

· 临床论著 ·

腰椎滑脱内镜与通道经椎间孔椎体间融合比较

桑龙, 吴克第, 陈文健, 蒋家正

(海南西部中心医院, 海南儋州市 571700)

摘要: [目的] 比较单侧双通道脊柱内镜下腰椎椎间融合术 (unilateral biportal endoscopy lumbar interbody fusion, UBE-LIF) 与微创经椎间孔入路腰椎椎间融合术 (minimally invasive surgery transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF) 治疗 II~III 度腰椎滑脱症的效果。[方法] 2019 年 1 月—2022 年 6 月本院收治因 II~III 度腰椎滑脱症接受手术治疗的 249 例患者, 按随机数字表法将患者分两组, 132 例采用 UBE-LIF (UBE 组), 另外 117 采用 MIS-TLIF (MIS 组), 比较两组围手术期、随访及影像资料。[结果] 两组病例均顺利完成手术, 未发生严重并发症。UBE 组术中失血量 [(112.2±20.5) ml vs (132.9±25.8) ml, $P<0.001$]、术中透视次数 [(3.9±1.3) 次 vs (4.6±1.5) 次, $P<0.001$]、下地行走时间 [(1.6±0.5) d vs (1.9±0.3) d, $P<0.001$] 均显著优于 MIS 组。随访时间平均 (15.0±3.0) 个月, UBE 组恢复完全负重活动时间 [(65.5±10.2) d vs (68.9±11.6) d, $P=0.015$] 显著早于 MIS 组。随术后时间推移, 两组 VAS、ODI、JOA 评分均显著改善 ($P<0.05$), 术后 3 个月, UBE 组 VAS [(2.4±0.4) vs (2.7±0.6), $P<0.001$]、ODI [(29.2±6.7) vs (33.8±5.8), $P<0.001$]、JOA 评分 [(20.3±3.7) vs (18.6±4.2), $P<0.001$] 均显著优于 MIS 组。影像方面, 末次随访时两组滑脱程度、椎间隙高度、LL、局部 Cobb 角均显著改善 ($P<0.05$), 相应时间点, 两组上述影像指标的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。[结论] II~III 度腰椎滑脱症采用 UBE-LIF 与 MIS-TLIF 治疗效果相似, 但 UBE-LIF 在减少手术创伤及改善近期腰椎功能方面优势明显。

关键词: II~III 度腰椎滑脱症, 单侧双通道脊柱内镜下腰椎椎间融合术, 微创经椎间孔入路腰椎椎间融合术

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 17-1564-07

Endoscopic lumbar fusion versus counterpart with tubular retractors for lumbar spondylolisthesis // SANG Long, WU Ke-di, CHEN Wen-jian, JIANG Jia-zheng. Hainan West Central Hospital, Danzhou 571700, China

Abstract: [Objective] To compare the clinical outcomes of unilateral biportal endoscopy lumbar interbody fusion (UBE-LIF), versus minimally invasive surgery transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF) for degree II~III lumbar spondylolisthesis. [Methods] From January 2019 to June 2022, a total of 249 patients who received surgical treatment for degree II~III spondylolisthesis were included in this study, and were divided into two groups according to random number table method. Of them, 132 patients received UBE-LIF (the UBE group), while other 117 received MIS-TLIF (the MIS group). The perioperative, follow-up and imaging data of the two groups were compared. [Results] The operation was successfully completed in both groups without serious complications. The UBE group proved significantly superior to the MIS group in terms of intraoperative blood loss [(112.2±20.5) ml vs (132.9±25.8) ml, $P<0.001$], intraoperative fluoroscopy times [(3.9±1.3) time vs (4.6±1.5) times, $P<0.001$] and walking time after operation [(1.6±0.5) days vs (1.9±0.3) days, $P<0.001$]. The average follow-up time was of (15.0±3.0) months, and the UBE cohort resumed full weight-bearing activity significantly earlier than the MIS [(65.5±10.2) days vs (68.9±11.6) days, $P=0.015$]. The VAS, ODI and JOA scores in both groups were significantly improved with the time after surgery ($P<0.05$). The UBE group was significantly better than the MIS group in terms of VAS [(2.4±0.4) vs (2.7±0.6), $P<0.001$], ODI [(29.2±6.7) vs (33.8±5.8), $P<0.001$], JOA score [(20.3±3.7) vs (18.6±4.2), $P<0.001$] 3 months after surgery. Radiographically, the extent of slippage, intervertebral height, lumbar lordosis, and local Cobb angle significantly improved in both groups at the last follow-up compared with those preoperatively ($P<0.05$), whereas which was not statistically significant between the two groups at any time points accordingly ($P>0.05$). [Conclusion] UBE-LIF achieves clinical consequence similar to MIS-TLIF for degree II~III lumbar spondylolisthesis. However, the UBE-LIF has obvious advantages in reducing surgical trauma and improving short-term lumbar function over the MIS-TLIF.

