

· 临床论著 ·

L₅S₁椎间盘突出与后关节突发育的关系[△]

何克云, 胡朝晖*, 胡巍, 罗同青

(柳州市人民医院脊柱外科, 广西柳州 545006)

摘要: [目的] 分析 L₅S₁ 椎间盘突出与后关节突发育的关系。[方法] 回顾性分析 2017 年—2020 年本科收治的旁侧型椎间盘突出 (lumbar disc herniation, LDH) (突出组) 患者的临床资料, 并收集 107 例腰椎 MRI 无 LDH 作为正常组, 分别在 MRI 上测量两组 L₅S₁ 关节突关节角度 (facet joint, FJ) 及两组邻近 L_{4/5} FJ。计算左右侧 FJ 差值, 差值 > 10° 定义为双侧 FJ 不对称。采用单因素分析和多因素逻辑回归分析 L₅S₁ LDH 的相关影响因素。[结果] 共纳入突出组 102 例, 正常组 107 例。单因素分析显示, 两组年龄、性别、BMI、L_{4/5}(∠C)、L₅S₁(∠C)、L_{4/5}(|∠α-∠β|)、L_{4/5} 不对称的差异均无统计学意义 (P>0.05), 但是, 突出组 L₅S₁(|∠α-∠β|) [(10.2±5.4)° vs (4.9±7.6)°, P<0.001]、L₅S₁ 不对称发生率 [例 (%), 59 (57.8) vs 14 (13.0), P<0.001]、L_{4/5} 与 L₅S₁∠C 差绝对值 [(18.0±13.6)° vs (14.1±9.3)°, P=0.016]、L_{4/5} 与 L₅S₁∠α 差绝对值 [(12.0±8.2)° vs (8.7±5.9)°, P<0.001]、L_{4/5} 与 L₅S₁∠β 差绝对值 [(9.4±7.8)° vs (7.4±5.0)°, P=0.026] 显著大于正常组。多因素逻辑回归分析显示, L₅S₁(|∠α-∠β|)(OR=1.245, P<0.001)、L_{4/5} 与 L₅S₁∠C 差绝对值 (OR=1.049, P<0.001) 是 L₅S₁ 旁侧型突出的独立危险因素。[结论] L₅S₁ 旁侧型 LDH 与 L₅S₁(|∠α-∠β|)、L_{4/5} 与 L₅S₁∠C 差绝对值具有相关性。

关键词: L₅S₁ 旁侧型椎间盘突出, 腰椎关节突关节, 不对称

中图分类号: R681.53 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 11-0991-05

Correlation between L₅S₁ intervertebral disc herniation and posterior facet process development // HE Ke-yun, HU Chao-hui, HU Wei, LUO Tong-qing. Department of Spinal Surgery, Liuzhou People's Hospital, Liuzhou 545006, Guangxi

Abstract: [Objective] To analyze the relationship between L₅S₁ lumbar disc herniation (LDH) and posterior facet joint (FJ) development. **[Methods]** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of lateral LDH patients who admitted to our department from 2017 to 2020, additionally, 107 cases of lumbar spine MRI without LDH were collected as the normal group. The FJ angle of L₅S₁ and adjacent L_{4/5} were measured on MRI to calculate the difference in FJ between the left and right sides. A difference greater than 10° is defined as bilateral FJ asymmetry. Univariate comparison and multiple factor logistic regression were used to analyze the relevant influencing factors of L₅S₁ LDH. **[Results]** A total of 102 cases were included in the LDH group, while 107 cases were in the normal group. As results of univariate comparison, there were not significant differences in terms of age, gender, BMI, L_{4/5}(∠C), L₅S₁(∠C), and L_{4/5}(|∠α-∠β|) and the differences in L_{4/5} asymmetry between the two groups (P>0.05), however, the LDH group proved significantly greater than the normal group regarding to L₅S₁(|∠α-∠β|) [(10.2±5.4)° vs (4.9±7.6)°, P<0.001], incidence of L₅S₁ asymmetry [cases (%), 59 (57.8) vs 14 (13.0), P<0.001], absolute difference of ∠C between L_{4/5} and L₅S₁ [(18.0±13.6)° vs (14.1±9.3)°, P=0.016], absolute difference of ∠α between L_{4/5} and L₅S₁ [(12.0±8.2)° vs (8.7±5.9)°, P<0.001], absolute difference of ∠β between L_{4/5} and L₅S₁ [(9.4±7.8)° vs (7.4±5.0)°, P=0.026]. Multivariate logistic regression analysis showed that the L₅S₁(|∠α-∠β|) (OR=1.245, P<0.001) and the absolute difference between L_{4/5} and L₅S₁∠C (OR=1.049, P<0.001) were the independent risk factors for L₅S₁ lateral LDH. **[Conclusion]** The L₅S₁ lateral LDH is associated with L₅S₁(|∠α-∠β|) and the absolute difference between L_{4/5} and L₅S₁∠C.

