曲程度。这与先前的研究结果^[10,11]一致。同时,LDH组与对照组相

表 4 不同退变程度椎间盘的终板形态参数

($\bar{x} \pm s$)

Table 4 Comparison of endplate morphology among groups with different degrees of lumbar disc degeneration

节段/参数	L3 IEP	L4 SEP	L4 IEP	L5 SEP	L5 IEP	S1 SEP
终板屈曲深度/ECD(mm)						
Pfirmann II	3.02±0.62	2.75±0.80	3.00±1.06	2.31±0.69	2.81±0.60	1.02±0.49
Pfirmann III	2.81±0.56	2.47±0.69	2.90±0.70	2.67±0.96	3.31±1.19	1.72±0.91
Pfirmann IV	2.37±0.68 ^①	2.18±0.81 ^①	2.14±0.72	1.63±0.72	2.50±0.83	1.18±0.56
Pfirmann V	/	/	1.39±0.24 ^①	1.13±0.31 ^①	1.46±0.59 ^①	0.70±0.31 ^①
矢状面屈曲角/SCA(°)						
Pfirmann II	157.5±5.1	155.2±5.7	155.4±7.7	156.3±6.5	155.5±4.3	167.3±6.2
Pfirmann III	158.5±4.1	158.4±5.2	157.4±5.7	155.4±7.7	153.0±8.9	164.4±7.0
Pfirmann IV	161.3±4.8 ^①	162.0±7.3 ^①	163.2±5.1	162.9±8.3	157.9±7.0	166.8±7.1
Pfirmann V	/	/	169.6±3.7 ^①	168.4±3.9 ^①	167.5±7.4 ^①	171.7±4.5 ^①
终板屈曲顶点位置/ECA						
Pfirmann II	1.01±0.60	1.29±0.75	0.96±0.60	2.41±0.84	1.55±0.48	1.04±0.64
Pfirmann III	1.16±0.38	1.49±0.57	1.22±0.55	2.04±0.93	1.89±0.64	1.33±0.69
Pfirmann IV	1.38±0.53 ^①	1.56±0.87	1.13±0.51	2.14±1.12	1.93±0.75	1.39±1.12
Pfirmann V	/	/	1.21±0.89	1.37±0.81 ^①	1.31±0.74 ^①	0.99±1.00

注:IEP,下终板;SEP,上终板;①Kruskal-Wallis 检验组间 $P < 0.05$ Note: IEP, inferior endplate; SEP, superior endplate; ① Kruskal-Wallis $P < 0.05$

比,L4/5 和 L5/S1 节段终板的 ECD 较大,SCA 较小。

Harrington 等^[20]观察了终板轴位形状对于椎间盘突出影响,认为高曲度的终板水平面形状是 LDH 的独立危险因素。Pappou 等^[21]认为矢状面终板形态与手术治疗的退行性椎间盘疾病和 LDH 患者的腰椎间盘突出进程相关。随着腰椎退行性改变的进展,腰椎终板凹陷角度(concave angle of vertebral endplate,CAVE)逐渐增大,终板趋向于平坦化^[10]。目前的观点认为,椎体终板的形态改变是椎间盘退变导致应力分布变化,进而导致椎体松质骨吸收和重塑的结果^[10]。然而,先前的研究大多没有区分腰椎退变进程中的终板扁平化改变因素和终板本身形态学特征。本研究选择 L4/5 和 L5/S1 两个椎间盘突出最常见的节段,比较 LDH 组和对照组中退变进展程度相同椎间盘的终板形态,排除椎间盘退变所造成的终板平坦化改变,结果表明,ECD 与 SCA 在大部分情况下在两组间存在显著性差异。在退变程度相同的情况下,发生腰椎间盘突出椎间隙具有更加平坦化的终板。先天性的终板形态是 LDH 发生的解剖学因素之一。

通过将轴向应力限制在椎间盘的中心部分,具有适当凹陷程度的健康终板有助于维持椎间盘

的正常生物力学环境^[22]。而随着椎间盘退行性改变进展,脊柱轴向应力从椎间盘的中心区域向外周区域转移,导致椎间盘外周区域终板下松质骨的吸收和重建,并最终使终板平坦化^[10]。腰椎间盘外周部分出现超过正常范围的负荷,导致纤维环的撕裂和损伤,加速 LDH 发生^[23]。作为人体最大的无血管组织,椎间盘的营养供应依赖两个途径:软骨终板-髓核(CEP-NP)通路和纤维环(AF)外周通路^[24]。软骨终板内毛细血管是髓核的主要营养途径^[25]。终板的退行性改变显著影响椎间盘正常生理功能状态^[18]。终板形态改变影响软骨终板营养通路,导致溶质向椎间盘的扩散减少,终板-髓核(CEP-NP)通路传导障碍,加速腰椎间盘退变^[26]。

以往关于终板矢状位形态的研究大多基于腰椎 MRI 影像数据。然而,CT 重建较 MRI 更适于评估软骨下骨的结构;研究者应用 MRI 影像测量骨性终板形态学参数较 CT 影像测量结果时组间差异更大,可能的原因是 CT 影像上,终板的骨性边缘更易被识别^[23]。CT 矢状位重建影像能够更准确地测量形态学参数,本研究选择 CT 影像以达到更高的精确性。

