

· 临床论著 ·

开放获取

腰椎退变病极外侧椎间融合单侧与双侧椎弓钉固定比较<sup>△</sup>张硕稳<sup>1</sup>, 王伟鉴<sup>2</sup>, 甄瑞鑫<sup>3</sup>, 李少荣<sup>2</sup>, 吴晗<sup>2</sup>, 孙亚澎<sup>2</sup>, 李佳奇<sup>2</sup>, 张为<sup>2\*</sup>

(1. 河北医科大学第一医院, 河北石家庄 050000; 2. 河北医科大学第三医院, 河北石家庄 050000;

3. 承德医学院附属医院, 河北承德市 067020)

**摘要:** [目的] 比较极外侧腰椎间融合术 (extreme lateral interbody fusion, XLIF) 结合侧卧位单侧椎弓钉固定 (unilateral pedicle screw fixation, UPSF) 与俯卧位双侧椎弓钉固定 (bilateral pedicle screw fixation, BPSF) 治疗骨量减少腰椎退变患者的临床疗效。[方法] 回顾性分析接受 XLIF 手术治疗伴有骨量减少的单节段腰椎退变 75 例患者的临床资料。依据术前医患沟通结果, 25 例采用 UPSF, 50 例采用 BPSF, 比较两组围手术期、随访、影像资料。[结果] 两组手术均顺利完成, UPSF 组手术时间 [(73.6±10.6) min vs (84.8±12.2) min,  $P<0.001$ ]、切口长度 [(9.9±1.3) cm vs (14.0±1.4) cm,  $P<0.001$ ]、术中出血量 [(63.4±17.2) ml vs (86.7±10.8) ml,  $P<0.001$ ]、术中透视次数 [(6.2±1.2) 次 vs (13.1±1.6) 次,  $P<0.001$ ] 均显著少于 BPSF 组。随访时间 13~24 个月, 两组恢复完全负重活动时间的差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。随时间推移, 两组患者腰痛 VAS 评分、腿痛 VAS 评分、ODI 评分均显著改善 ( $P<0.05$ )。术后 1 周, UPSF 组腰痛的 VAS 评分 [(2.5±0.9) vs (2.9±0.7),  $P<0.001$ ] 显著优于 BPSF 组。影像方面, 与术前相比, 末次随访时两组椎管面积、椎间隙高度、腰椎前凸角、融合评级均显著改善 ( $P<0.05$ ), 相应时间点, 两组间上述影像指标的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。末次随访两组内固定松动的差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。[结论] XLIF 结合 BPSF 和计算机辅助导航的侧卧位 UPSF 治疗骨量减少的腰椎退行性疾病患者均安全有效。与 BPSF 相比, UPSF 组术中出血量少、透视次数少、手术时间短, 术后恢复快。

**关键词:** 极外侧腰椎间融合, 计算机导航, 单边椎弓根螺钉固定, 骨量减少, 腰椎退变性疾病

**中图分类号:** R681.5      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-8478 (2025) 02-0111-07

**Unilateral pedicle screw fixation versus bilateral counterpart in extreme lateral interbody fusion for lumbar degenerative diseases** // ZHANG Shuo-wen<sup>1</sup>, WANG Wei-jian<sup>2</sup>, ZHEN Rui-xin<sup>3</sup>, LI Shao-rong<sup>2</sup>, WU Han<sup>2</sup>, SUN Ya-peng<sup>2</sup>, LI Jia-qi<sup>2</sup>, ZHANG Wei<sup>2</sup>. 1. The First Hospital, Hebei Medical University, Shijiazhuang, Hebei 050000, China; 2. The Third Hospital, Hebei Medical University, Shijiazhuang, Hebei 050000, China; 3. Affiliated Hospital, Chengde Medical College, Chengde, Hebei 067020, China

**Abstract:** [Objective] To compare extreme lateral interbody fusion (XLIF) with unilateral pedicle screw fixation (UPSF) in lateral position versus bilateral pedicle screw fixation (BPSF) in prone position for the treatment of lumbar degeneration complicated with reduced bone mass. [Methods] A retrospective study was conducted on 75 patients who received XLIF for single-level lumbar degeneration complicated with bone mass loss. Based on the preoperative doctor-patients discussion, 25 patients received UPSF, while other 50 patients received BPSF. The perioperative, follow-up and imaging data of the two groups were compared. [Results] The operation was successfully completed in both groups. The UPSF group proved significantly superior to the BPSF group in terms of operation time [(73.6±10.6) min vs (84.8±12.2) min,  $P<0.001$ ], incision length [(9.9±1.3) cm vs (14.0±1.4) cm,  $P<0.001$ ], intraoperative blood loss [(63.4±17.2) ml vs (86.7±10.8) ml,  $P<0.001$ ] and the number of intraoperative fluoroscopy [(6.2±1.2) times vs (13.1±1.6) times,  $P<0.001$ ]. The follow-up time was of 13~24 months, and there was no significant difference in time to regain full weight bearing activity between the two groups ( $P>0.05$ ). The VAS score of low back pain, VAS score of leg pain and ODI score in both groups were significantly improved over time ( $P<0.05$ ), and the UPSF group was significantly better than the BPSF group in VAS score of low back pain [(2.5±0.9) vs (2.9±0.7),  $P<0.001$ ] one week after surgery. As for imaging, the spinal canal area, vertebral space height, lumbar lordosis angle and fusion rate were significantly improved in both groups at the last follow-up compared with those preoperatively ( $P<0.05$ ), and there were no statistically significant differences in the above imaging indicators between the two groups at any corresponding time points ( $P>0.05$ ). In addition, there was no significant difference