Key words: L₅S₁ lateral intervertebral disc herniation, facet joint, asymmetry

腰椎间盘突出 (lumbar disc herniation, LDH) 的原因很多, 一般认为是基于在椎间盘退变的基础上发生 LDH。在腰椎本身结构中, 椎间盘与其后方

的两侧关节突关节 (facet joint, FJ) 在日常活动中相互影响、相互制约。FJ 不对称与腰椎退行性滑脱、椎间盘退变、腰椎小关节炎、LDH 已有广泛研

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2024.11.06

△基金项目: 国家自然科学基金项目 (编号: 81260274); 广西卫健委自筹基金项目 (编号: Z20170659)

作者简介: 何克云, 副主任医师, 医学硕士, 研究方向: 脊柱外科, (电子信箱) hekeyungood@163.com

* 通信作者: 胡朝晖, (电子信箱) JZ2662676@163.com

究^[1-5]，然而，有关腰椎 FJ 的形态学与 LDH 的关系研究争论不一^[1, 3, 11, 21]。二者有无相关性及何为因，何为果？有必要进行更进一步的探讨。综合国内外文献，大多均为通过腰椎 CT 测量突出节段腰椎 FJ 不对称与 LDH 的关系，CT 扫描相对 MRI 扫描，辐射量更大，对受试对象造成伤害，椎间盘突出诊断容易漏诊。Dai^[6]认为 MRI 成像中 FJ 角度测量的敏感性虽然比不上 CT 扫描，但其清晰度完全可以满足测量研究的需求。当前有关 LDH 与 FJ 相关性的研究一般局限在本节段 FJ 与相应节段 LDH 关系的分析。本文通过进行腰椎 MR 图片的测量，对 L₅S₁ 旁侧型 LDH 病例进行 FJ 测量，并引入邻近节段的 FJ 变化，通过分析突出节段和邻近节段 FJ 变化来分析 L₅S₁ 旁侧型 LDH 与腰椎 FJ 的相关性。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

LDH 突出组：

纳入标准：年龄不超过 60 岁，MRI 提示单节段 (L₅S₁) 旁侧型 LDH。

排除标准：(1) 合并腰椎滑脱的患者；(2) 除 L₅S₁ LDH 外，存在其他节段 LDH 或明显退变者，L₅S₁ 中央型或者极外侧型 LDH 者；(3) 脊柱压缩性骨折者；(4) 腰椎退变严重，关节突关节标志不清者；(5) 年龄超过 60 岁者；(6) 有腰椎骶化或者骶椎腰化者；复发性 L₅S₁ 椎间盘突出者。

正常组：

纳入标准：年龄不超过 60 岁，MRI 显示无明显腰椎间盘退变或者突出者。

排除标准：(1) 腰椎间盘明显退变或者突出者；(2) 患有腰椎先天性疾患或者有外伤病史者；(3) 有腰部或者腰椎手术史者；(4) 有腰椎感染性疾病或者肿瘤性疾病者；(5) 年龄超过 60 岁者；(6) 有腰椎骶化或者骶椎腰化者。