Key words: degree II~III lumbar spondylolisthesis, unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion (UBE-LIF), minimally invasive surgery transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF)

腰椎滑脱症为常见骨科病，是因椎体间隙连接异常引起的椎体滑移，最常见滑脱节段为 L₄~L₅，该病多见于中老年人，可能压迫神经根、周围血管等，引起腰腿痛、大小便失调、麻木症状等，重者可能致残^[1]。临床上对无神经损伤腰椎滑脱症主张保守治疗控制腰部疼痛，保守治疗无效且伴神经损伤的患者多建议手术重建脊柱稳定性^[2]。后路腰椎减压融合术为腰椎滑脱症治疗经典术式，但需剥离椎旁肌，切削椎板，对肌肉、骨骼、韧带破坏大，创伤大，术后腰背部肌肉萎缩、腰椎不稳风险大^[3]。为减少手术创伤，微创术式逐渐成为腰椎滑脱症外科治疗的主流方式，其中微创经椎间孔入路腰椎椎间融合术（minimally invasive surgery transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF）最为经典，相比传统后路手术，术中出血少、软组织创伤小、恢复更快，且学习曲线短^[4]。但术区受软组织创伤的影响，导致视野狭小，可能牵拉椎旁肌，存在椎弓根固定不理想或神经损伤风险^[5]。近年，脊柱内镜手术逐渐尝试用于辅助腰椎退变的治疗，以单侧双通道内镜技术最被肯定，其建立两个独立的内镜、操作通道，减少术野受软组织分离的影响，便于器械操作，有利于更好地松解神经根，辅助减压的效果已被证实^[6, 7]。但对其辅助腰椎融合价值的研究仍较少，缺乏与经典 MIS-TLIF 用于腰椎滑脱症治疗效果的比较研究，且常规 II 度以内滑脱多见，解剖简单，微创术式效果好；而 II 度以上滑脱局部解剖复杂，进展可能性高，对 II 度以上腰椎滑脱多认为不适于微创治疗。为比较单侧双通道脊柱内镜下腰椎椎间融合术（unilateral biportal endoscopy lumbar interbody fusion, UBE-LIF）与 MIS-TLIF 治疗 II~III 度腰椎滑脱症的效果，探讨其微创治疗的可能性，本研究对本院 2019 年 3 月—2022 年 3 月收治的 249 例 II~III 度腰椎滑脱症患者展开随机对照研究，报告如下。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准：（1）确诊为腰椎滑脱症；（2）保守治疗 12 周无效或效果不理想；（3）II~III 度腰椎滑脱需行腰椎减压融合；（4）初次手术，采用 UBE-LIF 或 MIS-TLIF 治疗；（5）30 岁≤年龄≤79 岁；（6）术前诊断资料、手术记载、影像报告及随访记录均留存完整。

排除标准：（1）伴脊柱感染或脊柱肿瘤；（2）伴

骨质疏松症；（3）III 度以上腰椎滑脱；（4）腰椎结构变异；（5）合并凝血功能障碍；（6）患精神疾病无法配合手术者；（7）药物滥用史；（8）随访时间过短（<6 个月）或失访者。

1.2 一般资料

本研究为随机对照试验，2019 年 1 月—2022 年 6 月符合上述标准的 249 例 II~III 度腰椎滑脱症患者纳入本研究。采用随机数字表法分为 UBE 组（n=132）与 MIS 组（n=117）。两组术前一般资料见表 1。两组患者年龄、性别、病程、身体质量指数（body mass index, BMI）、责任节段、滑脱程度等一般资料的差异无统计学意义（P>0.05），本研究获得本院伦理委员会批准，患者或家属均签署知情同意书。

表 1. 两组患者术前一般资料与比较
Table 1. Preoperative general data and comparison between the two groups