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.110314

**△基金项目:** 河北省科技厅重点研发计划项目卫生健康创新专项项目 (编号:22377708D); 河北省政府资助省级医学优秀人才项目; 河北医科大学“十四五”临床医学创新研究团队支持项目

**作者简介:** 张硕稳, 主治医师, 研究方向: 腰痛的健康管理, (电子信箱) zswyk@qq.com

**\* 通信作者:** 张为, (电子信箱) 37300332@hebm.edu.cn

in implant loosening between the two groups at the last follow-up ( $P>0.05$ ). **[Conclusion]** XLIF with both BPSF and UPSF under computer aided navigation are safe and effective in the treatment of lumbar degenerative diseases complicated with bone mass loss. Compared with BPSF, the UPSF group had less intraoperative blood loss, less fluoroscopy, shorter operative time and faster postoperative recovery.

**Key words:** extreme lateral lumbar fusion, computer navigation, unilateral pedicle screw fixation, bone mass loss, lumbar degenerative disease

腰椎间融合术是治疗腰椎退行性疾病的传统而经典的手术方式。传统的后路腰椎间融合术和前路椎间融合术能在减压的同时实现有效的椎间融合<sup>[1]</sup>。但是,这些传统手术方式也伴随着较大的手术创伤、更多的出血量、更长的住院时间及更高的内固定材料成本<sup>[2]</sup>。腰椎极外侧椎间融合手术(extreme lateral interbody fusion, XLIF)提供了一种新的微创手术选择,通过劈开腰大肌进入目标椎间盘,在扩大椎间高度的同时间接解除神经压迫,同时也可以部分矫正脊柱侧弯畸形、恢复腰椎前凸<sup>[3]</sup>。由于其良好的临床疗效和较低的血管并发症风险, XLIF 已经逐渐获得了广泛的临床应用。与传统手术方法相比,这种微创手术显著降低了术中出血量,缩短了手术时间,减轻了术后疼痛,缩短康复时间及住院时间。

由于 XLIF 是通过增加椎间高度达到间接减压的目的,对于那些伴有骨质疏松或腰椎稳定性欠佳的患者,后路椎弓根螺钉的辅助应用在提供足够的即刻稳定性的同时降低了椎间塌陷的风险<sup>[4]</sup>。研究表明,单侧椎弓根螺钉固定术(unilateral pedicle screw fixation, UPSF)可为骨量减少的患者提供足够的力学稳定性,其强度可与传统双侧椎弓根螺钉固定(bilateral pedicle screw fixation, BPSF)相似,它进一步减轻了手术创伤并缩短了患者的住院时间<sup>[5]</sup>。尽管以往的研究已证明, XLIF 联合 UPSF 的短期临床效果优良,且放射学指标改善稳定,但是关于 XLIF 联合计算机辅助导航的侧卧位 UPSF 与传统的 BPSF 两种不同固定方法对骨量减少患者术后恢复效果及长期终板塌陷影响直接比较的研究尚不多见。因此,本研究旨在对比两种固定方式在治疗效果及术后长期稳定性方面的差异,以指导临床上针对骨量减少患者的手术策略选择。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入与排除标准

纳入标准:(1) L<sub>1-5</sub> 节段中单节段腰椎退变性疾病(图 1a, 1b);(2) 经过 3 个月严格保守治疗无效或效果不佳;(3) 接受 XLIF 手术的患者;(4) 骨量

减少的患者;(5) 固定方式为单侧或双侧经皮椎弓根钉内固定;(6) 随访资料完整。

排除标准:(1) 腰椎骨折、肿瘤、感染的患者;骨密度监测达到骨质疏松症的患者;(2) 既往腰椎手术史;(3) 严重椎管狭窄、具有马尾神经综合征的患者;(4) 影像学资料或随访数据不完整的患者。

### 1.2 一般资料

回顾性分析 2019 年 10 月—2022 年 10 月在本院行腰椎 XLIF 手术患者的临床资料。根据术前医患沟通结果, 50 例行俯卧位双侧经皮椎弓根螺钉固定(BPSF 组)、25 例行计算机导航侧卧位单侧椎弓根螺钉固定(UPSF 组)。两组术前一般资料见表 1, 两组年龄、性别、BMI、病程、诊断、手术节段的差异均无统计学意义( $P<0.05$ )。本研究得到本院伦理委员会的批准, 所有患者均知情同意。