1.2 一般资料

回顾性分析 2017 年—2020 年柳州市人民医院 MR 诊断为 L₅S₁ 单节段旁侧型 LDH 患者的临床资料，按严格的纳入和排除标准，最终纳入 L₅S₁ 单节段旁侧型 LDH 共 102 例 (突出组)，并收集 107 例腰椎 MRI 无 LDH 作为正常组。突出组中男 68 例，女 34 例，平均年龄 (41.2±7.5) 岁。正常组中男 63 例，女 44 例，平均年龄 (39.7±5.7) 岁。本研究通过了医院伦理委员会批准，研究对象均知情同意并签署知

情同意书。

1.3 测量方法

所有研究对象均为经本院购置并正在使用的美国 GE 公司生产的 HDE1.5T 超导磁共振成像仪进行磁共振扫描，MR 扫描要求平行椎间盘终板 (图 1a)，测量采用目前国际上通用的横断面关节面角度测量法，取椎间盘前后左右切线围成的长方形中心为椎间盘中心，取棘突基部中心与椎间盘中心连线为腰椎矢状轴，关节突关节面内外端点连线与腰椎矢状轴之间的夹角为 FJ (右侧为 $\angle\alpha$ ，左侧为 $\angle\beta$) (图 1b)。每 1 例研究对象分别由 2 名脊柱外科医生各自在 MRI 图片上独立测量 L_{4/5}、L₅S₁ 双侧 FJ 角度，得到相应的测量值后交由第 3 位医生进行统计，相应 FJ 角度取二位医生所提交测量值的平均值为 FJ 角度值，再计算相应的关节突角度和值及差值。

1.4 评价指标

旁侧型 LDH 诊断标准，参照胡有谷编著的第三版《腰椎间盘突出症》对 LDH 的临床分型：纤维环的后方最弱的部位即在椎间盘中线两侧，且此处缺乏后纵韧带强力的中部纤维的加强，此处的椎间盘突出诊断为旁侧型 LDH，也是 LDH 最常见的部位。

双侧 FJ 不对称：国内外相关研究对双侧 FJ 不对称的评价有不同的标准，任东成等^[7]通过研究国内外的不同标准，结合自身研究对象认为，同一节段两侧 FJ 角度之差绝对值 ($|\angle\alpha - \angle\beta|$) $\geq 10^\circ$ 定义为 FJ 不对称更合适，因为 $< 5^\circ$ 的差值有可能是测量误差造成， 5° 以上的差值大大降低了测量误差的干扰，但 5° 的差值不会引起明显的生物力学异常，并且 5° 在临床实践中并不明显，临床指导意义不强。定义为 15° 差值可能也并不十分有意义，因为这种情况在临床实践中较少出现。

每一组 FJ 角度的计算值：(1) $\angle C$: L_{4/5} 或 L₅S₁ 左右 FJ 之和 = $\angle\alpha + \angle\beta$ (L_{4/5} 或 L₅S₁)；(2) L_{4/5} 或 L₅S₁ 左右角差值绝对值 = $|\angle\alpha - \angle\beta|$ (L_{4/5} 或 L₅S₁)；(3) 右侧角 L_{4/5} 减 L₅S₁ 绝对值： $|\angle\alpha(L_{4/5}) - \angle\alpha(L_{5S_1})|$ ；(4) 左侧角 L_{4/5} 减 L₅S₁ 绝对值： $|\angle\beta(L_{4/5}) - \angle\beta(L_{5S_1})|$ ；(5) L_{4/5} 与 L₅S₁ $\angle C$ 差值绝对值 = $|\angle C(L_{4/5}) - \angle C(L_{5S_1})|$ 。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件对数据进行统计学分析，计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料呈正态分布时，采用独立样本 *t* 检验，资料呈非正态分布时，采用秩和检验。计数资料采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。以是否突出为因变量，其他因素为自变量，行二分多因素逻辑回归分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