指标	UBE 组 (n=132)	MIS 组 (n=117)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	60.3±8.6	60.7±9.1	0.722
性别 (例, 男/女)	57/75	48/69	0.731
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	22.9±2.5	23.3±2.2	0.184
病程 (月, $\bar{x} \pm s$)	23.7±6.5	24.0±5.9	0.705
责任节段 (例, L _{3/4} /L _{4/5} /L ₅ /S ₁)	6/105/21	3/99/15	0.528
滑脱程度 (例, II/III)	89/43	78/39	0.899

1.3 手术方法

采用气管插管全麻后，取俯卧位，腹部垫枕悬空，术前 C 形臂 X 线机透视定位标记腰椎滑脱责任节段与目标椎间隙。

UBE 组：于伴神经根症状侧椎弓根皮肤投影处作长为 15.0 mm 横向切口，前后距责任椎间隙中央 10.0~15.0 mm，纵向切开深筋膜，序贯置入扩张导管，建立脊柱内镜观察通道、手术操作通道，置入内窥镜，直视下等离子射频电刀清理椎板间隙软组织，止血；再次透视标记上方椎板下侧，动力磨钻去除该区域及关节突部分松质骨和黄韧带，进入椎管，剥离松解黄韧带、硬膜囊粘连，去除黄韧带，神经拉钩牵开显露硬膜囊与神经根，观察滑脱椎间隙走向、神经根，避免挤压神经根，切开纤维环，摘除髓核，刮匙刮除上下终板软组织及残余椎间盘，冲洗椎间隙，植入自体骨或异体骨，修整后置入椎间融合器 1 枚，透视满意后，经皮置入椎弓根螺钉固定，减压侧送入负压引流管 1 根，逐层缝合、关闭切口。

MIS 组：定位责任椎间隙，经椎弓根至责任椎间

隙上下椎弓根穿刺置入导针，症状侧导针作纵向切口，依次切开皮肤、筋膜，序贯置入扩张套管，建立工作通道，锁紧，直视下去除残留软组织，显露椎板外侧及关节突，清理骨赘，小心保护内侧神经根、硬膜囊，切除部分累及黄韧带、关节突关节与椎板，充分显露侧隐窝、神经根管、硬膜囊，进行减压，切除椎间盘、软骨终板，椎间隙前端植骨后置入合适椎间融合器，透视下经皮置入椎弓根螺钉，透视确定置入物位置良好，双侧钉棒加压锁紧固定，减压侧放入 1 根负压引流管，逐层缝合，关闭切口。

术后两组均常规进行抗炎、镇痛、预防血栓等处理，依据引流情况拔出引流管（引流量 <10 ml），术后早期在腰围保护下行康复锻炼，避免重体力劳动或腰部扭转、弯曲活动；术后 1 个月内复查影像学确定融合器位置。

1.4 评价指标

记录围手术期资料，包括手术时间、切口总长度、术中失血量、术中透视次数、下地行走时间、住院时间及早期并发症。采用恢复完全负重活动时间、疼痛视觉模拟量表评分（visual analogue scale, VAS）^[8]、Oswestry 功能障碍指数（Oswestry disability index, ODI）^[9]、日本骨科协会评分（Japanese Orthopaedic Association scores, JOA）^[10] 及随访骨融合情况（可靠融合：手术节段椎体椎间隙模糊，形成连续骨小梁或术区节段 Cobb 角 $\leq 2^\circ$ ）、不良事件（包括复发、改行手术）、晚期并发症评价临床效果。记录影像学评价指标，包括椎间隙高度、腰椎前凸角（umbar lordosis, LL）、局部 Cobb 角和滑脱程度^[11]。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 23.0 软件对数据进行统计分析。计量数据进行正态检验满足正态分布，以 $\bar{x} \pm s$ 描述，组间比较采用独立样本 t 检验，组内多个时间点比较采用单因素方差分析，组间整体比较行重复测量方差分析，组内两两比较采用配对 T 检验；两组组间比较独立样本 t 检验。计数数据（例/%）行 χ^2 或连续性校正 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期资料

两组患者均顺利完成手术，均未发生神经损伤、大血管损伤等并发症，术后未发生切口感染。两组围手术期资料比较见表 2。UBE 组术中失血量、术中透视次数、下地行走时间均显著优于 MIS

