

• 研究原著 •

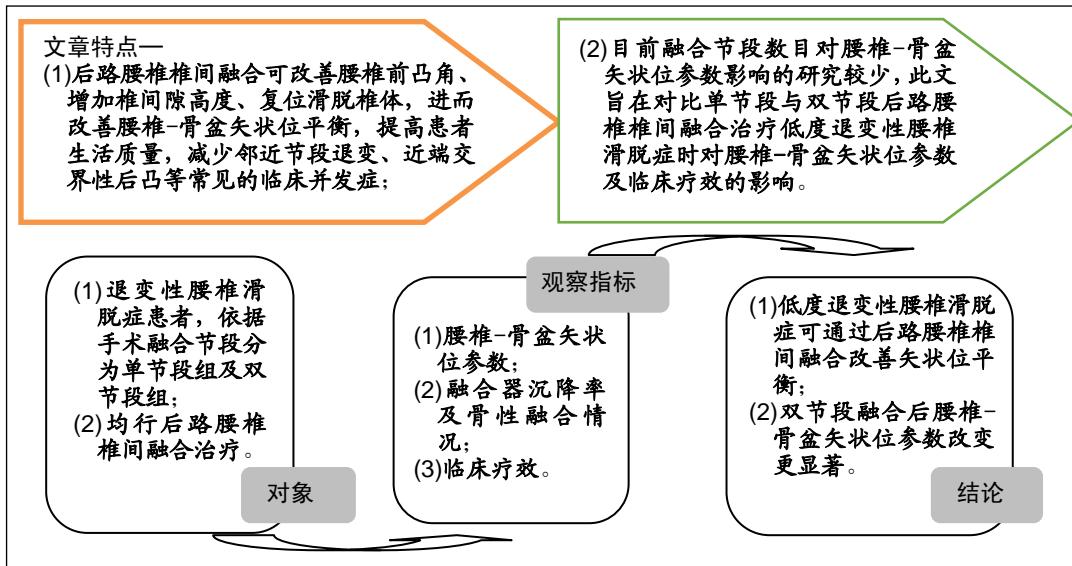
# 单节段与双节段后路腰椎椎间融合后腰椎-骨盆矢状位参数的比较

未洋洋<sup>1</sup>, 陈加成<sup>1</sup>, 孙 琦<sup>1</sup>, 王秋安<sup>1</sup>, 袁 峰<sup>2</sup>(<sup>1</sup>徐州医科大学研究生院, 江苏省徐州市 221000; <sup>2</sup>徐州医科大学附属医院骨科, 江苏省徐州市 221000)

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.2893

ORCID: 0000-0003-1782-8915(未洋洋)

文章快速阅读:



未洋洋, 男, 1994 年生, 安徽省亳州市人, 汉族, 2018 年蚌埠医学院毕业, 医师, 主要从事脊柱外科相关疾病的研究。

通讯作者: 袁峰, 教授, 博士, 主任医师, 徐州医科大学附属医院骨科, 江苏省徐州市 221000

文献标识码:A  
投稿日期: 2020-02-10  
送审日期: 2020-02-15  
采用日期: 2020-03-13  
在线日期: 2020-06-03



## 文题释义:

**后路腰椎椎间融合:** 是脊柱外科常见的腰椎融合方式之一, 具有术后即刻稳定性好、植骨融合率高、可恢复椎间隙高度及腰椎生理曲度等优点, 已广泛应用于腰椎滑脱症、腰椎管狭窄症、腰椎间盘突出症等腰椎疾病的治疗。

**L<sub>5</sub>入射角:** 这一概念于 2006 年由 ROUSSOULY 首次提出, 为一种动态性参数, 反映 L<sub>5</sub>腰椎椎体的倾斜状态, 与腰椎椎体滑脱程度、腰椎-骨盆矢状位参数及临床疗效相关, 在一定程度上可预测腰椎滑脱患者术后腰骶部的平衡状态, 研究已证实腰椎滑脱患者 L<sub>5</sub>入射角的重建应予以重视。

## 摘要

**背景:** 后路腰椎椎间融合是治疗退变性腰椎滑脱症的经典术式, 具有改善腰椎前凸角、增加椎间隙高度、复位滑脱椎体、提高患者生活质量等优势。

**目的:** 探讨单节段与双节段后路腰椎椎间融合治疗低度退变性腰椎滑脱症时对腰椎-骨盆矢状位参数的影响, 分析改善腰椎-骨盆矢状位参数的影响因素。

**方法:** 回顾性分析 2014 年 1 月至 2017 年 9 月使用聚醚醚酮椎间融合器联合椎弓根螺钉系统行单节段与双节段后路腰椎椎间融合治疗低度(I-II 度)退变性腰椎滑脱症 68 例患者的临床资料。根据手术融合节段分为 2 组, 单节段组 37 例, 双节段组 31 例。术前及末次随访时拍摄含双侧股骨头站立位腰椎侧位 X 射线片, 比较 2 组患者腰椎-骨盆矢状位参数、术后融合器沉降率与骨性融合情况。

**结果与结论:** ①2 组患者均顺利完成手术并进行随访, 随访时间 12~40 个月; ②单节段组与双节段组椎体滑移指数均较术前明显改善( $P < 0.05$ ), 2 组间改善程度差异无显著性意义( $P > 0.05$ ); ③与术前相比, 2 组患者骨盆倾斜角显著减小( $P < 0.05$ ), 髂骨倾斜角显著增大( $P < 0.05$ ), 但 2 组之间差异无显著性意义( $P > 0.05$ ); ④与术前相比, 2 组患者腰椎前凸角、下腰椎前凸角、腰椎前凸分布指数明显增大( $P < 0.05$ ), 双节段组增加值显著大于单节段组( $P < 0.05$ ); ⑤与术前相比, 2 组患者 L<sub>5</sub>入射角、L<sub>5</sub>椎体倾斜角、L<sub>1</sub>垂线与 S<sub>1</sub>距离明显减小( $P < 0.05$ ), 且双节段组减小值显著大于单节段组( $P < 0.05$ ); ⑥2 组患者融合器沉降率差异无显著性意义( $P > 0.05$ ); ⑦提示低度退变性腰椎滑脱症可通过后路腰椎椎间融合改善矢状位平衡, 双节段融合后腰椎-骨盆矢状位参数改变更显著。

## 关键词:

骨; 退变性; 腰椎; 腰椎滑脱症; 椎间融合; 骨性融合; 聚醚醚酮; 骨盆; 矢状位

中图分类号: R459.9; R318; R687

## 基金资助:

江苏省科技厅项目(BE2016647), 项目负责人: 袁峰

## 缩略语:

后路腰椎椎间融合术: posterior lumbar interbody fusion, PLIF; Oswestry 功能障碍指数: Oswestry disability index, ODI