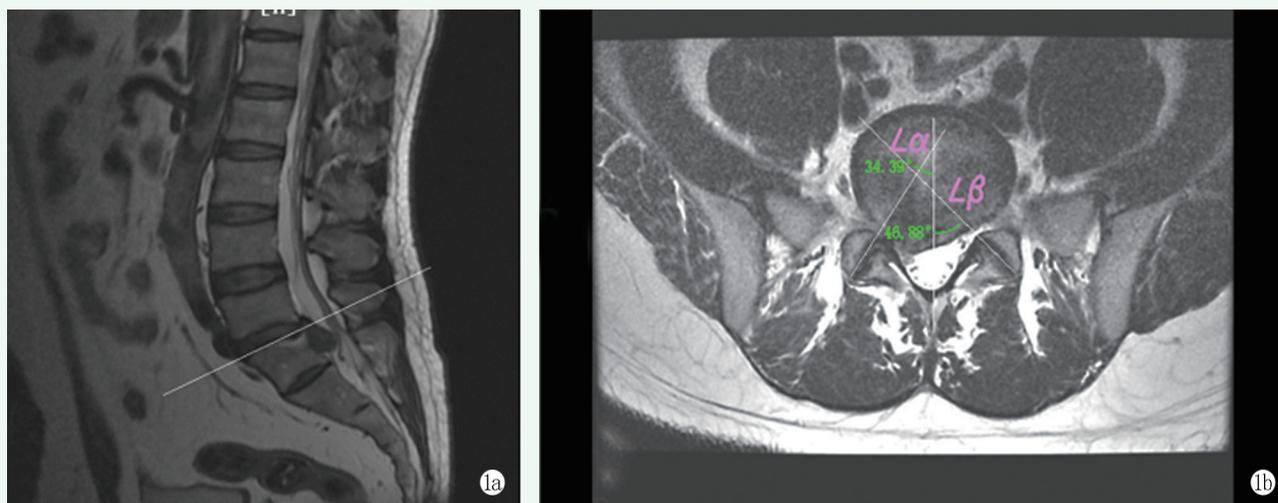


图 1. 腰椎关节突 MRI 测量。1a: MRI 扫描关节突要求平行椎间盘上终版; 1b: FJ 测量示意图: 在每个上关节突的两个边缘之间各绘制一条线, 将穿过椎间盘的中心和棘突底部的中心绘制成中心线, 测量脊柱每一侧的关节连线与中心线之间的夹角。右侧的角度记为 $\angle\alpha$, 左侧的角度记为 $\angle\beta$ 。

Figure 1. MRI measurement of lumbar facet joint (FJ). 1a: MRI scanning of the facet process should be parallel to upper end plate of the intervertebral disc; 1b: FJ measurement diagram: Draw a line between the two edges of each upper facet process, and draw a centerline that passes through the center of the intervertebral disc and the center at the bottom of the spinous process. Measure the angle between the joint line on each side of the spine and the centerline. The angle on the right side is denoted as $\angle\alpha$, The angle on the left is denoted as $\angle\beta$.

2 结果

2.1 后关节倾角不对称发生情况的描述性分析

209 例研究对象中, 突出组 102 例, 占 48.8%, 正常组 107 例, 占 51.2%。突出组中, L_5S_1 椎间盘右侧突出 47 例, 占 46.1%; 左侧突出 55 例, 占 53.9%; L_5S_1 不对称 59 例, 占 57.8%, 对称 43 例, 占 42.2%。 $L_{4/5}$ 不对称 15 例, 占 14.7%; 对称 87 例, 占 85.3%。正常组中, L_5S_1 不对称 14 例, 占 13.0%; 对称 93 例, 占 87.0%。 $L_{4/5}$ 不对称 11 例, 占 10.3%, 对称 96 例, 占 89.7%。

2.2 突出组与正常组单因素比较

突出组与正常组的单因素比较资料见表 1。两组在年龄、性别、BMI、 $L_{4/5}(\angle C)$ 、 $L_5S_1(\angle C)$ 、 $L_{4/5}(|\angle\alpha - \angle\beta|)$ 、 $L_{4/5}$ 不对称的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 但是, 突出组 $L_5S_1(|\angle\alpha - \angle\beta|)$ 显著大于正常组 ($P < 0.05$), 突出组 L_5S_1 不对称发生率显著高于正常组 ($P < 0.05$), 突出组 $L_{4/5}$ 与 $L_5S_1\angle C$ 差绝对值、 $L_{4/5}$ 与 $L_5S_1\angle\alpha$ 差绝对值、 $L_{4/5}$ 与 $L_5S_1\angle\beta$ 差绝对值均显著大于正常组 ($P < 0.05$)。