综上所述,LDH 患者椎间盘突出节段的终板 ECD 显著小于对照组,SCA 显著高于对照组,即

终板较为平坦;同时,退变程度较高的椎间盘,其终板屈曲程度较小。但本研究未分析终板的冠状面形态,其对腰椎退变和 LDH 的影响需要进一步研究。

4 参考文献

1. Li Y, Lord E, Cohen Y, et al. Effects of sagittal endplate shape on lumbar segmental mobility as evaluated by kinetic magnetic resonance imaging[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2014, 39(17): E1035–1041.
2. Adams MA, Freeman BJ, Morrison HP, et al. Mechanical initiation of intervertebral disc degeneration[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2000, 25(13): 1625–1636.
3. Ferguson SJ, Steffen T. Biomechanics of the aging spine[J]. *Eur Spine J*, 2003, 12(Suppl 2): S97–S103.
4. Samartzis D, Karppinen J, Mok F, et al. A population-based study of juvenile disc degeneration and its association with overweight and obesity, low back pain, and diminished functional status[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2011, 93(7): 662–670.
5. Liuke M, Solovieva S, Lamminen A, et al. Disc degeneration of the lumbar spine in relation to overweight [J]. *Int J Obes (Lond)*, 2005, 29(8): 903–908.
6. Jensen OH. The level-diagnosis of a lower lumbar disc herniation: the value of sensibility and motor testing [J]. *Clin Rheumatol*, 1987, 6(4): 564–569.
7. Rabin A, Gerszten PC, Karausky P, et al. The sensitivity of the seated straight-leg raise test compared with the supine straight-leg raise test in patients presenting with magnetic resonance imaging evidence of lumbar nerve root compression [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2007, 88(7): 840–843.
8. Kortelainen P, Puranen J, Koivisto E, et al. Symptoms and signs of sciatica and their relation to the localization of the lumbar disc herniation[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1985, 10(1): 88–92.
9. Chen H, Jiang D, Ou Y, et al. Geometry of thoracolumbar vertebral endplates of the human spine[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(11): 1814–1820.
10. He X, Liang A, Gao W, et al. The relationship between concave angle of vertebral endplate and lumbar intervertebral disc degeneration[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2012, 37(17): E1068–1073.
11. Lakshmanan P, Purushothaman B, Dvorak V, et al. Sagittal endplate morphology of the lower lumbar spine[J]. *Eur Spine J*, 2012, 21(Suppl 2): S160–164.
12. Chen H, Zhong J, Tan J, et al. Sagittal geometry of the middle and lower cervical endplates[J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(7): 1570–1575.
13. Battie MC, Videman T, Parent E. Lumbar disc degeneration: epidemiology and genetic influences[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2004, 29(23): 2679–2690.
14. Vergroesen PP, Kingma I, Emanuel KS, et al. Mechanics and biology in intervertebral disc degeneration: a vicious circle[J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2015, 23(7): 1057–1070.
15. Kozak JA, Heilman AE, O'Brien JP. Anterior lumbar fusion options: technique and graft materials[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1994, (300): 45–51.
16. Poureira M, Daghighi MH, Mesbahi S, et al. End plate disproportion and degenerative disc disease: a case-control study[J]. *Asian Spine J*, 2014, 8(4): 405–411.
17. Grosland NM, Goel VK. Vertebral endplate morphology follows bone remodeling principles [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2007, 32(23): E667–673.
18. Rodriguez AG, Slichter CK, Acosta FL, et al. Human disc nucleus properties and vertebral endplate permeability [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2011, 36(7): 512–520.
19. Oxland TR, Grant JP, Dvorak MF, et al. Effects of endplate removal on the structural properties of the lower lumbar vertebral bodies[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2003, 28(8): 771–777.
20. Harrington JF, Sungarian A, Rogg J, et al. The relation between vertebral endplate shape and lumbar disc herniations [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2001, 26(19): 2133–2138.
21. Pappou IP, Cammisa FP Jr, Girardi FP. Correlation of end plate shape on MRI and disc degeneration in surgically treated patients with degenerative disc disease and herniated nucleus pulposus[J]. *Spine J*, 2007, 7(1): 32–38.
22. Pouriea M, Fouladi RF, Mesbahi S. Disproportion of end plates and the lumbar intervertebral disc herniation[J]. *Spine J*, 2013, 13(4): 402–407.
23. Rajasekaran S, Bajaj N, Tubaki V, et al. ISSLS Prize winner: The anatomy of failure in lumbar disc herniation: an in vivo, multimodal, prospective study of 181 subjects[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 38(17): 1491–1500.
24. Zhu Q, Gao X, Levene HB, et al. Influences of nutrition supply and pathways on the degenerative patterns in human intervertebral disc[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2016, 41(7): 568–576.
25. Urban JP, Smith S, Fairbank JC. Nutrition of the intervertebral disc[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2004, 29(23): 2700–2709.
26. Urban MR, Fairbank JC, Etherington PJ, et al. Electrochemical measurement of transport into scoliotic intervertebral discs in vivo using nitrous oxide as a tracer [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2001, 26(8): 984–990.

(收稿日期:2018-06-07 修回日期:2018-09-05)

(英文编审 庄乾宇/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)