Wei Yangyang, Physician,  
Graduate School of Xuzhou  
Medical University, Xuzhou  
221000, Jiangsu Province,  
China

Corresponding author:  
Yuan Feng, Professor, MD,  
Chief physician, Department  
of Orthopedics of Affiliated  
Hospital of Xuzhou Medical  
University, Xuzhou 221000,  
Jiangsu Province, China

## Comparison of lumbar-pelvic sagittal parameters after single-level and double-level posterior lumbar interbody fusion

Wei Yangyang<sup>1</sup>, Chen Jiacheng<sup>1</sup>, Sun Jun<sup>1</sup>, Wang Qian<sup>1</sup>, Yuan Feng<sup>2</sup> (<sup>1</sup>Graduate School of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221000, Jiangsu Province, China; <sup>2</sup>Department of Orthopedics of Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221000, Jiangsu Province, China)

### Abstract

**BACKGROUND:** Posterior lumbar intervertebral fusion is a classic surgical procedure for the treatment of degenerative lumbar spondylolisthesis. It has the advantages of improving lumbar lordosis, increasing the height of the intervertebral space, resetting the spondylolisthesis, and improving the quality of life of patients.

**OBJECTIVE:** To investigate the effect of single-level and double-level posterior lumbar interbody fusion for low-grade degenerative lumbar spondylolisthesis on lumbar-pelvic sagittal parameters, and analyze the influencing factors of lumbar-pelvic sagittal parameters.

**METHODS:** A retrospective analysis of 68 patients with degenerative lumbar spondylolisthesis treated with single-level or double-level low-grade (I-II degree) posterior lumbar interbody fusion using polyetheretherketone interbody fusion cage from January 2014 to September 2017 was conducted. According to the fusion segment, the patients were divided into single-level group ( $n=37$ ) and double-level group ( $n=31$ ). Before and at the last follow-up, X-ray films of lumbar spine with bilateral femoral head standing position were taken to compare the lumbar-pelvic sagittal parameters, the subsidence rate of fusion cage and bone fusion of the two groups.

**RESULTS AND CONCLUSION:** (1) The patients in both groups successfully completed the operation and were followed up. All patients were followed up for 12–40 months. (2) The vertebral slip indexes in the single-level group and the double-level group were significantly improved compared with those before surgery ( $P < 0.05$ ), and there was no significant difference in the improvement between the two groups ( $P > 0.05$ ). (3) Compared with the preoperation, the pelvic tilt angle was significantly reduced ( $P < 0.05$ ), and the sacral slope was significantly increased ( $P < 0.05$ ), but the difference between the two groups was not statistically significant ( $P > 0.05$ ). (4) Compared with the preoperation, the lumbar lordosis, lower lumbar lordosis, and lumbar lordosis distribution index in the two groups were significantly increased ( $P < 0.05$ ); and the increase value of the double-level group was significantly higher than that of the single-level group ( $P < 0.05$ ). (5) Compared with preoperation, L<sub>5</sub> incident, L<sub>5</sub> slope, L<sub>1</sub> axis and S<sub>1</sub> distance were significantly reduced ( $P < 0.05$ ), and the decrease in the double-level group was significantly greater than that of single-level group ( $P < 0.05$ ). (6) There was no significant difference in the cage subsidence rate between the two groups ( $P > 0.05$ ). Bone fusion was achieved in all patients at the last follow-up. (7) Low-grade degenerative lumbar spondylolisthesis can improve sagittal balance through posterior lumbar interbody fusion. The sagittal parameters of lumbar spine and pelvis were more significant after double segment fusion.

**Key words:** bone; degenerative; lumbar; lumbar spondylolisthesis; interbody fusion; bony fusion; polyetheretherketone; pelvis; sagittal position

**Funding:** the Science and Technology Fund of Jiangsu Province, No. BE2016647 (to YF)

## 0 引言 Introduction

退变性腰椎滑脱症是临幊上常见的成人脊柱退变性疾病，多见于中老年人群，好发于L<sub>4-5</sub>及L<sub>5-S<sub>1</sub></sub>节段<sup>[1]</sup>。随着病程进展，腰椎滑脱常会引起腰椎-骨盆矢状位失衡，出现一系列相应的临床症状。通过手术改善矢状位平衡，有助于提高患者生活质量，减少邻近节段退变、近端交界性后凸等临床并发症<sup>[2-4]</sup>。后路腰椎椎间融合术(posterior lumbar interbody fusion, PLIF)是治疗退变性腰椎滑脱症的经典外科术式，在改善腰椎前凸角、椎间隙高度、滑脱椎体复位等方面具有较为明显的优势<sup>[5]</sup>。

目前融合节段数目对腰椎-骨盆矢状位参数影响的比较研究较少，此次研究回顾性分析徐州医科大学附属医院行后路腰椎椎间融合治疗并符合纳入标准的68例低度(I-II度)退变性腰椎滑脱症患者的病历资料，随访患者术前及末次随访的影像学资料，通过测量和比较低度退变性腰椎滑脱症患者单节段与双节段后路腰椎椎间融合术后腰椎-骨盆矢状位参数，探讨不同融合节段数对腰椎-骨盆矢状位参数的影响。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

### 1.1 设计 回顾性对比试验。

1.2 时间及地点 于2014年1月至2017年9月在徐州医

大学附属医院骨科完成。

1.3 材料 椎间融合器及钉棒系统介绍见表1。

表1 植入物的材料学特征

Table 1 Material characteristics of the implants

指标	椎间融合器	钉棒系统
生产厂家	山东威高骨科材料股份有限公司	山东威高骨科材料股份有限公司
型号	HXBZ02	UPASS5.5
批准号	国食药监械(准)字 2012 第 3460678 号	国食药监械(准)字 2013 第 3460259 号
性能结构	高纯度，良好的材料示踪能力及生物力学的稳定性	逆向螺纹设计，固定可靠，生物稳定性强
材质	聚醚醚酮	钛合金
适应证	腰椎椎间融合，有效恢复椎间盘高度及促进植骨融合	腰椎骨折、腰椎滑脱、椎间盘病等脊柱内固定
生物相容性	良好	良好
产品标注的不良反应	融合器松动、断裂、移位、免疫异物排斥反应、感染等	钉棒断裂、松动、弯曲、移位，免疫异物排斥反应，感染等

1.4 对象 回顾性分析2014年1月至2017年9月在徐州医科大学附属医院行手术治疗腰椎滑脱症的患者270例，共68例患者纳入此项研究，所有患者对试验方案及治疗方案均知情同意，并获得徐州医科大学附属医院伦理委员会批准。依据腰椎滑脱Meyerding分级，I度滑脱45例，II度滑脱23例。根据手术融合节段分组，单节段组37例，双节