表 1. 两组患者治疗前一般资料比较

Table 1. Comparison of general data between the two groups before treatment

指标	UPSF 组 (n=25)	BPSF 组 (n=50)	P 值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	60.8±12.2	58.1±9.2	0.287
性别(例, 男/女)	13/12	28/24	0.879
BMI(kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	26.1±3.9	26.0±2.1	0.806
病程(月, $\bar{x} \pm s$ )	18.4±5.2	17.0±6.0	0.339
诊断(例, 滑脱/狭窄)	11/14	20/30	0.740
节段(例, L <sub>1/2</sub> /L <sub>2/3</sub> /L <sub>3/4</sub> /L <sub>4/5</sub> )	1/2/6/16	2/3/15/30	0.933

### 1.3 手术方法

全身麻醉后, 患者采取右侧卧位, 建立腰桥。C 形臂 X 线机定位目标椎间隙, 常规消毒铺单, 在左腹部椎间隙中点前 4 cm 为中心纵行切开皮肤, 使用大弯钳钝性分离腹部肌肉。用食指钝性分离腹膜后间隙, 纵向分离腰大肌, 暴露目标椎间盘外侧。向目标椎间盘插入克氏针, 在透视下确认其位置。在腹侧、背侧各使用 1 个深拉钩暴露并切除纤维环, 摘除髓核组织, 刮除终板, 依次使用试模撑开椎间隙。冲洗椎间隙, 置入装满同种异体骨骨粒的椎间融合器(图 1c)。

UPSF 组：在融合器把持器末端把手上固定导航参考架(图 1d)。在同一体位，使用美敦力公司 O 形臂 X 线机 (O-arm™ O2) 扫描，将数据传输至 Stealth Station S7 手术导航系统。首先将手术工具认证后，导航下确定手术部位及穿刺点，使用尖钻工具

在导航下选择最佳的椎弓根螺钉置入位置和方向(图 1e)，同侧上下两个椎弓根插入足够深度后(图 1f)，插入导丝，将椎弓根螺钉沿导丝插入，然后置入并固定椎弓根螺钉组件。再次使用 O 臂 3D 模式扫描观察螺钉置入位置。冲洗伤口，止血，缝合伤口。