组（ $P < 0.05$ ），两组手术时间、切口总长度、住院时间、早期并发症发生率的比较差异均无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。两组共发生并发症 15 例，硬膜外血肿者均经保守治疗后吸收、治愈；切口愈合不良者未见脓液渗出，调整抗菌药物后愈合良好；感染者经抗菌药物治疗后改善，两组均无改行其他手术病例。

表 2. 两组患者围手术期资料比较
Table 2. Comparison of perioperative data between the two groups

指标	UBE 组 (n=132)	MIS 组 (n=117)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	186.5 \pm 48.3	173.9 \pm 41.7	0.188
切口总长度 (cm, $\bar{x} \pm s$)	3.7 \pm 0.8	3.9 \pm 0.9	0.065
术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	112.2 \pm 20.5	132.9 \pm 25.8	<0.001
术中透视次数 (次, $\bar{x} \pm s$)	3.9 \pm 1.3	4.6 \pm 1.5	<0.001
术中并发症 (例)			
硬膜外血肿	3	6	0.387
神经根损伤	0	0	-
切口愈合不良	3	2	0.892
感染	0	1	0.952
下地行走时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	1.6 \pm 0.5	1.9 \pm 0.3	<0.001
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	7.3 \pm 2.2	7.9 \pm 2.7	0.055

2.2 随访结果

全部患者随访 12~19 个月，平均（15.0 \pm 3.0）个月。两组患者随访结果见表 3。UBE 组恢复完全负重活动时间显著早于 MIS 组（ $P < 0.05$ ）。随时间推移，两组患者 VAS、ODI 和 JOA 评分均显著改善（ $P < 0.05$ ），术前两组上述指标的差异均无统计学意义（ $P > 0.05$ ），术后 3 个月，UBE 组上述指标显著优于 MIS 组（ $P < 0.05$ ），末次随访时，两组上述指标的差异均无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。截至末次随访，UBE 组融合器下沉 6 例，占 4.6%；MIS 组融合器下沉 9 例，占 7.7%，两组融合器下沉占比的差异无统计学意义（ $P = 0.298$ ），两组均无复发及固定不佳病例。

2.3 影像评估

两组影像评估结果见表 4，与术前相比，末次随访时两组滑脱程度、椎间隙高度、LL、局部 Cobb 角均显著改善（ $P < 0.05$ ），相应时间点，两组上述影像指标的差异均无统计学意义（ $P > 0.05$ ），末次随访均未出现固定物松动与断裂。典型病例见图 1, 2。

表 3. 两组患者随访资料 ($\bar{x} \pm s$) 比较
Table 3. Comparison of follow-up results between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

指标	时间点	UBE 组 (n=132)	MIS 组 (n=117)	P 值
恢复完全负重活动时间 (d)		65.5±10.2	68.9±11.6	0.015
VAS 评分 (分)	术前	6.0±1.5	6.3±1.3	0.095
	术后 3 个月	2.4±0.4	2.7±0.6	<0.001
	末次随访	0.9±0.3	1.0±0.5	0.055
	P 值	<0.001	<0.001	
ODI 评分 (%)	术前	55.9±10.2	55.2±10.7	0.598
	术后 3 个月	29.2±6.7	33.8±5.8	<0.001
	末次随访	14.6±4.1	15.2±4.5	0.272
	P 值	<0.001	<0.001	
JOA 评分 (分)	术前	13.9±3.5	13.8±4.1	0.836
	术后 3 个月	20.3±3.7	18.6±4.2	<0.001
	末次随访	24.5±3.6	24.3±4.5	0.698
	P 值	<0.001	<0.001	

表 4. 两组患者影像学资料 ($\bar{x} \pm s$) 比较
Table 4. Comparison of imaging documents between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

指标	时间点	UBE 组 (n=132)	MIS 组 (n=117)	P 值
滑脱程度 (%)	术前	26.9±4.7	27.1±6.3	0.775
	末次随访	10.1±1.7	10.5±2.3	0.117
	P 值	<0.001	<0.001	
椎间隙高度 (mm)	术前	5.9±1.6	6.1±1.7	0.340
	末次随访	10.3±1.5	9.9±1.9	0.065
	P 值	<0.001	<0.001	
LL (°)	术前	40.6±5.5	41.5±6.9	0.254
	末次随访	50.1±4.9	51.3±5.8	0.078
	P 值	<0.001	<0.001	
局部 Cobb 角 (°)	术前	13.2±3.5	13.0±3.7	0.662
	末次随访	16.3±2.5	16.5±2.7	0.545
	P 值	<0.001	<0.001	