段组31例。

**纳入标准:** ①有长期腰腿痛史、间歇性跛行等症状, 经严格6个月以上保守治疗无效; ②腰椎X射线片、CT、MRI及肌电图等辅助检查结果与临床症状相符合, 临床确诊为低度退变性腰椎滑脱症, 且Meyerding分级为I、II度<sup>[6]</sup>; ③采用聚醚醚酮椎间融合器进行后路腰椎椎间融合术治疗; ④L<sub>4</sub>或L<sub>5</sub>退变性腰椎滑脱; ⑤L<sub>4</sub>腰椎滑脱伴L<sub>5/S<sub>1</sub></sub>腰椎椎间盘突出或不稳; L<sub>5</sub>腰椎滑脱伴L<sub>4/5</sub>腰椎椎间盘突出或不稳; ⑥腰椎不稳: 腰椎动力位X射线片显示2个相邻椎体在过伸与过屈位位移≥3 mm和/或椎间隙上下终板角度变化≥15°<sup>[7]</sup>; ⑦主要观察指标为术前和末次随访时腰椎-骨盆矢状位影像参数及临床疗效评分; ⑧采用回顾性临床病例分析; ⑨随访资料完整者。

**排除标准:** ①患有严重骨质疏松症者(术前骨密度T值<-2.5); ②既往有腰椎骨折、脊柱侧弯、脊柱肿瘤、脊柱感染、精神病等疾病史; ③长期糖皮质激素运用史者; ④随访资料不完整及失访者。

**1.5 方法** 所有患者手术均由徐州医科大学附属医院骨科具有手术资质且临床经验丰富的同一组主任医师操作完成。

### 1.5.1 手术方法

**单节段组:** 以L<sub>4</sub>滑脱为例, 患者全身麻醉下, 取俯卧位, 腹部垫高, 以C型臂X射线机准确定位L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub>手术节段, 消毒、铺巾, 粘贴一次性护皮膜, 以L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub>为中心作腰椎后路正中切口, 用骨剥充分显露L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub>节段棘突、椎板、关节突关节等解剖结构。于L<sub>4</sub>、L<sub>5</sub>双侧置入椎弓根螺钉, X射线透视确定椎弓根螺钉位置良好。运用骨刀及咬骨钳切除L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub>节段椎板, 充分减压L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub>节段, 切开L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub>后纵韧带及纤维环, 去除退变的椎间盘及髓核组织, 神经剥离子保护神经根, 椎间孔充分减压。咬下的松质骨用于填充融合器。用椎间撑开器按由小到大顺序依次撑开椎间隙, 直到纤维环紧张为止, 使滑脱椎体逐渐复位。使用连杆连接对侧的椎弓根螺钉, 拧紧螺帽, 保持椎间隙撑开状态。放入试模, 选择合适尺寸的已填充有自体骨的聚醚醚酮椎间融合器斜行45°置入L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub>椎间隙, 置入融合器距椎体后缘约3 mm。取适当长度的钛棒预弯至正常腰椎生理前凸后固定于椎弓根螺钉, 加压、拧紧螺帽。X射线透视下确定植入融合器位置合适、无移位、椎弓根螺钉无松动情况。反复冲洗创腔, 充分止血, 放置负压引流装置, 切口缝合, 无菌敷料覆盖。

**双节段组:** 以L<sub>4</sub>滑脱伴L<sub>5</sub>椎间盘突出为例, 麻醉及术前准备同前, 取后正中切口, 依次切开各层软组织, 显露手术节段, 按照常规方法置入L<sub>4</sub>、L<sub>5</sub>、S<sub>1</sub>双侧椎弓根螺钉,C臂机透视确定螺钉位置满意, 使用骨刀、咬骨钳将L<sub>4</sub>、L<sub>5</sub>椎板和关节突切除, 使用神经剥离子保护硬脊膜及神经根, 以免损伤。尖刀切开纤维环, 切开L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub>、L<sub>5</sub>-S<sub>1</sub>椎间盘和后纵韧带, 使病变节段及双侧神经根管充分减压。运用融合器试模从小到大依次缓慢撑开L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub>椎间隙, 直至纤维环及前后纵韧带紧张, L<sub>4</sub>滑脱椎体缓慢复位。同理, 使

用相同方法小心撑开L<sub>5</sub>-S<sub>1</sub>椎间隙。生理盐水冲洗, 选择合适大小的聚醚醚酮腰椎椎间融合器, 填充适量的自体松质骨, 与椎体呈斜行45°角植入L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub>、L<sub>5</sub>-S<sub>1</sub>椎间隙, 置入腰椎融合器距椎体后缘约3 mm。将预弯至腰椎生理曲度的合适长度的钛棒安装于椎弓根螺钉, 加压固定, 锁紧螺帽。检查神经根有无损伤及受压, C臂机透视确定融合器及钉棒系统位置满意, 生理盐水冲洗创腔, 置入负压引流管, 逐层缝合创口至皮肤, 无菌敷料覆盖。

**1.5.2 术后处理** 术后应用抗生素3 d预防手术部位感染, 术后48 h或24 h引流量小于50 mL拔除引流管。术后第2天行双侧下肢直腿抬高训练, 第3天佩戴硬性腰围逐渐下床进行功能锻炼。术后第12-14天拆线, 术后3个月内避免剧烈运动。

**1.6 主要观察指标** 所有观察指标均采用盲法评估。

**1.6.1 腰椎-骨盆矢状位参数测试** 使用医学影像科影像学资料处理系统PACS, 测量术及末次随访时手术节段腰椎-骨盆矢状位参数, 见图1。



图注: PI 为骨盆投射角; PT 为骨盆倾斜角; SS 为骶骨倾斜角; LL 为腰椎前凸角; Lower LL 为下腰椎前凸角; L<sub>4</sub>S 为L<sub>4</sub>椎体倾斜角; L<sub>5</sub>S 为L<sub>5</sub>椎体倾斜角; L<sub>5</sub>I 为L<sub>5</sub>入射角; LASD 为L<sub>1</sub>垂线与S<sub>1</sub>的距离; 椎间隙高度为椎间隙前、后缘高度的平均值, 即(a+b/2)

图 1 腰椎-骨盆矢状位参数测量

Figure 1 Measurement of lumbar-pelvic sagittal parameters

(1)骨盆投射角: S<sub>1</sub>上终板中点和股骨头中心连线与垂直S<sub>1</sub>上终板直线之间的夹角。若双侧股骨头不重叠, 取双侧股骨头中心连线的中点。