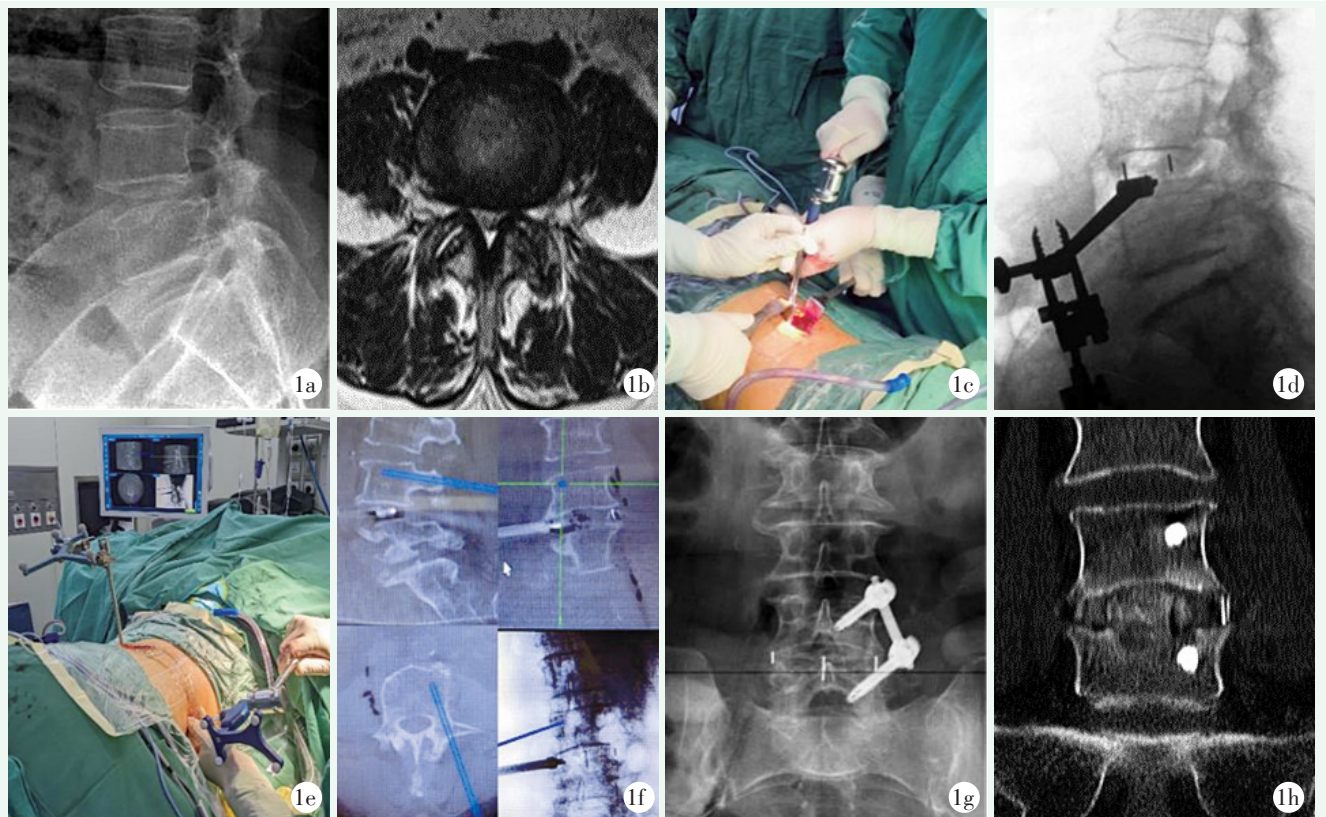


图 1. 患者女性，51 岁，同一体位行 L<sub>4/5</sub> 节段 XLIF 和 UPSF。1a: 术前 X 线片提示 L<sub>4</sub> 椎体向前滑脱；1b: 术前 MRI 提示 L<sub>4/5</sub> 椎间盘突出伴椎管狭窄；1c: 经腰椎侧方置入椎间融合器；1d: 术中 X 线片见融合器及固定在融合器把持器尾部的定位架；1e: 术中导航下定位置入尖钻工具；1f: 术中导航见尖钻工具位置和深度良好；1g: 术后 X 线片见置入物位置良好；1h: 术后 1 年随访腰椎 CT 见椎间融合良好。

Figure 1. A 51 year-old female underwent L<sub>4/5</sub> segment XLIF and UPSF in the same position. 1a: Preoperative X-ray showed L<sub>4</sub> vertebral body slipping forward; 1b: Preoperative MRI showed L<sub>4/5</sub> disc herniation with spinal stenosis; 1c: Lateral insertion of interbody fusion cage through lumbar vertebrae; 1d: The intraoperative X-ray film showed the fusion cage and the positioning frame fixed at the tail of the fusion cage holder; 1e: Intraoperative navigation to position the drill tip; 1f: Intraoperative navigation showed that the drill tool were in good position and depth; 1g: Postoperative X-ray showed that the implant was in a good position; 1h: Lumbar CT scan showed good intervertebral fusion at 1-year follow-up.

BPSF 组：冲洗、缝合原切口，并使用无菌敷料覆盖。将患者改为俯卧位，G 形臂 X 线机定位椎弓根投影，常规消毒铺单。在 G 形臂 X 线机透视下调整合适穿刺位置和角度，穿刺针进入椎体前 1/3 位置后置入导丝，置入 4 枚椎弓根螺钉，安装固定棒、拧入螺母，透视见位置满意后，冲洗、缝合切口。

术后常规应用抗生素 24 h 预防感染，术后 3 d 佩戴腰部支具后下床活动，术后腰部支具需佩戴 3 个月，复查后去除支具并指导患者腰背肌功能锻炼。

#### 1.4 评价指标

记录围手术期资料，包括手术时间、切口长度、术中出血量、术中透视计数、下地行走时间、住院时间和早期并发症。采用恢复完全负重活动时间、腰腿痛视觉模拟评分 (visual analogue score, VAS) 和 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI) 评价临床效果。行影像学检查，测量椎管面积、椎间隙高度、腰椎前凸角，评估椎间融合情况。椎间融合情况采用 Bridwell 融合评价分级<sup>[6]</sup>，I 级：置入物完

整且周边有连续骨小梁连接上、下终板；II 级：置入物完整且周边骨小梁未充分连接上、下终板，但上、下终板与置入物间无空隙；III 级：置入物完整，但上、下终板与移植物间有空隙；IV 级：置入物吸收、下沉，融合延迟或失败。

### 1.5 统计学方法

使用 SPSS 22.0 软件 (IBM, 美国) 进行统计分析。计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 资料呈正态分布时, 两组间比较使用两独立样本  $t$  检验; 同组内不同时间点的比较使用单因素方差分析。当资料呈非正态分布时, 使用秩和检验。计数资料使用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确检验比较。两组等级资料比较使用 Mann-Whitney  $U$  检验, 同组内比较使用多个相关资料的 Friedman 检验。  $P < 0.05$  表示差异具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 围手术期资料

两组患者均顺利完成手术, 无严重神经、血管损伤等并发症。两组围手术期资料见表 2。UPSF 组的手术时间、切口总长度、术中出血量、术中透视次数均显著少于 BPSF 组 ( $P < 0.05$ ), 但两组下地行走时间以及住院天数的差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 2. 两组患者围手术期资料 ( $\bar{x} \pm s$ ) 与比较

Table 2. Comparison of perioperative documents between the two groups ( $\bar{x} \pm s$ )

指标	UPSF 组 (n=25)	BPSF 组 (n=50)	P 值
手术时间 (min)	73.6±10.6	84.8±12.2	<0.001
切口总长度 (cm)	9.9±1.3	14.0±1.4	<0.001
术中失血量 (ml)	63.4±17.2	86.7±10.8	<0.001
术中透视次数 (次)	6.2±1.2	13.1±1.6	<0.001
下地行走时间 (d)	2.7±1.0	2.9±1.2	0.522
住院天数 (d)	7.8±1.1	8.1±1.7	0.335