2.3 是否突出的逻辑回归

以是否突出为因变量, 将单因素分析中 $P < 0.05$ 的指标: $L_5S_1(|\angle\alpha - \angle\beta|)$ 、 L_5S_1 不对称、 $L_{4/5}$ 与 $L_5S_1\angle C$ 差绝对值、 $L_{4/5}$ 与 $L_5S_1\angle\alpha$ 差绝对值、 $L_{4/5}$ 与 $L_5S_1\angle\beta$ 差

绝对值定义为自变量, 进行多因素逻辑回归分析, 采用 Forward conditional 逐步向前回归方法, 结果见表 2。模型分类能力为 76.1%, 经卡方检验模型有效 ($\chi^2=61.367, P < 0.001$)。结果显示 $L_5S_1(|\angle\alpha - \angle\beta|)$ ($OR=1.245, P < 0.05$)、 $L_{4/5}$ 与 $L_5S_1\angle C$ 差绝对值 ($OR=1.049, P < 0.05$) 是 L_5S_1 旁侧型突出的独立危险因素 ($P < 0.001$)。

表 1. 突出组与正常组单因素比较			
Table 1. Univariate comparison between LDH group and normal group			
指标	突出组 (n=102)	正常组 (n=107)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	41.2 \pm 10.0	39.8 \pm 7.2	0.223
性别 (例, 男/女)	68/34	63/44	0.245
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	25.3 \pm 1.5	25.0 \pm 1.4	0.138
双侧 FJ 之和 ($\angle C$)			
$L_{4/5}(\angle C)$ ($^\circ, \bar{x} \pm s$)	88.6 \pm 15.5	91.8 \pm 15.7	0.135
$L_5S_1(\angle C)$ ($^\circ, \bar{x} \pm s$)	100.8 \pm 15.9	99.5 \pm 15.6	0.536
双侧 FJ 之差绝对值			
$L_{4/5}(\angle\alpha - \angle\beta)$ ($^\circ, \bar{x} \pm s$)	5.3 \pm 6.5	4.5 \pm 4.5	0.325
$L_5S_1(\angle\alpha - \angle\beta)$ ($^\circ, \bar{x} \pm s$)	10.2 \pm 5.4	4.9 \pm 7.6	<0.001
$L_{4/5}$ 不对称 [例 (%)]	15 (14.7)	11 (10.3)	0.333
L_5S_1 不对称 [例 (%)]	59 (57.8)	14 (13.0)	<0.001
$L_{4/5}$ 与 $L_5S_1\angle C$ 差绝对值 ($^\circ, \bar{x} \pm s$)	18.0 \pm 13.6	14.1 \pm 9.3	0.016
$L_{4/5}$ 与 $L_5S_1\angle\alpha$ 差绝对值 ($^\circ, \bar{x} \pm s$)	12.0 \pm 8.2	8.7 \pm 5.9	<0.001
$L_{4/5}$ 与 $L_5S_1\angle\beta$ 差绝对值 ($^\circ, \bar{x} \pm s$)	9.4 \pm 7.8	7.4 \pm 5.0	0.026

表 2. 是否突出的多因素逻辑回归分析结果
Table 2. Results of multi-factor logistic regression analysis on disc herniation or not

影响因素	B 值	S.E.	Wald 值	OR 值	95% CI	P 值
L _{4/5} 与 L ₅ S ₁ ∠C 差绝对值	0.048	0.015	10.173	1.049	1.019~1.080	<0.001
L ₅ S ₁ (∠α-∠β)	0.219	0.034	40.483	1.245	1.164~1.332	<0.001