(2)骨盆倾斜角: S<sub>1</sub>上终板中点和股骨头中心连线与水平线垂线之间的夹角。

(3)骶骨倾斜角: S<sub>1</sub>上终板与水平线之间的夹角。

(4)腰椎前凸角: L<sub>1</sub>椎体上终板与S<sub>1</sub>椎体上终板的夹角。

(5)下腰椎前凸角: L<sub>4</sub>椎体上终板和S<sub>1</sub>椎体上终板的夹角, 以前凸为正<sup>[8]</sup>。

(6)L<sub>4</sub>椎体倾斜角: L<sub>4</sub>上终板与水平线的夹角。

(7)L<sub>5</sub>椎体倾斜角: L<sub>5</sub>上终板与水平线的夹角。

(8)L<sub>5</sub>入射角: L<sub>5</sub>上端板的垂直平分线与L<sub>5</sub>上端板的中点与股骨头中心的连线之间的夹角。

(9)L<sub>1</sub>垂线与S<sub>1</sub>的距离: 经过L<sub>1</sub>椎体中心的铅垂线与S<sub>1</sub>上终板后上缘的距离, 若铅垂线落在S<sub>1</sub>后上缘的前方则记

为正值，否则记为负值的绝对值。

(10)椎间隙高度：椎间隙前、后缘高度的平均值，即 $(a+b)/2$ 。

(11)椎体滑移指数：上位椎体下终板滑移值/下位椎体上终板长度×100%。

(12)腰椎前凸分布指数：下腰椎前凸角/腰椎前凸角×100%<sup>[9]</sup>。

**1.6.2 融合器沉降及融合标准** 依据KIM等<sup>[10]</sup>先前的研究，椎间隙丢失值为术后1周X射线片椎间隙高度与随访期间椎间隙高度的差值≥2 mm定义为融合器沉降。融合器沉降率为符合融合器沉降标准的手术节段数/该组手术节段总数，应用融合器沉降率评价融合器沉降情况。依据SUK融合标准评估手术节段椎间融合情况<sup>[11]</sup>。

**1.6.3 临床疗效及生活质量评估** 随访记录患者术前、末次随访时Oswestry功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)<sup>[12]</sup>、疼痛目测类比评分<sup>[13]</sup>、简明健康调查量表评分(SF-36)<sup>[14]</sup>，以评价临床疗效及患者生活质量改善情况。

**ODI：**共由疼痛的程度、日常生活自理能力、提物等10个方面的问题组成，每个问题得分0~5分，0分表示无功能障碍，5分表示明显功能障碍。计分方法：实际得分/50(最高可能得分)×100%，得分越高表示功能障碍越严重；

**疼痛目测类比评分：**总分10分，0分表示无痛，10分表示剧痛，评分越高表示疼痛程度越重；

**简明健康调查量表：**包括躯体健康、社会功能、躯体角色功能、躯体疼痛等8个维度，每个维度含有2~10个条目，共36个条目，所有8个维度可概括为躯体健康总评和精神健康总评。

**1.7 统计学分析** 使用SPSS 16.0统计软件进行分析，患者年龄、体质量指数、随访时间等计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示，组内比较采用配对t检验，组间比较采用独立样本t检验；性别等计数资料采用 $\chi^2$ 检验。以 $P < 0.05$ 认为差异有显著性意义。

## 2 结果 Results

**2.1 参与者数量分析** 纳入退变性腰椎滑脱症患者68例，根据手术融合节段分组，单节段组37例，双节段组31例。所有患者均进入结果分析，无脱落。

**2.2 试验流程图** 见图2。

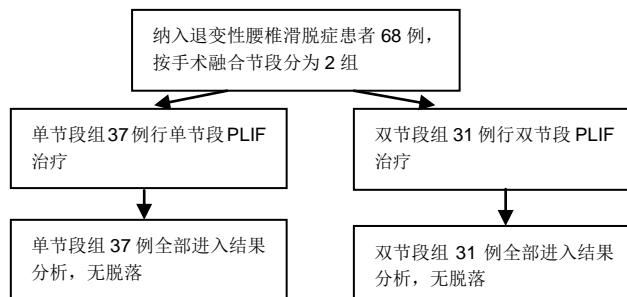


图2 两组患者分组流程图

Figure 2 Flow chart of patient allocation in both groups

**2.3 一般资料及并发症发生情况** 2组患者均顺利完成手术并进行随访，随访时间12~40个月。2组患者性别、年龄、体质量指数、随访时间差异均无显著性意义( $P > 0.05$ )，见表2。2组患者均成功完成手术，术后无切口感染、下肢深静脉血栓、脑脊液漏等并发症。随访期间所有患者X射线片显示融合器固定牢固，无明显移位，椎弓根螺钉无断裂及松动情况。所有患者术后腰腿痛症状较术前明显减轻或消失，间歇性跛行明显缓解，患者生活质量得到显著提高。

表2 两组患者基线资料比较

Table 2 Comparison of baseline data of two groups

指标	单节段组 (n=37)	双节段组 (n=31)	统计值	P 值
性别(男/女, n)	17/20	13/18	$\chi^2=0.110$	0.740
年龄( $\bar{x}\pm s$ , 岁)	52.16±8.51	53.58±5.85	$t=0.672$	0.731
体质量指数( $\bar{x}\pm s$ , kg/m <sup>2</sup> )	22.47±2.42	22.35±3.82	$t=0.145$	0.885
随访时间( $\bar{x}\pm s$ , 月)	26.84±6.94	25.52±6.06	$t=0.828$	0.410

## 2.4 影像资料分析

**2.4.1 术前及末次随访时腰椎矢状位参数变化** 2组患者影像测量结果见表3、4。单节段组与双节段组椎体滑移指数均较术前明显改善( $P < 0.05$ )，2组间改善程度差异无显著性意义( $P > 0.05$ )。与术前相比，2组骨盆倾斜角显著减小( $P < 0.05$ )，骶骨倾斜角显著增大( $P < 0.05$ )，但2组之间差异无显著性意义( $P > 0.05$ )。与术前相比，腰椎前凸角、下腰椎前凸角、腰椎前凸分布指数2组均较术前明显增加，双节段组增加值均显著大于单节段组( $P < 0.05$ )。2组患者L<sub>4</sub>椎体倾斜角均较术前明显减小( $P < 0.05$ )，但2组间差异无显著性意义( $P > 0.05$ )。与术前相比，L<sub>5</sub>入射角、L<sub>5</sub>椎体倾斜角、L<sub>1</sub>垂线与S<sub>1</sub>距离均明显减小，且双节段组减小值显著大于单节段组( $P < 0.05$ )。