3 讨论

对于保守治疗无效的腰椎滑脱症患者，传统椎板切开术式存在创伤大、恢复慢、并发症多、远期脊柱高度丢失等缺陷^[12]。因此，探寻在确保手术疗效的基础上，减少对患者内环境和脊柱解剖结构的干扰、促进患者术后快速恢复的微创术式已成为骨科研究者关注的重点。随着微创外科及影像技术的进步，MIS-TLIF 术式逐渐用于腰椎退变疾患的治疗，其切口小，医师通过建立可扩张通道，配合撑开器实现多角度扩张，在显微直视下操作，较开放

术式创伤小，恢复更快，但缺陷在于高度依赖牵开器，且为金属结构，通道深，可能过度牵拉损伤椎旁肌肉，无法实现软组织隔离，存在术野干扰、增加透视次数、辐射量大的弊端^[13]。而 UBE 技术通过单侧作 2 个切口构建观察通道与操作通道，探查范围广、灵活度高、视野好，配合内镜放大术野，解剖清晰，无需挤压附近软组织，椎旁肌剥离少，充分保留脊柱结构完整，为植骨融合创造完善基础，在腰椎管狭窄^[14]、腰椎间盘突出症^[15] 治疗均获得满意效果。但对于其应用于 II 度以上腰椎滑脱症治疗的可行性少见报道。



图 1. 患者男性, 51 岁, L₅S₁ 节段 II 度滑脱, 行 UBE-LIF 治疗。1a: 术前 MRI 示 L₅ 椎体 II 度滑脱; 1b: 术后 12 个月 X 线片示滑脱复位好, 已融合。

Figure 1. A 51-year-old male received UBE-LIF for degree II-III L₅S₁ spondylolisthesis. 1a: Preoperative MRI showed degree II-III spondylolisthesis of L₅ vertebra; 1b: Radiograph 12 months after surgery showed that the slip had well been reduced with sound intervertebral fused.

朱剑等^[16]研究发现, 相较 MIS-TLIF, UBE-LIF 治疗腰椎退变患者具有术中出血更少、住院时间更短的优势。本研究围术期结果与之接近, 而且 UBE-LIF 较 MIS-TLIF 能减少透视次数、缩短下地行走时

间。考虑可能原因为: UBE-LIF 实现双通道操作, 器械互不干扰, 能维持清晰的术野, 在更小的切口和更低的软组织创伤条件下完成减压、融合操作, 出血少, 恢复更快, 便于患者更早下地活动, 故下地行走时间缩短。而 MIS-TLIF 金属通道操作, 软组织易入视野, 为精准解剖观察常需增加透视次数, 操作限制大, 椎旁软组织牵拉风险高, 术中出血量增加, 恢复时间延长^[17, 18]。但两组住院时间差异无统计学意义, 考虑其不仅受术中失血、创伤的影响, 同时与个体差异性有关。此外, 两组手术时间无显著差异, UBE-LIF 略长, 一般术野清晰度与止血控制度对手术时间影响较大, 而 UBE-LIF 学习曲线相对陡峭, 为进一步缩短 UBE-LIF 时间, 建议达学习曲线后开展手术, 提高标志点辨认准确性, 避免手术时间延长影响术后恢复。两组均未发生严重并发症, 常见并发症为硬膜外血肿, 均为轻度, 与术中少量出血未控制和患者血压不稳定有关, 考虑原因为 UBE-LIF 术式操作过程中高水压可能引起患者血压上升, 对术野可见度造成一定的影响, 导致少量出血未处理, 引起硬膜外水肿。为提高手术安全性, 需仔细评估、精确处理、提高操作者专业性^[19]。