### 2.2 随访结果

随访时间 13~24 个月, 两组患者随访资料见表 3。两组恢复完全负重活动时间的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。随时间推移, 两组患者腰痛 VAS 评分、腿痛 VAS 评分、ODI 评分均较术前显著降低 ( $P < 0.05$ )。术后 1 周, UPSF 组腰痛的 VAS 评分显著小于 BPSF 组 ( $P < 0.05$ ), 其余各时间点两组腰痛 VAS、腿痛 VAS 评分、ODI 评分的差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 3. 两组患者随访资料 ( $\bar{x} \pm s$ ) 比较

Table 3. Comparison of follow-up documents between the two groups ( $\bar{x} \pm s$ )

指标	UPSF 组 (n=25)	BPSF 组 (n=50)	P 值
恢复完全负重活动时间 (d)	27.2±8.2	29.6±6.6	0.166
腰痛 VAS 评分 (分)			
术前	6.5±1.0	6.3±0.9	0.355
术后 1 周	2.5±0.9	2.9±0.7	0.030
末次随访	1.2±0.6	1.3±0.6	0.334
P 值	<0.001	<0.001	
腿痛 VAS 评分 (分)			
术前	6.3±1.0	6.2±0.9	0.601
术后 1 周	2.9±1.3	2.6±0.8	0.167
末次随访	1.2±0.6	1.2±0.7	0.802
P 值	<0.001	<0.001	
ODI 评分 (%)			
术前	55.4±9.7	53.4±7.0	0.355
术后 1 周	19.8±5.2	18.5±4.6	0.272
末次随访	12.5±2.5	13.2±2.5	0.258
P 值	<0.001	<0.001	

### 2.3 影像评估

两组不同时间点患者辅助检查资料见表 4。与术前相比, 末次随访时两组椎管面积、椎间隙高度、腰椎前凸角均显著增加 ( $P < 0.05$ ), 两组融合评级均显著改善 ( $P < 0.05$ ), 相应时间点, 两组间上述影像指标的差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。末次随访两组内固定松动的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 术后经卧床、补钙、抗骨质疏松等保守治疗, 均达到骨性融合。随访期间, 两组均无内固定断裂发生, UPSF 组典型术后影像见图 1g, 1h。

## 3 讨论

XLIF 通过置入宽大的椎间融合器来增加椎间隙高度和椎管面积, 实现神经结构的间接减压, 并且能够一定程度矫正和恢复腰椎前凸、恢复脊柱矢状面序列<sup>[7]</sup>。对于骨质密度较低的患者, 单独置入融合器存在较高 Cage 移位和终板塌陷的风险, 严重的椎间隙塌陷、椎间高度丢失可能导致间接减压失败, 从而影响手术效果<sup>[8, 9]</sup>。后路椎弓根螺钉固定可以维持腰椎的结构稳定性, 减少 XLIF 术后机械性稳定不足等相关并发症的发生<sup>[10]</sup>。

表 4. 两组患者辅助检查资料比较

Table 4. Comparison of auxiliary examination documents between the two groups

指标	UPSF 组 (n=25)	BPSF 组 (n=50)	P 值
椎管面积 (cm <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )			
术前	77.9±6.7	78.2±6.4	0.858
末次随访	105.8±8.8	109.0±6.1	0.110
P 值	<0.001	<0.001	
椎间隙高度 (mm, $\bar{x} \pm s$ )			
术前	7.8±1.1	7.3±1.9	0.223
末次随访	11.5±1.3	12.0±0.9	0.148
P 值	<0.001	<0.001	
腰椎前凸角 (°, $\bar{x} \pm s$ )			
术前	33.5±8.1	32.6±9.9	0.674
末次随访	37.4±6.0	38.5±6.6	0.462
P 值	0.026	<0.001	
融合评级 (例, I/II/III)			
术后 6 个月	11/9/5	30/15/5	0.149
末次随访	20/4/1	41/7/2	0.842
P 值	<0.001	<0.001	
末次随访内固定松动 [例 (%)]	1 (4)	1 (2)	1.000

对于严重骨质疏松腰椎退变患者, 在采用 XLIF 手术进行治疗时, 辅助应用 BPSF 是首选方法, 因为它能够提供术后即刻的稳定性和坚固的生物力学固定。然而, BPSF 的高弹性模量被认为是导致邻近节段退变和椎体骨折的一个重要因素<sup>[11, 12]</sup>。有研究表明, 侧方入路椎间融合术联合的内固定方式中, BPSF 比不施加内固定或是侧方钉板固定具有更大的相邻节段退变的风险<sup>[13, 14]</sup>。BPSF 造成手术节段的高度僵硬和后方软组织的损伤共同导致邻近节段退变的风险增加<sup>[14]</sup>。因此有学者使用 UPSF 联合腰椎融合术, 以期减少邻近节段退变的风险。研究发现, 在腰椎融合术中使用 UPSF 比 BPSF 对相邻椎体节段水平的影响明显减少<sup>[15]</sup>。