**2.4.2 融合器沉降及骨性融合情况** 末次随访时共有22个节段发生融合器沉降，单节段组7个节段(19%)，双节段组15节段(24%)，2组之间差异无显著性意义( $P > 0.05$ )。双节段组中，上位节段融合器沉降6例(19%)，下位节段融合器沉降9例(29%)，两者差异无显著性意义( $P > 0.05$ )。根据SUK融合标准，末次随访时2组患者手术节段均已获得骨性融合，未发生内固定物断裂及松动情况。

**2.5 临床疗效分析** 2组患者ODI、目测类比评分、简明健康调查量表评分见表5。单节段组与双节段组术前ODI、目测类比评分、简明健康调查量表评分之间差异无显著性意义( $P > 0.05$ )。2组末次随访时ODI、目测类比评分均较术前显著减小，简明健康调查量表评分较术前显著增大( $P < 0.05$ )。2组患者末次随访时ODI、目测类比评分、简明健康状况调查量表评分相比差异均无显著性意义( $P > 0.05$ )。

## 3 讨论 Discussion

研究证实，退变性腰椎滑脱可对腰椎矢状面平衡产生影响<sup>[15-16]</sup>，而椎体滑脱是否需要完全复位以及复位的程度

表3 两组术前及末次随访时腰椎-骨盆矢状位参数测量结果 ( $\bar{x}\pm s$ )  
Table 3 Measurement of lumbar-pelvic sagittal parameters preoperatively and at last follow-up

参数	单节段组( $n=37$ )		$t$ 值	$P$ 值
	术前	末次随访		
椎体滑移指数(%)	27.67±6.69	11.62±3.58	13.755	<0.001
骨盆投射角(°)	54.93±5.00	55.19±5.01	-1.591	0.120
骨盆倾斜角(°)	18.04±3.49	14.84±4.05	6.363	<0.001
骶骨倾斜角(°)	35.87±6.71	39.30±7.11	-5.681	<0.001
腰椎前凸角(°)	42.12±7.64	46.49±7.82	-7.287	<0.001
下腰椎前凸角(°)	21.54±4.28	26.80±6.44	-6.923	<0.001
腰椎前凸分布指数(%)	51.69±8.26	57.89±11.31	-3.602	<0.001
$L_4$ 椎体倾斜角(°)	11.98±8.38	9.18±6.61	4.008	<0.001
$L_5$ 椎体倾斜角(°)	22.23±6.80	16.31±6.42	6.252	<0.001
$L_5$ 入射角(°)	32.02±6.96	24.48±7.16	11.074	<0.001
$L_1$ 垂线与 $S_1$ 的距离(mm)	24.27±7.30	20.17±6.71	4.941	<0.001

参数	双节段组( $n=31$ )		$t$ 值	$P$ 值
	术前	末次随访		
椎体滑移指数(%)	26.69±5.76	11.81±5.15	17.891	<0.001
骨盆投射角(°)	51.15±6.69	51.52±6.91	-1.228	0.229
骨盆倾斜角(°)	19.00±3.34	16.08±2.92	7.993	<0.001
骶骨倾斜角(°)	33.64±6.51	37.23±3.33	-3.857	0.001
腰椎前凸角(°)	43.02±8.95	49.83±9.32	-7.823	<0.001
下腰椎前凸角(°)	21.36±5.61	30.33±6.22	-15.023	<0.001
腰椎前凸分布指数(%)	49.76±7.98	61.49±9.57	-7.289	<0.001
$L_4$ 椎体倾斜角(°)	12.97±6.10	9.65±6.54	4.419	<0.001
$L_5$ 椎体倾斜角(°)	26.92±5.39	17.23±5.15	10.122	<0.001
$L_5$ 入射角(°)	33.74±5.06	22.96±4.99	15.358	<0.001
$L_1$ 垂线与 $S_1$ 的距离(mm)	27.63±6.07	19.54±4.88	8.955	<0.001

表4 两组术前及末次随访时腰椎-骨盆矢状位参数变化 ( $\bar{x}\pm s$ )  
Table 4 Changes of lumbar-pelvic sagittal parameters preoperatively and at last follow-up

参数	单节段组 ( $n=37$ )	双节段组 ( $n=31$ )	统计值	$P$ 值
$\Delta$ 椎体滑移指数(%)	-16.05±7.10	14.87±4.63	$t=-0.795$	0.429
$\Delta$ 骨盆投射角(°)	0.26±1.00	0.37±1.65	$t=-0.301$	0.764
$\Delta$ 骨盆倾斜角(°)	-3.20±3.06	-2.91±2.03	$t=-0.462$	0.645
$\Delta$ 骶骨倾斜角(°)	3.44±3.68	3.59±5.18	$t=-0.141$	0.888
$\Delta$ 腰椎前凸角(°)	4.37±3.64	6.81±4.84	$t=-2.370$	0.021
$\Delta$ 下腰椎前凸角(°)	5.26±4.62	8.97±3.32	$t=-3.841$	0.000
$\Delta$ 腰椎前凸分布指数(%)	6.21±10.48	11.73±8.96	$t=-2.312$	0.024
$\Delta L_4$ 椎体倾斜角(°)	-2.80±4.25	-3.32±4.18	$t=0.506$	0.615
$\Delta L_5$ 椎体倾斜角(°)	-5.92±5.76	-9.68±5.33	$t=2.778$	0.007
$\Delta L_5$ 入射角(°)	-7.54±4.14	-10.78±3.91	$t=3.300$	0.002
$\Delta L_1$ 垂线与 $S_1$ 的距离(mm)	-4.10±5.06	-8.09±5.03	$t=3.252$	0.002
融合器沉降率	19%	24%	$\chi^2=0.373$	0.541

表注:  $\Delta$ =末次随访-术前

尚且没有确切的结论。对于 I - II 度退变性腰椎滑脱患者, 通过后路椎间融合手术可获得一定的椎体复位, 进而改善腰骶部矢状位平衡和轴向负荷, 减少并发症, 提高患者生活质量。近年来, 脊柱矢状位平衡在脊柱退行性疾病的发生机制及治疗中的作用逐渐受到重视<sup>[17-18]</sup>, 而腰椎-骨盆参数是评价腰椎矢状位平衡状态的重要参考指标。

术中恢复正常的解剖结构, 包括腰椎前凸角、下腰椎

表5 术前及末次随访时 ODI、目测类比评分及简明健康状况调查量表评分比较 ( $\bar{x}\pm s$ )  
Table 5 ODI scores, visual analogue scale scores, and 36-item short form preoperatively and at last follow-up