3 讨论

1967 年, Farfan 和 Sullivan^[8] 首次报道 FJ 不对称是 LDH 发展的可能危险因素。Park 等^[9] 的研究发现, 在腰椎极外侧型和后外侧型椎间盘突出中, FJ 不对称程度和椎间盘退变程度有明显差异, 他们认为 FJ 不对称的程度和椎间盘退变的程度差异可能是椎间盘从极外侧或后外侧突出的关键因素。闫广辉等^[10] 研究发现, LDH 与腰椎 FJ 左右侧不相等有关。然而, 另一些观点主张 FJ 不对称不是 LDH 发展的危险因素^[11]。纵观以上大多数研究, 只是从单因素去分析 FJ 不对称与 LDH 的相关性。就如本研究在 LDH 单因素分析中, 发现 L₅S₁ 双侧 FJ 不对称是 L₅S₁ 旁侧型 LDH 的影响因素, 除此之外, L₅S₁(|∠α-∠β|)、L_{4/5} 与 L₅S₁∠C 差绝对值、L_{4/5} 与 L₅S₁∠α 差绝对值、L_{4/5} 与 L₅S₁∠β 差绝对值等在单因素分析方面, 突出组都显著大于正常组。但进行多因素逻辑回归, 进行逐步回归发现, 仅 L₅S₁(|∠α-∠β|)、L_{4/5} 与 L₅S₁∠C 差绝对值是 L₅S₁ 旁侧型 LDH 的独立影响因素。当然, L₅S₁(|∠α-∠β|) 值也是 FJ 不对称的一种体现。可见, 国内外对于腰椎 FJ 与 LDH 相关性的争论在一定程度上是可以理解的。

本研究中发现, 在 L₅S₁ 椎间盘旁侧型突出症 102 例患者中, 在双侧 FJ>10° 的 59 例病例中, 突出侧偏矢状位共 49 例, 突出侧偏冠状位共 10 例。研究发现, 椎间盘突出更趋向于矢状位侧突出。Fujiwara^[12] 研究发现, 腰椎关节突关节矢状位方向与关节突关节的骨性关节炎有显著关系, 而冠状位方向的腰椎关节突关节与关节炎无关。Dai^[6] 研究认为, 退变性腰椎滑脱的患者, 其腰椎关节突关节更趋于矢状位, 并发现关节突关节不对称的程度与椎间盘退变的程度明显相关。同样的研究结果也进一步证实腰椎间盘突出更易发生于关节突关节偏矢状位的一侧^[3, 13]。Cyron 和 Hutton^[14] 进行尸体标本研究中注意到在脊柱运动节段承受载荷时, 腰椎关节突关节不对称在轴向旋转时, 总是倾向于关节面斜的一侧, 增加了纤维环的扭转应力。关节突关节的退变和关节矢状化, 会引起关

节突关节活动不稳, 当腰椎承受过大的压缩和剪切应力时, 不稳定的关节突关节对椎间盘的保护会减弱, 长期会引起关节突关节结构的紊乱以及椎间盘内流体静力学异常分布, 从而导致椎间盘退变加速, 并导致椎间盘容易突出^[15]。突出组双侧 FJ 差值明显高于正常组, 也高于邻近节段。一般认为在腰椎屈曲时, 上位椎体相对于下位椎体在横断面上做前滑移, 在水平轴上进行向前的旋转运动, 这种复合运动使椎体后方的纤维环受到牵拉。如果后方的上下节段小关节角度相差小, 则椎体运动较对称, 后方的纤维环受到的牵拉力相同, 上下节段小关节相差角度大时, 则椎体运动不对称, 导致后方一侧的纤维环受到更大的牵拉, 随着反复的运动, 该侧的纤维环将会发生劳损、断裂, 以至于髓核突出。本研究发现, L₅S₁ 与 L_{4/5}∠C 差绝对值是 L₅S₁ 旁侧型 LDH 的独立影响因素。Okuda 等^[13] 发现, 腰椎椎体间融合术后邻近节段关节突关节不对称也是发生邻椎病的危险因素。因本研究中的 L₅S₁ 单节段 LDH, 其邻近节段 L_{4/5} 无突出, 下一步有待研究 L₅S₁ 与 L_{4/5}∠C 差绝对值在 L_{4/5} 单节段 LDH 与 L₅S₁ 无突出是否具有相关性。本研究发现, 在 L₅S₁ 椎间盘旁侧型突出症患者中, 右侧突出 47 例, 左侧突出 56 例, 突出左侧相对稍多。迟增德等^[16] 通过建立椎间盘髓核切除术后三维有限元模型发现, 两侧小关节在右旋转时均产生较大应力, 而以左侧小关节产生应力更大。因本研究样本量不算很大, 还有待进一步研究去证实。