此外, 在临床实践中, BPSF 的应用增加了经济成本, 延长手术时间, 而且由于单一侧卧体位很难实现双侧椎弓根钉的置入, 术中需调整体位重复消毒铺单。为解决这些问题, 临床医生一直在探索其他更为简便易行的后路固定方法。UPSF 固定在单节段脊柱融合术中的应用逐渐受到重视。UPSF 具有几个优点: 在维持足够的力学强度的同时, 避免对侧软组织的损伤, 从而减少了出血量、手术时间和置入成本<sup>[16, 17]</sup>。研究表明, 在侧前方腰椎间融合术中使用

UPSF 的手术时间更短<sup>[18]</sup>。然而, 他们也指出, 由于 UPSF 稳定性的强度限制, 它更适合于单节段腰椎间融合术。同样, Du<sup>[19]</sup> 的研究也指出, LLIF 术后单侧内固定显著改善了临床和放射学结果。这些研究表明, 尤其是在单节段腰椎间融合术中, UPSF 的侵入性更小, 且可以获得与 BPSF 相当的结果。

本研究通过 XLIF 手术尽可能地保留了腰椎后方的骨质, 并通过使用 UPSF 最大限度地减少了对脊柱旁肌肉的损伤和失血。有生物力学分析认为在轴向旋转时, UPSF 提供的稳定性不如 BPSF, 这引发了对 XLIF 联合单侧椎弓根螺钉固定术后发生融合器移位的担忧<sup>[20]</sup>。既往研究认为术后融合器移位主要与融合器尺寸过小或椎间高度丢失以及融合器置入位置有关<sup>[21, 22]</sup>。而 XLIF 使用了更为宽大的椎间融合器, 并通过 UPSF 施加压力, 以增强节段稳定性和防止融合器移位。其次, 作者在选择骨量减少的病例为研究对象, 在确保椎间隙准备充分后, 在椎间隙中央放置较大尺寸的融合装置, 提高与终板之间的应力, 降低融合器移位的危险因素<sup>[23]</sup>。维持了手术的创伤性和脊柱稳定性之间的平衡。

本研究发现, 术后 1 年已撑开的椎间高度有所下降, 终板的塌陷是造成椎间高度下降的主要原因, 既往研究认为终板塌陷可能与过大的融合器和术中终板的过度破坏有关<sup>[24, 25]</sup>。因此, 在 XLIF 手术中终板的保护是必不可少的。此外, 有研究认为 UPSF 可能会导致应力失衡和耦合运动, 表现出较弱的抗旋转能力, 从而进一步导致椎间融合器下沉<sup>[26]</sup>。因此本研究仅对骨量减少的患者使用导航辅助 UPSF, 虽然术后 1 年两组均发生了终板的塌陷, 但两组间的塌陷率和融合率无显著差异, 表明 UPSF 在骨量减少的患者中能够提供稳定的内固定效果。

在临床疗效方面, 两种手术方法通常没有显著差异。但值得注意的是, 术后第 1 d, BPSF 组的腰痛 VAS 评分高于 UPSF 组, XLIF 手术采用经腰大肌入路, 具有将对腰后部肌肉和韧带复合体的损害降至最低的优势<sup>[27, 28]</sup>。这项技术避免了腰部严重的术后肌肉损伤, 但 BPSF 相对增加了对腰椎背部肌肉的损伤, 而缺乏导航的指导需要更多的穿刺次数, 从而导致术后腰背痛的增加。

本研究的局限性: (1) 样本量较小, 且均来自单一医疗中心, 限制了研究结果的普遍性; (2) 随访期相对较短; (3) 本研究纳入了 L<sub>2-3</sub> 椎体的单节段腰椎间融合术, 但是其他脊柱节段或多节段手术的临床和影像学结果以及并发症可能有所不同。尚需样本量更

大、多中心设计和随访时间更长的前瞻性研究验证本结论。

XLIF 联合 BPSF 和 UPSF 均是治疗退行性腰椎疾病安全有效的选择,但导航辅助下 BPSF 具有手术时间短、透视次数少、术中出血量少、术后腰背疼痛轻等优点。希望为未来临床选择手术方法的选择提供参考。

**利益冲突声明** 所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明** 张硕稳:分析及解释数据、起草文章、统计分析;王伟鉴:酝酿和设计实验、实施研究、采集数据、起草文章;甄瑞鑫:实施研究、采集数据;李少荣:采集数据、起草文章;吴晗:酝酿和设计实验、采集数据;孙亚澎:采集数据、分析及解释数据、文章审阅、指导;李佳奇:采集数据;张为:文章审阅、获取研究经费、行政、技术或材料支持、指导及支持性贡献。

### 参考文献

[1] Rathbone J, Rackham M, Nielsen D, et al. A systematic review of anterior lumbar interbody fusion (ALIF) versus posterior lumbar interbody fusion (PLIF), transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF), posterolateral lumbar fusion (PLF) [J]. *Eur Spine J*, 2023, 32 (6): 1911-1126. DOI: 10.1007/s00586-023-07567-x.