指标	单节段组 ( $n=37$ )	双节段组 ( $n=31$ )	$t$ 值	$P$ 值
ODI	术前	52.35±5.24	53.58±5.23	-0.965 0.338
	末次随访	23.92±5.58 <sup>a</sup>	23.35±5.01 <sup>a</sup>	0.435 0.665
目测类比评分(分)	术前	6.68±1.51	7.35±1.62	-1.785 0.079
	末次随访	1.62±0.98 <sup>a</sup>	2.03±0.80 <sup>a</sup>	-1.870 0.066
简明健康调查	术前	28.19±5.26	27.10±5.24	0.854 0.396
量表评分(分)	末次随访	59.92±8.33 <sup>a</sup>	58.74±7.30 <sup>a</sup>	0.613 0.542

表注: ODI 为 Oswestry 功能障碍指数。与术前相比, <sup>a</sup> $P < 0.05$

前凸角以及腰椎-骨盆矢状面平衡, 对患者缓解不适症状、维持长期疗效非常重要。尹刚辉等<sup>[19]</sup>对国内111例志愿者进行了脊柱全长X射线片测量, 发现正常国人腰椎-骨盆矢状位参数腰椎前凸角为(48.7±10.03)°, 骶骨倾斜角为(33.57±7.64)°, 骨盆投射角为(44.75±9.01)°, 骨盆倾斜角为(11.18±6.60)°。研究证实, 腰椎前凸角过度减少可能使腰椎矢状面失衡<sup>[20]</sup>, 致使手术融合节段出现相对后凸, 而腰椎后凸会导致脊柱后方骨性及软组织等结构张力和应力增大, 患者进而会出现腰痛等术后并发症<sup>[21-22]</sup>, 并且提高腰椎前凸角还可以减少邻近节段的退变。维持一定的腰椎前凸角及腰椎节段性前凸角有利于腰椎矢状位平衡的保持, 减少邻近节段过度受力, 可减少发生邻近节段退变的可能性<sup>[23-25]</sup>。MAROUBY等<sup>[18]</sup>认为下腰椎融合术可显著增加腰骶部节段性前凸角, 减少上腰椎前凸程度, 进而改善整体腰椎前凸角。腰椎融合术后下腰椎前凸分布指数降低与发生近端交界区并发症存在密切相关性, 并且会影响患者生活质量<sup>[9-26]</sup>。而KIM等<sup>[27]</sup>研究发现下腰椎前凸指数大于50%可能会减少邻近节段退变。因此, 对于不同患者应尽可能恢复其腰椎前凸指数, 有助于减少远期并发症。在此研究中, 单节段、双节段融合术后下腰椎前凸角、腰椎前凸角及腰椎前凸分布指数变化值相比, 2组间差异均有显著性意义, 说明双节段融合术对重建腰椎矢状位平衡的影响更显著。

随着研究的进展, 腰椎-骨盆矢状位平衡参数越来越受到重视, 许多临床医生将其作为判断手术效果的参考依据。 $L_5$  入射角是预测腰椎矢状位平衡可靠的位置参数<sup>[28]</sup>, 由ROUSSOULY等<sup>[29]</sup>首次提出, 其发现腰椎滑脱特别是腰骶部滑脱与 $L_5$  入射角改变具有相关性。LAELLE等<sup>[30]</sup>研究表明,  $L_5$  入射角的增加与退变性腰椎滑脱患者临床症状的改善相关。SEBAALY等<sup>[31]</sup>研究者建议对于高度腰椎滑脱患者, 将 $L_5$  入射角<60°作为脊柱骨盆平衡的参考值。此项结果显示, 双节段融合组术后 $L_5$  入射角减小值(-10.78±3.91)°明显大于单节段PLIF组(-7.54±4.14)°, 这表明双节段融合更能够恢复腰椎矢状位的力学平衡。与正常人相比, 腰椎滑脱患者 $L_4$ 、 $L_5$  椎体倾斜角明显增高<sup>[32]</sup>,  $L_4$  及 $L_5$  椎体

倾斜角在一定程度上可以反映下腰椎椎体平衡性。此次研究中，双节段组术后L<sub>5</sub>椎体倾斜角改善值显著高于单节段组，进一步表明双节段融合对于改变局部矢状面平衡更显著。经过L<sub>1</sub>椎体中心的铅垂线反映身体负重的轴线，L<sub>1</sub>垂线与S<sub>1</sub>的距离可作为为腰椎矢状位平衡的指标。SU等<sup>[33]</sup>对23例腰椎滑脱症行单节段融合术的患者平均随访19个月发现，单节段PLIF可明显减少矢状位参数L<sub>1</sub>垂线与S<sub>1</sub>的距离，有助于改善脊柱-骨盆矢状位力线平衡。KAWAKAMI等<sup>[34]</sup>研究发现L<sub>1</sub>垂线与S<sub>1</sub>的距离与疼痛症状的恢复相关，滑移的减少可改善退行性腰椎滑脱融合术后的临床效果。腰椎滑脱患者身体负重的轴线偏离中心，易于造成腰椎失衡加重滑脱。此次研究经过对比发现，双节段融合L<sub>1</sub>垂线与S<sub>1</sub>的距离恢复更明显[(-8.09±5.03)mm vs. (-4.10±5.06)mm]，减少了因重心代偿造成的其他腰椎结构的负荷，有利于矢状位平衡维持。

此次研究亦将骨盆参数作为研究对象，分析腰椎融合术后相应参数的改变情况。骨盆投射角为人体解剖学的参数，可用于描述骨盆形态和S<sub>1</sub>上终板位置，此次研究中2组患者术前、术后骨盆投射角均无明显变化，且符合骨盆投射角=骶骨倾斜角+骨盆倾斜角，这与BOUAICHA等<sup>[35-36]</sup>证实骨盆投射角值为脊柱矢状面参数恒定值相一致；此次研究也证实了骨盆投射角与是否手术及手术融合节段数目无关。此次研究中，与术前相比，纳入所有病例术后骶骨倾斜角明显增大，骨盆倾斜角值显著减少，对此可能原因是，随着腰椎滑脱及腰椎前凸角减少，C<sub>7</sub>铅垂线逐渐前移，处于失平衡状态，作为人体自身代偿，需要骨盆后倾来减少身体重心的前移，抵抗身体的失平衡，这就造成骨盆倾斜角增大、骶骨倾斜角及腰椎前凸角减小，因此需要通过手术的方式复位滑脱椎体，恢复腰椎前凸角，维持矢状位平衡；末次随访时单节段融合与双节段组在骨盆参数的变化上无显著差异。