根据研究结果, 建议人群中如在 L₅S₁ 节段双侧 FJ 差值较大者, 尽量不要从事腰椎负荷较重或者扭转应力较大的工种。如果无法避免, 应佩戴腰围或者采取其他的方式来减少 L₅S₁ 节段的应力。当然, 本研究纳入病例和正常组年龄均在 60 岁以下, 一定程度上避免了腰椎关节突关节退变、增生对影像学测量的相关影响, 但如果结合 CT 和 MRI 一起来进行研究, 可进一步排查腰椎 FJ 退变给研究带来的混杂影响。

FJ 角度相差大不仅影响腰椎关节突关节退变的发展, 也是腰椎滑脱和腰椎间盘突出发展的重要影响因素^[2, 3, 17]。Li 等^[18] 认为, FJ 方向的异常是因为腰椎退变后力学改变导致的。陈宏亮等^[19] 认为, 腰椎

FJ退变与椎间盘退变存在紧密关联。所以, LDH和腰椎FJ退变, 哪个更早出现? 一些学者认为椎间盘的退变早于关节突关节的退变^[20], 刘洪等^[21]研究发现, 青少年小关节不对称腰椎间盘突出发生率比成人组高5倍, 说明腰椎关节突关节不对称在不退变的情况下容易发现腰椎间盘突出。当然, 对于腰椎FJ和LDH的相关性, 还需更深入的研究。