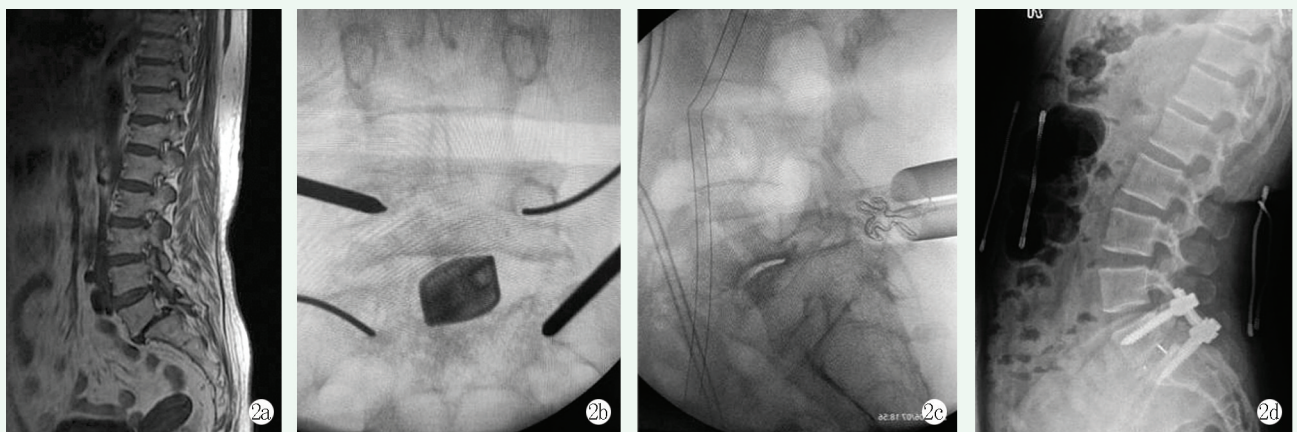


图 2. 患者男性, 56 岁, L₅S₁ 节段 II 度腰椎滑脱症, 行 MIS-TLIF 治疗。2a: 术前 MRI 示 L₅ 椎体 II 度滑脱; 2b, 2c: 术中透视所见; 2d: 术后 12 个月 X 线片示复位良好, 已融合。

Figure 2. A 56-year-old male underwent MIS-TLIF for degree II L₅S₁ spondylolisthesis. 2a: Preoperative MRI showed degree II anterior slipping L₅; 2b, 2c: Findings of intraoperative fluoroscopy; 2d: X-ray 12 months after surgery showed good reduction of the slippage with fusion.

研究报道, 微创内镜腰椎融合术治疗腰椎退变融合器下沉率为 6%~33%^[20]。本研究中, 两组融合器下沉率皆低于 8%。原因为, 两种术式术中均实现逐级扩张, 终板应力负荷小, 融合器下沉风险降低。本研究中, 随术后时间推移, 两组患者 VAS、ODI、JOA 评分均较术前改善, 骨融合可靠率均超过 80%, 与 Shi 等^[21]、Zhu 等^[22] 报道结论一致。表明

两种手术均可改善患者疼痛症状及功能障碍。不同的是, UBE 组术后恢复完全负重活动时间短于 MIS 组, 术后 3 个月 VAS、ODI、JOA 评分优于 MIS 组, 提示 UBE-LIF 更利于术后早期功能改善。原因为 UBE-LIF 术式在内镜下操作下, 能尽可能保护脊柱结构稳定, 利于早期恢复。影像学观察发现, 两种术式均获得良好的影像学疗效, 原因在于两种术式均较

开放术式对腰背肌损伤少, 腰椎骨结构保留仍较完整, 能较好维持腰椎稳定性^[23-25]。

综上所述, UBE-LIF 与 MIS-TLIF 治疗 II~III 度腰椎滑脱症效果接近, 前者在减少手术创伤、早期并发症及改善近期腰椎功能方面优势更突出。本研究不足在于研究样本量少、随访时间相对短, 未对多节段复杂腰椎滑脱症展开研究, 尚需日后完善补充。