目前对于腰椎骨盆-骨盆矢状位参数的研究较多，当腰椎滑脱的患者脊柱骨盆矢状位失衡时，因代偿作用而发生骨盆后旋，髋关节处于过伸状态保持骨盆的水平状态，双侧股骨头逐渐移至腰椎骶骨前方，以此代偿腰椎生理前凸的丧失所引起的躯干前倾的失衡状态<sup>[37]</sup>。此次研究结果相关可能机制为，脊柱融合术导致手术节段代偿能力丧失，术后腰椎滑脱得到不同程度恢复，可通过自身代偿机制重建相应的生物力学。后路腰椎椎间单节段融合术后，邻近节段可以充分代偿手术融合节段活动程度和腰椎平衡序列的参与程度，致使单节段融合术后矢状位参数改变不及双节段显著。而双节段腰椎融合术由于手术融合节段数目增加，邻近节段代偿能力不及单节段融合术，加上后方椎弓根螺钉和钉棒系统的坚固固定，且邻近节段生物力学亦改变，当腰椎融合节段的邻近节段达到代偿极限后，最终导致腰椎-骨盆矢状位参数发生显著改变。腰椎融合术后确切的生物代偿机制，尚需大量实验研究进一步推理论证。

王鹏飞等<sup>[38]</sup>对20例因腰椎滑脱合并椎管狭窄行单节段PLIF治疗的患者进行研究，目测类比评分从术前(7.63±0.85)分降为术后6个月(2.05±0.64)分，ODI由术前19.12±4.69减少至3.84±3.01，临床症状显著改善。张明凯等<sup>[39]</sup>对40例行双节段腰椎椎间融合的患者进行研究发现，末次随访时发现日本骨科协会评分及目测类比评分均较术前明显改善，疼痛等症状明显减轻，生活质量显著提高。此次研究根据固定融合的节段不同，将68例患者分为单节段融合组和双节段融合组，结果末次随访时2组术后目测类比评分、ODI、简明健康调查量表评分均较术前明显改善，腰腿痛症状较术前明显减轻，间歇性跛行明显缓解，患者生活质量得到显著提高，但2组患者术前及术后各评分的差异无显著性意义，证实了单节段与双节段PLIF治疗低度(I-II度)退变性腰椎滑脱症能获得良好临床效果。

综上，低度退变性腰椎滑脱症可通过后路腰椎椎间融合改善矢状位平衡，双节段融合后腰椎-骨盆矢状位参数改変更显著。此项研究亦有一定的局限性，列入患者较少，可能会对研究结果产生一定的影响；不同融合节段数目对于整体脊柱矢状位平衡的影响如何尚不明确；随访时间较短，缺乏长期影像的随访观察，需要后续继续研究，目前对于不同融合节段数对腰椎矢状位平衡影响的研究较少，确切结论需进一步探讨。

**作者贡献：**未洋洋负责试验设计、论文撰写，袁峰负责试验设计的审核和评估，未洋洋负责试验实施及资料数据采集，未洋洋、陈加成、孙珺、王秋安负责试验数据测量的核对及临床随访。

**经费支持：**该文章接受了“江苏省科技厅项目(BE2016647)”的基金资助。所有作者声明，经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

**利益冲突：**文章中治疗干预手段采用椎间融合器及椎弓根内固定系统(山东威高)，文章的全部作者声明，没有接受该器械的任何资助，在课题研究和文章撰稿过程，不存在利益冲突。

**机构伦理问题：**该临床研究的实施符合《赫尔辛基宣言》和徐州医科大学附属医院对研究的相关伦理要求。手术主刀为主任医师，徐州医科大学附属医院为三级甲等医院，符合后路腰椎椎间融合手术治疗的资质要求。

**知情同意问题：**参与试验的患病个体及其家属为自愿参加，均对试验过程完全知情同意，在充分了解治疗方案的前提下签署了“知情同意书”。

**写作指南：**该研究遵守《非随机对照临床试验研究报告指南》(TREND声明)。

**文章查重：**文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行3次查重。

**文章外审：**文章经小同行外审专家双盲外审，同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

**生物统计学声明：**文章统计学方法已经徐州医科大学附属医院生物统计学专家审核。

**文章版权：**文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

**开放获取声明：**这是一篇开放获取文章，根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享4.0”条款，在合理引用的情况下，允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展，同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献，并为之建立索引，用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

## 4 参考文献 References

- [1] WANG YX, DENG M, GRIFFITH JF, et al. Lumbar Spondylolisthesis Progression and De Novo Spondylolisthesis in Elderly Chinese Men and Women: A Year-4 Follow-up Study. Spine (Phila Pa 1976). 2016;41(13): 1096-1103.