[2] Mobbs RJ, Phan K, Malham G, et al. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF [J]. *J Spine Surg (Hong Kong)*, 2015, 1 (1): 2-18. DOI: 10.3978/j.issn.2414-469X.2015.10.05.

[3] Quante M, Halm H. Extreme lateral interbody fusion. Indication, surgical technique, outcomes and specific complications [J]. *Der Orthopade*, 2015, 44 (2): 138-145. DOI: 10.1007/s00132-014-3070-z.

[4] Wang X, Liu H, Wang W, et al. Comparison of posterior pedicle screw fixation and lateral fixation in the extreme lateral interbody fusion in lumbar degenerative disease patients with osteopenia or osteoporosis [J]. *Orthop Surg*, 2022, 14 (12): 3283-3292. DOI: 10.1111/os.13540.

[5] Yang S, Xia H, Cong M, et al. Unilateral pedicle screw fixation of lumbar spine: A safe internal fixation method [J]. *Heliyon*, 2022, 8 (11): e11621. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e11621.

[6] Bridwell KH, Lenke LG, McEneaney KW, et al. Anterior fresh frozen structural allografts in the thoracic and lumbar spine. Do they work if combined with posterior fusion and instrumentation in adult patients with kyphosis or anterior column defects [J]. *Spine*, 1995, 20 (12): 1410-1418. DOI: 10.1097/00007632-199506020-00014.

[7] Ozgur BM, Aryan HE, Pimenta L, et al. Extreme lateral interbody fusion (XLIF): a novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion [J]. *Spine J*, 2006, 6 (4): 435-443. DOI: 10.1016/j.spinee.2005.08.012.

[8] Jones C, Okano I, Arzani A, et al. The predictive value of a novel site-specific MRI-based bone quality assessment, endplate bone

quality (EBQ), for severe cage subsidence among patients undergoing standalone lateral lumbar interbody fusion [J]. *Spine J*, 2022, 22 (11): 1875-1883. DOI: 10.1016/j.spinee.2022.07.085.

[9] Zeng ZY, Chen PQ, Zhao X, et al. Analysis of the causes of cage subsidence after oblique lateral lumbar interbody fusion [J]. *Zhongguo Gu Shang*, 2024, 37 (1): 33-44. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.20220378.

[10] Godzik J, Martinez-Del-Campo E, Agus N, et al. 有无椎间支撑的侧方腰椎椎体间融合术应用单双侧椎弓根螺钉固定的生物力学稳定性比较 [J]. *中国骨科临床与基础研究杂志*, 2018, 10 (5): 316. DOI: 10.3969/j.issn.1674-666X.2018.05.010.

Godzik J, Martinez-Del-Campo E, Agus N, et al. Biomechanical stability afforded by unilateral versus bilateral pedicle screw fixation with and without interbody support using lateral lumbar interbody fusion [J]. *Chinese Orthopaedic Journal of Clinical and Basic Research*, 2018, 10 (5): 316. DOI: 10.3969/j.issn.1674-666X.2018.05.010.

[11] Huang CP, Lin HH, Yao YC, et al. Incidences and risk factors of screw-related superior facet articular surface violation at L<sub>4</sub> and L<sub>5</sub> levels in Transforaminal lumbar interbody fusion: open surgery versus minimally invasive techniques [J]. *Spine*, 2021, 46 (23): E1283-e1291. DOI: 10.1097/brs.0000000000004084.

[12] Kumaran Y, Shah A, Katragadda A, et al. Iatrogenic muscle damage in transforaminal lumbar interbody fusion and adjacent segment degeneration: a comparative finite element analysis of open and minimally invasive surgeries [J]. *Eur Spine J*, 2021, 30 (9): 2622-2630. DOI: 10.1007/s00586-021-06909-x.

[13] Xu Z, Zheng Q, Zhang L, et al. Biomechanical evaluation of different oblique lumbar interbody fusion constructs: a finite element analysis [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2024, 25 (1): 97. DOI: 10.1186/s12891-024-07204-8.

[14] Cai P, Xi Z, Deng C, et al. Fixation-induced surgical segment's high stiffness and the damage of posterior structures together trigger a higher risk of adjacent segment disease in patients with lumbar interbody fusion operations [J]. *J Orthop Surg Res*, 2023, 18 (1): 371. DOI: 10.1186/s13018-023-03838-x.

[15] Chen DJ, Yao C, Song Q, et al. Unilateral versus bilateral pedicle screw fixation combined with transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of low lumbar degenerative disc diseases: analysis of clinical and radiographic results [J]. *World Neurosurg*, 2018, 115: e516-e522. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.04.085.

[16] 梁博伟, 李宁宁, 胡朝晖, 等. 多裂肌间隙入路单侧椎弓根螺钉固定治疗特殊类型腰椎间盘突出症 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2012, 20 (7): 589-593. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2012.07.04.