参考文献

- [1] Aoki Y, Takahashi H, Nakajima A, et al. Prevalence of lumbar spondylolysis and spondylolisthesis in patients with degenerative spinal disease [J]. *Sci Rep*, 2020, 10 (1) : 6739. DOI: 10.1038/s41598-020-63784-0.
- [2] Harrison DJ, Bhandarkar AR, Durrani S, et al. Emerging innovations for lumbar spondylolisthesis management: a systematic review of active and prospective clinical trials [J]. *Neurosurg Rev*, 2022, 45 (6) : 3629-3640. DOI: 10.1007/s10143-022-01889-y.
- [3] 王庄平, 刘康, 关晓龙. 后侧固定融合术治疗创伤性腰椎滑脱症 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (2) : 127-130. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.02.08.
Wang ZP, Liu K, Guan XL. Posterior instrumented fusion for traumatic lumbar spondylolisthesis [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2021, 29 (2) : 127-130. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.02.08.
- [4] Kang MS, You KH, Choi JY, et al. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion using the biportal endoscopic techniques versus microscopic tubular technique [J]. *Spine J*, 2021, 21 (12) : 2066-2077. DOI: 10.1016/j.spinee.2021.06.013.
- [5] Khalifeh JM, Massie LW, Dibble CF, et al. Decompression of lumbar central spinal canal stenosis following minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion [J]. *Clin Spine Surg*, 2021, 34 (8) : E439-E449. DOI: 10.1097/BSD.0000000000001192.
- [6] He LM, Li JR, Wu HR, et al. Percutaneous endoscopic posterior lumbar interbody fusion with unilateral laminotomy for bilateral decompression vs. open posterior lumbar interbody fusion for the treatment of lumbar spondylolisthesis [J]. *Front Surg*, 2022, 9: 915522. DOI: 10.3389/fsurg.2022.915522.
- [7] Woodward J, Malone H, Witiw CD, et al. Transforaminal lumbar interbody fusion using a novel minimally invasive expandable interbody cage: patient-reported outcomes and radiographic parameters [J]. *J Neurosurg Spine*, 2021, 4: 1-7. DOI: 10.3171/2020.11.SPINE201139.
- [8] Faiz KW. VAS-visuell analog skala [VAS-visual analog scale] [J]. *Tidsskr Nor Laegeforen*, 2014, 134 (3) : 323. DOI: 10.4045/tidsskr.13.1145.
- [9] 俞红, 白跃宏. 简式中文版 Oswestry 功能障碍指数评定下背痛患者的信度及效度分析 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2010, 32 (2) : 125-127. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2010.02.012.
- [10] 孙兵, 车晓明. 日本骨科协会评估治疗 (JOA 评分) [J]. *中华神经外科杂志*, 2013, 29 (9) : 969.
Sun B, Che XM. Evaluation and treatment of Japanese Orthopedic Association (JOA) Score [J]. *Chinese Journal of Neurosurgery*, 2013, 29 (9) : 969.
- [11] 张成, 马超, 陈涛. 退变性腰椎滑脱与脊柱-骨盆矢状位参数的相关性研究 [J]. *徐州医科大学学报*, 2021, 41 (1) : 35-38. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3882.2021.01.008.
Zhang C, Ma C, Chen T. Relationship between degenerative lumbar spondylolisthesis and spinopelvic sagittal parameters [J]. *Journal of Xuzhou Medical University*, 2021, 41 (1) : 35-38. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3882.2021.01.008.
- [12] 刘玖行, 熊小春, 贾高永, 等. 腰椎滑脱镜下与开放经椎间孔融合术比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (1) : 21-25. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.01.04.
Liu JX, Xiong XC, Jia GY, et al. Endoscopy-assisted versus open transforaminal lumbar interbody fusion for lumbar spondylolisthesis [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2023, 31 (1) : 21-25. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.01.04.
- [13] Nie JW, Hartman TJ, Jacob KC, et al. Minimally invasive transforaminal versus anterior lumbar interbody fusion in patients undergoing revision fusion: clinical outcome comparison [J]. *World Neurosurg*, 2022, 167: e1208-e1218. DOI: 10.1016/j.wneu.2022.09.003.
- [14] Son IS, Han SY, Chung HJ, et al. Unstable non-isthmic spondylolisthesis following unilateral biportal endoscopy assisted unilateral laminotomy for bilateral decompression: a case report [J]. *Malays Orthop J*, 2021, 15 (3) : 147-151. DOI: 10.5704/MOJ.2111.025.
- [15] 刘建业, 陈清汉, 张明生, 等. 单侧双通道内镜技术下髓核摘除术与 Delta 通道下经椎板间入路髓核摘除术治疗腰椎间盘突出的近远期疗效及安全性分析 [J]. *中华实验外科杂志*, 2023, 40 (7) : 1418-1421. DOI: 10.3760/cma.j.cn421213-20221225-01416.
Liu JY, Chen QH, Zhang MS, et al. Short-term and long-term curative effect and safety of unilateral biportal endoscopic discectomy vs. translaminar discectomy under delta channel in the treatment of lumbar disc herniation [J]. *Chinese Journal of Experimental Surgery*, 2023, 40 (7) : 1418-1421. DOI: 10.3760/cma.j.cn421213-20221225-01416.
- [16] 朱剑, 镐英杰, 任志楠, 等. 单侧双通道内镜下腰椎融合术治疗腰椎退行性疾病的初步研究 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2021, 31 (11) : 1026-1033. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2021.11.09.
Zhu J, Gao YJ, Ren ZN, et al. Preliminary study of unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion for the treatment of degenerative spinal disease [J]. *Chinese Journal of Spine and Spinal Cord*, 2021, 31 (11) : 1026-1033. DOI: 10.3969/j.issn.1004-