- [2] PHAN K, NAZARETH A, HUSSAIN AK, et al. Relationship between sagittal balance and adjacent segment disease in surgical treatment of degenerative lumbar spine disease: meta-analysis and implications for choice of fusion technique. *Eur Spine J.* 2018; 27(8): 1981-1991.
- [3] LAFAGE R, OBEID I, LIABAUD B, et al. Location of correction within the lumbar spine impacts acute adjacent-segment kyphosis. *J Neurosurg Spine.* 2018; 30(1): 69-77.
- [4] CHO JH, JOO YS, LIM C, et al. Effect of one- or two-level posterior lumbar interbody fusion on global sagittal balance. *Spine J.* 2017; 17(12): 1794-1802.
- [5] ISHIHARA Y, MORISHITA M, MIYAKI J, et al. Comparison of transforaminal lumbar interbody fusion using the boomerang-shaped cage with traditional posterior lumbar interbody fusion for lumbar spondylolisthesis. *Spine Surg Relat Res.* 2019; 3(1): 71-78.
- [6] MEYERDING HW. Spondylolisthesis; surgical fusion of lumbosacral portion of spinal column and interarticular facets; use of autogenous bone grafts for relief of disabling backache. *J Int Coll Surg.* 1956; 26(5 Part 1): 566-591.
- [7] FRYMOYER JW. Low back pain. The role of spine fusion. *Neurosurg Clin N Am.* 1991; 2(4): 933-954.
- [8] 黄诚谦,韦文,陆文忠,等. CARDS分型D型和非D型退变性腰椎滑脱临床特点及经椎间孔椎体间融合手术疗效的对比分析[J]. 中国骨与关节杂志, 2019, 8(7): 531-536.
- [9] YILGOR C, SOGUNMEZ N, BOISSIERE L, et al. Global alignment and proportion (GAP) score: development and validation of a new method of analyzing spinopelvic alignment to predict mechanical complications after adult spinal deformity surgery. *J Bone Joint Surg Am.* 2017;99(19): 1661-1672.
- [10] KIM MC, CHUNG HT, CHO JL, et al. Subsidence of polyetheretherketone cage after minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *J Spinal Disord Tech.* 2013; 26(2): 87-92.
- [11] SUK SI, LEE CK, KIM WJ, et al. Adding posterior lumbar interbody fusion to pedicle screw fixation and posterolateral fusion after decompression in spondylolytic spondylolisthesis. *Spine.* 1997; 22(2): 210-219.
- [12] SHEAHAN PJ, NELSON-WONG EJ, FISCHER SL. A review of culturally adapted versions of the Oswestry Disability Index: the adaptation process, construct validity, test-retest reliability and internal consistency. *Disabil Rehabil.* 2015; 37(25): 2367-2374.
- [13] CONSTANT CR, MURLEY AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res.* 1987; (214): 160-164.
- [14] SALIM S, YAMIN M, ALWI I, et al. Validity and Reliability of the Indonesian Version of SF-36 Quality of Life Questionnaire on Patients with Permanent Pacemakers. *Acta Med Indones.* 2017;49(1): 10-16.
- [15] LABELLE H, ROUSSOULY P, BERTHONNAUD E, et al. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance: a correlation study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004; 29(18): 2049-2054.
- [16] JACKSON RP, MCMANUS AC. Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size. A prospective controlled clinical study. *Spine (Phila Pa 1976).* 1994; 19(14): 1611-1618.
- [17] YIJIAN Z, HAO L, HUILIN Y, et al. Comparison of posterolateral fusion and posterior lumbar interbody fusion for treatment of degenerative spondylolisthesis: Analysis of spinopelvic sagittal balance and postoperative chronic low back pain. *Clin Neurol Neurosurg.* 2018; 171: 1-5.
- [18] MAROUBY S, COULOMB R, MAURY E, et al. Prospective evaluation of spinopelvic parameters with clinical correlation in patients operated with an anterior lumbar interbody fusion. *Asian Spine J.* 2020; 14(1): 88-96.
- [19] 尹刚辉,金大地,陈方尧,等. 新的脊柱-骨盆矢状面测量参数:骶骨骨盆角的提出及意义[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(8): 704-709.
- [20] FENG Y, CHEN L, GU Y, et al. Influence of the posterior lumbar interbody fusion on the sagittal spinopelvic parameters in isthmic L5-S1 spondylolisthesis. *J Spinal Disord Tech.* 2014;27(1): E20-E25.
- [21] CHALEAT-VALAYER E, MAC-THONG JM, PAQUET J, et al. Sagittal spino-pelvic alignment in chronic low back pain. *Eur Spine J.* 2011; 20 Suppl 5: 634-640.
- [22] KEPLER CK, RIHN JA, RADCLIFF KE, et al. Restoration of lordosis and disk height after single-level transforaminal lumbar interbody fusion. *Orthop Surg.* 2012; 4(1): 15-20.
- [23] ZHAO X, DU L, XIE Y, et al. Effect of Lumbar Lordosis on the Adjacent Segment in Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: A Finite Element Analysis. *World Neurosurg.* 2018;114: e114-e120.
- [24] TIAN H, WU A, GUO M, et al. Adequate Restoration of Disc Height and Segmental Lordosis by Lumbar Interbody Fusion Decreases Adjacent Segment Degeneration. *World Neurosurg.* 2018; 118: e856-e864.
- [25] KIM KH, LEE SH, SHIM CS, et al. Adjacent segment disease after interbody fusion and pedicle screw fixations for isolated L4-L5 spondylolisthesis: a minimum five-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010; 35(6): 625-634.
- [26] OHBA T, EBATA S, OBA H, et al. Correlation between postoperative distribution of lordosis and reciprocal progression of thoracic kyphosis and occurrence of proximal junctional kyphosis following surgery for adult spinal deformity. *Clin Spine Surg.* 2018;31(9): E466-E472.
- [27] KIM WJ, MA CH, KIM SH, et al. Prevention of adjacent segmental disease after fusion in degenerative spinal disorder: correlation between segmental lumbar lordosis ratio and pelvic incidence-lumbar lordosis mismatch for a minimum 5-year follow-up. *Asian Spine J.* 2019;13(4): 654-662.
- [28] ZHU F, BAO H, LIU Z, et al. Analysis of L5 incidence in normal population use of L5 incidence as a guide in reconstruction of lumbosacral alignment. *Spine (Phila Pa 1976).* 2014;39(2): E140-146.
- [29] ROUSSOULY P, GOLLOGLY S, BERTHONNAUD E, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis in the presence of L5-S1 isthmic lysis and low-grade spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006;31(21): 2484-2490.
- [30] LABELLE H, ROUSSOULY P, CHOPIN D, et al. Spino-pelvic alignment after surgical correction for developmental spondylolisthesis. *Eur Spine J.* 2008; 17(9): 1170-1176.
- [31] SEBAALY A, EL RACHKIDI R, GROBOST P, et al. L5 incidence: an important parameter for spinopelvic balance evaluation in high-grade spondylolisthesis. *Spine J.* 2018;18(8): 1417-1423.
- [32] FUNAO H, TSUJI T, HOSOGANE N, et al. Comparative study of spinopelvic sagittal alignment between patients with and without degenerative spondylolisthesis. *Eur Spine J.* 2012;21(11): 2181-2187.
- [33] SU K, LUAN J, WANG Q, et al. Radiographic Analysis of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion versus conventional open surgery on sagittal lumbar-pelvic alignment for degenerative spondylolisthesis. *World Neurosurg.* 2019; 124: e733-e739.
- [34] KAWAKAMI M, TAMAKI T, ANDO M, et al. Lumbar sagittal balance influences the clinical outcome after decompression and posterolateral spinal fusion for degenerative lumbar spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002; 27(1): 59-64.
- [35] BOUAICHA S, CUNIER M, SCHEYERER MJ, et al. Does sagittal spinopelvic configuration influence vertebral fracture type or localization in trauma patients?: a retrospective radiologic analysis. *Clin Spine Surg.* 2017; 30(3): E265-E269.
- [36] MACTHIONG JM, ROUSSOULY P, BERTHONNAUD E, et al. Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine Caucasian asymptomatic adults. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35(22):E1193-1198.
- [37] LABELLE H, MAC-THONG JM, ROUSSOULY P. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification. *Eur Spine J.* 2011; 20 Suppl 5: 641-646.
- [38] 王鹏飞,谢威,王民洁. PLIF与TLIF治疗老年退变性腰椎滑脱合并腰椎管狭窄症的疗效比较[J]. 重庆医学, 2014,43(10):1259-1261.
- [39] 张明凯,汤健,尤涛. 下位节段椎间融合器融合、上位节段自体骨植骨融合治疗双节段退变性腰椎不稳临床观察[J]. 山东医药, 2017, 57(16): 47-49.