参考文献

- [1] Degulmadi D, Dave B, Krishnan A, et al. The relationship of facet joint orientation and tropism with lumbar disc herniation and degenerative spondylolisthesis in the lower lumbar spine [J]. *Asian Spine J*, 2019, 13 (1): 22-28. DOI: 10.31616/asj.2018.0116.
- [2] Kalichman L, Suri P, Guermazi A, et al. Facet orientation and tropism: associations with facet joint osteoarthritis and degeneratives [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2009, 34 (16): E579-585. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181aa2acb.
- [3] Karacan I, Aydin T, Sahin Z, et al. Facet angles in lumbar disc herniation: their relation to anthropometric features [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2004, 29 (10): 1132-1136. DOI: 10.1097/00007632-200405150-00016.
- [4] Liu HX, Shen Y, Shang P, et al. Asymmetric facet joint osteoarthritis and its relationships to facet orientation, facet tropism, and ligamentum flavum thickening [J]. *Clin Spine Surg*, 2016, 29 (9): 394-398. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31827ad875.
- [5] Samartzis D, Cheung JP, Rajasekaran S, et al. Is lumbar facet joint tropism developmental or secondary to degeneration? An international, large-scale multicenter study by the AOSpine Asia Pacific Research Collaboration Consortium [J]. *Scoliosis Spinal Disord*, 2016, 11: 9. DOI: 10.1186/s13013-016-0062-2.
- [6] Dai LY. Orientation and tropism of lumbar facet joints in degenerative spondylolisthesis [J]. *Int Orthop*, 2001, 25 (1): 40-42. DOI: 10.1007/s002640000201.
- [7] 任东成, 丁金勇, 徐继禧, 等. 青少年腰椎间盘突出症患者下腰椎关节突关节不对称情况分析 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2019, 29 (5): 437-443. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.05.08.
Ren DC, Ding JY, Xu JX, et al. Analysis of facet tropism of lower lumbar spine in adolescents with lumbar disc herniation [J]. *Chinese Journal of Spine and Spinal Cord*, 2019, 29 (5): 437-443. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.05.08.
- [8] Farfan HF, Sullivan JD. The relation of facet orientation to intervertebral disc failure [J]. *Can J Surg*, 1967, 10 (2): 179-185.
- [9] Park JB, Chang H, Kim KW, et al. Facet tropism: a comparison between far lateral and posterolateral lumbar disc herniations [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2001, 26 (6): 677-679. DOI: 10.1097/00007632-200103150-00025.
- [10] 闫广辉, 徐宝山, 夏群, 等. 腰椎小关节方向性与腰椎间盘突出症 [J]. *中国组织工程研究与临床康复*, 2011, 15 (35): 6563-6566. DOI: 10.3969/j.issn.1673-8225.2011.35.024.
Yan GH, Xu BS, Xia Q, et al. Lumbar facet orientation in patients with lumbar disc herniation [J]. *Journal of Clinical Rehabilitative Tissue Engineering Research*, 2011, 15 (35): 6563-6566. DOI: 10.3969/j.issn.1673-8225.2011.35.024.
- [11] Boden SD, Riew KD, Yamaguchi K, et al. Orientation of the lumbar facet joints: association with degenerative disc disease [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1996, 78 (3): 403-411. DOI: 10.2106/00004623-199603000-00012.
- [12] Fujiwara A, Tamai K, An HS, et al. Orientation and osteoarthritis of the lumbar facet joint [J]. *Clin OrthopRelat Res*, 2001, 385 (385): 88-94. DOI: 10.1097/00003086-200104000-00015.
- [13] Okuda S, Oda T, Miyauchi A, et al. Lamina horizontalization and facet tropism as the risk factors for adjacent segment degeneration after PLIF [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33 (25): 2754-2758. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31817bb9e2.
- [14] Cyron BM, Hutton WC. Articular tropism and stability of the lumbar spine [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1980, 5 (2): 168-172. DOI: 10.1097/00007632-198003000-00011.
- [15] 苏少亭, 周红海, 梁栋, 等. 腰椎关节突关节的生物力学研究进展 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2017, 27 (5): 474-479.
Su ST, Zhou HH, Liang D, et al. Research progress on biomechanics of lumbar facet joints [J]. *Chinese Journal of Spine and Spinal Cord*, 2017, 27 (5): 474-479. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2017.05.16.
- [16] 迟增德, 刘尚礼, 李春海, 等. 腰椎髓核摘除后小关节应力分析 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2009, 17 (5): 377-380.
Chi ZD, Liu SL, Li CH, et al. Stresses analysis of the facet joints of a lumbar motion segment after discectomy [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2009, 17 (5): 377-380.
- [17] Samartzis D, Cheung JP, Rajasekaran S, et al. Critical values of facet joint angulation and tropism in the development of lumbar degenerative spondylolisthesis: an international, large-scale multicenter study by the AOSpine Asia Pacific Research Collaboration Consortium [J]. *Global Spine J*, 2016, 6 (5): 414-421. DOI: 10.1055/s-0035-1564417.
- [18] Li W, Wang S, Xia Q, et al. Lumbar facet joint motion in patients with degenerative disc disease at affected and adjacent levels: an in vivo biomechanical study [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2011, 36 (10): E629-637. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181faef7.
- [19] 陈宏亮, 丁文元, 李宝俊, 等. 腰椎关节突关节退变的影像学改变及意义 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2009, 17 (19): 1482-1485.
Chen HL, Ding WY, Li BJ, et al. Radio logical research of lumbar facet degenerative diseases [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2009, 17 (19): 1482-1485.
- [20] Butler D, Trafimow JH, Andersson GB, et al. Discs degenerate before facets [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1990, 15 (2): 111-113. DOI: 10.1097/00007632-199002000-00012.
- [21] 刘洪, Ishihara H, Osada R. 小关节不对称—青少年腰椎间盘突出症的放射学特征 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2003, 11 (24): 1676-1679.
Liu H, Ishihara H, Osada R. Facet joint asymmetry as a radiologic feature of lumbar intervertebral disc herniation in children and adolescents [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2003, 11 (24): 1676-1679.

(收稿:2023-07-13 修回:2024-02-04)

(同行评议专家: 钱列, 焦根龙, 赵国平, 叶冬平)

(本文编辑: 闫承杰)