- 406X.2021.11.09.
- [17] Hartmann S, Lang A, Lener S, et al. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion: a prospective, controlled observational study of short-term outcome [J]. *Neurosurg Rev*, 2022, 45 (5) : 3417-3426. DOI: 10.1007/s10143-022-01845-w.
- [18] Ali EMS, El-Hewala TA, Eladawy AM, et al. Does minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF) influence functional outcomes and spinopelvic parameters in isthmic spondylolisthesis [J]. *J Orthop Surg Res*, 2022, 17 (1) : 272. DOI: 10.1186/s13018-022-03144-y.
- [19] 田大胜, 朱斌, 荆珏华. 单侧双通道内镜技术在脊柱外科的应用拓展与相关问题 [J]. *中华医学杂志*, 2022, 102 (41) : 3241-3245. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20220426-00919.
- Tian DS, Zhu B, Jing YH. Application expansion of unilateral biportal endoscopy in spine surgery and its related issues [J]. *National Medical Journal of China*, 2022, 102 (41) : 3241-3245. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20220426-00919.
- [20] 聂治军, 袁启令, 张文芳, 等. 显微镜辅助下微创与开放经椎间孔腰椎间融合术治疗单节段腰椎退行性疾病的疗效比较 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2020, 13 (3) : 219-224. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2020.03.08.
- Nie ZJ, Yuan QL, Zhang WF, et al. Comparison of microscope-assisted minimally invasive and open transforaminal lumbar interbody fusion in the treatment of single segmental lumbar degenerative diseases [J]. *Chinese Journal Bone and Joint Surgery*, 2020, 13 (3) : 219-224. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2020.03.08.
- [21] Shi L, Ding T, Shi Y, et al. Comparison of the outcomes of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion and endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion for lumbar degenerative diseases: a retrospective matched case-control study [J]. *World Neurosurg*, 2022, 167: e1231-e1240. DOI: 10.1016/j.wneu.2022.09.013.
- [22] Zhu C, Liang J, Pan H, et al. Far lateral lumbar interbody fusion with unilateral pedicle screw fixation and double traversing cages using a biportal endoscopic technique [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2023, 165 (8) : 2165-2169. DOI: 10.1007/s00701-023-05702-7.
- [23] 胡宇童, 徐浩严, 杨东方, 等. 单侧双通道与单通道内镜下单侧椎板切开双侧减压治疗腰椎管狭窄症 [J]. *中华骨科杂志*, 2023, 43 (2) : 89-96. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20220524-00299.
- Hu YT, Xu HY, Yang DF, et al. Unilateral laminotomy for bilateral decompression under unilateral biportal endoscopy and uniportal endoscopy to treat lumbar spinal stenosis [J]. *Chinese Journal of Orthopaedics*, 2023, 43 (2) : 89-96. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20220524-00299.
- [24] 叶永松, 陈德龙. 单侧双通道脊柱内镜技术与传统后路腰椎椎间融合术治疗腰椎退行性疾病的临床疗效 [J]. *中国内镜杂志*, 2023, 29 (3) : 43-49. DOI: 10.12235/E20220016.
- Ye YS, Chen DL. Clinical effects of unilateral biportal endoscopic technique and traditional posterior lumbar interbody fusion in treatment of lumbar degenerative diseases [J]. *China Journal of Endoscopy*, 2023, 29 (3) : 43-49. DOI: 10.12235/E20220016.
- [25] 樊晓光, 张淇, 吕世桥, 等. 腰椎间盘突出症两种微创手术临床比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (15) : 1351-1356. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.15.02.
- Fan XG, Zhang Q, Lv SQ, et al. Comparison of two minimally invasive surgeries for lumbar intervertebral disc herniation [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2023, 31 (15) : 1351-1356. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.15.02.

(收稿:2023-11-13 修回:2024-05-08)
(同行评议专家:江水华, 朱佳福)
(本文编辑:闫承杰)