Liang BW, Li NN, Hu CH, et al. Surgical treatment for special type of lumbar disc herniation by transmultifidus approach and unilateral pedicle screws fixation [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2012, 20 (7): 589-593. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2012.07.04.

[17] 钟晖, 陆声, 邹天南, 等. 同体位斜向椎体间融合与单侧椎弓钉固定技术 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (1): 69-72. DOI:

- 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.01.13.
- Zhong H, Lu S, Zhou TN, et al. Oblique lumbar interbody fusion combined with unilateral pedicle screw fixation in the same position [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2022, 30 (1): 69-72. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.01.13.
- [18] Fukushima M, Oshima Y, Yuzawa Y, et al. Clinical and radiographic analysis of unilateral versus bilateral instrumented one-level lateral lumbar interbody fusion [J]. *Sci Rep*, 2020, 10 (1): 3105. DOI: 10.1038/s41598-020-59706-9.
- [19] Du JY, Kiely PD, Bogner E, et al. Early clinical and radiological results of unilateral posterior pedicle instrumentation through a Wiltsch approach with lateral lumbar interbody fusion [J]. *J Spine Surg (Hong Kong)*, 2017, 3 (3): 338-348. DOI: 10.21037/jss.2017.06.16.
- [20] Sim HB, Murovic JA, Cho BY, et al. Biomechanical comparison of single-level posterior versus transforaminal lumbar interbody fusions with bilateral pedicle screw fixation: segmental stability and the effects on adjacent motion segments [J]. *J Neurosurg Spine*, 2010, 12 (6): 700-708. DOI: 10.3171/2009.12.Spine09123.
- [21] Kimura H, Shikata J, Odate S, et al. Risk factors for cage retrogression after posterior lumbar interbody fusion [J]. *Spine*, 2012, 37 (13): 1164-1169. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318257f12a.
- [22] Aoki Y, Yamagata M, Nakajima F, et al. Examining risk factors for posterior migration of fusion cages following transforaminal lumbar interbody fusion: a possible limitation of unilateral pedicle screw fixation [J]. *J Neurosurg Spine*, 2010, 13 (3): 381-387. DOI: 10.3171/2010.3.SPINE09590.
- [23] Du L, Sun XJ, Zhou TJ, et al. The role of cage height on the flexibility and load sharing of lumbar spine after lumbar interbody fusion with unilateral and bilateral instrumentation: a biomechanical study [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2017, 18 (1): 474. DOI: 10.1186/s12891-017-1845-1.
- [24] 刘景伟, 周立金, 海涌. 腰椎侧方椎间融合术后融合器下沉的危险因素研究进展 [J]. *中国骨与关节杂志*, 2021, 10 (10): 742-745. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2021.10.005.
- Liu JW, Zhou LJ, Hai Y. Research progress on risk factors of cage subsidence after lateral lumbar interbody fusion [J]. *Chinese Journal of Bone and Joint*, 2021, 10 (10): 742-745. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2021.10.005.
- [25] 葛鑫, 徐宏光, 刘晨, 等. 腰椎退行性病单独腰椎斜外侧椎体间融合术的并发症 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (3): 193-198. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.03.01.
- Ge X, Xu HG, Liu C, et al. Complications of stand-alone oblique lateral interbody fusion (OLIF) for lumbar degenerative diseases [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2020, 28 (3): 193-198. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.03.01.
- [26] Cai XY, Bian HM, Chen C, et al. Biomechanical study of oblique lumbar interbody fusion (OLIF) augmented with different types of instrumentation: a finite element analysis [J]. *J Orthop Surg Res*, 2022, 17 (1): 269. DOI: 10.1186/s13018-022-03143-z.
- [27] 田爱现, 马剑雄, 马信龙, 等. 极外侧路径下椎体间融合术与传统开放后路椎体间融合术治疗椎间盘突出效果比较 [J]. *中国中西医结合外科杂志*, 2023, 29 (3): 317-321. DOI: 10.3969/j.issn.1007-6948.2023.03.006.
- Tian AX, Ma JX, Ma XL, et al. Perioperative efficacy of extreme lateral interbody fusion versus traditional open posterior interbody fusion for disc herniation [J]. *Chinese Journal of Surgery of Integrated Traditional and Western Medicine*, 2023, 29 (3): 317-321. DOI: 10.3969/j.issn.1007-6948.2023.03.006.
- [28] 何磊, 戎利民, 董健文. 极外侧入路腰椎椎体间融合术入路安全性及相关并发症的研究进展 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2012, 22 (11): 1046-1050. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2012.11.18.
- He L, Rong LM, Dong JW. Advancement of approach related safety and complications of extreme lateral interbody fusion [J]. *Chinese Journal of Spine and Spinal Cord*, 2012, 22 (11): 1046-1050. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2012.11.18.

(收稿: 2024-04-23 修回: 2024-10-08)

(同行评议专家: 张锐, 郭磊, 马雷)

(本文编辑: 郭秀婷)