

引用格式:刘丰平,阿里木·马木提,赵浩,等.经椎间孔入路和经椎板间入路行腰椎融合术治疗腰椎退行性疾病的临床疗效分析[J].巴楚医学, 2025,8(3):23-28. DOI: 10.3969/j.issn.2096-6113.2025.03.004
Cite as: Liu F P, Alimu · M M T, Zhao H, et al. Clinical Efficacy of MIS-TLIF and PE-PLIF in the Treatment of Lumbar Degenerative Diseases [J]. BaChu Medical Journal, 2025, 8(3): 23-28. DOI: 10.3969/j.issn.2096-6113.2025.03.004

经椎间孔入路和经椎板间入路行腰椎融合术 治疗腰椎退行性疾病的临床疗效分析

刘丰平 阿里木·马木提 赵浩 刘扬 罗茗刈 赵红卫

(三峡大学第一临床医学院[宜昌市中心人民医院]脊柱外科 & 三峡大学脊柱医学与创伤研究所,湖北宜昌 443003)

摘要: **目的:**比较经椎间孔入路(MIS-TLIF)与经椎板间入路(PE-PLIF)行腰椎融合术治疗腰椎退行性疾病的临床疗效。**方法:**选择2021年3月—2023年3月就诊于宜昌市中心人民医院的74例腰椎退行性疾病患者,根据手术方式不同,分为PE-PLIF组($n=33$)和MIS-TLIF组($n=41$),观察两组患者术后3天、1个月、6个月及12个月的视觉模拟量表(VAS)评分及Oswestry功能障碍指数(ODI)。术后12个月采用改良MacNab标准评价疗效,根据Bridwell椎间融合标准评价椎间融合情况。**结果:**与MIS-TLIF组相比,PE-PLIF组手术切口长度[(13.25±0.97) mm vs (30.62±3.78) mm]、住院时间[(3.21±1.11) d vs (8.98±1.99) d]及术后引流量[(66.21±10.23) mL vs (141.17±16.53) mL]均明显降低(均 $P<0.05$)。PE-PLIF组患者术后3天、1个月和6个月腰痛VAS评分及术后3天和1个月腿痛VAS评分均显著低于MIS-TLIF组(均 $P<0.05$);PE-PLIF组患者术后1个月ODI显著低于MIS-TLIF组[(20.85±3.86)% vs (24.65±3.60)%]($P<0.05$);术后12个月两组患者疗效优良率、椎间融合情况及并发症发生情况无明显差异(均 $P>0.05$)。**结论:**与MIS-TLIF相比,PE-PLIF在腰椎退行性疾病患者中具有创伤小、疼痛轻及恢复快等优势,值得在临床推广应用。

关键词: 腰椎融合术; 经椎间孔入路腰椎椎间融合术; 经椎板间入路腰椎椎间融合术; 腰椎退行性疾病

中图分类号: R687.3

文献标志码: A

文章编号: 2096-6113(2025)03-0023-06

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Clinical Efficacy of MIS-TLIF and PE-PLIF in the Treatment of Lumbar Degenerative Diseases

Liu Fengping Alimu · Mamuti Zhao Hao Liu Yang Luo Mingyi Zhao Hongwei

(Department of Spine Surgery, Yichang Central People's Hospital, The First College of Clinical Medical Science, China Three Gorges University & Institute of Spinal Medicine and Trauma Research, China Three Gorges University, Yichang 443003, China)

Abstract Objective: To compare the clinical efficacy of the minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF) and percutaneous endoscopic posterior lumbar interbody fusion (PE-PLIF) in

基金项目:湖北省教育厅科学技术研究计划指导性项目(Z2021228/B2021028)

作者简介:刘丰平,副主任医师,E-mail: liufpguke@sina.com

通信作者:赵红卫,主任医师,E-mail: ycguke@sina.com

the treatment of lumbar degenerative diseases. **Methods:** A total of 74 patients with lumbar degenerative diseases treated at Yichang Central People's Hospital between March 2021 and March 2023 were retrospectively analyzed. Based on the surgical approach, patients were divided into the PE-PLIF group ($n=33$) and the MIS-TLIF group ($n=41$). Visual analog scale (VAS) scores and Oswestry disability index (ODI) were recorded at 3 days, 1 month, 6 months, and 12 months postoperatively. At 12 months postoperatively, clinical efficacy was evaluated using the modified MacNab criteria, and intervertebral fusion status was assessed based on the Bridwell fusion grading system. **Results:** Compared with the MIS-TLIF group, the PE-PLIF group had significantly shorter incision length [(13.25 ± 0.97) mm vs (30.62 ± 3.78) mm], shorter hospital stay [(3.21 ± 1.11) d vs (8.98 ± 1.99) d], and reduced postoperative drainage volume [(66.21 ± 10.23) mL vs (141.17 ± 16.53) mL] (all $P < 0.05$). VAS scores for low back pain at 3 days, 1 month and 6 months, VAS scores for leg pain at 3 days and 1 months postoperatively were significantly lower in the PE-PLIF group compared to the MIS-TLIF group (all $P < 0.05$). The ODI at 1 month postoperatively was also significantly lower in the PE-PLIF group [(20.85 ± 3.86)% vs (24.65 ± 3.60)%] ($P < 0.05$). At 12 months postoperatively, there were no significant differences between the two groups in terms of excellent and good rate of therapeutic efficacy, intervertebral fusion rates, or incidence of complications (all $P > 0.05$). **Conclusion:** Compared with MIS-TLIF, PE-PLIF offers the advantages of smaller surgical trauma, less postoperative pain, and faster recovery in patients with lumbar degenerative diseases, which is worthy of broader clinical application.

Keywords lumbar fusion surgery; minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF); percutaneous endoscopic posterior lumbar interbody fusion (PE-PLIF); lumbar degenerative diseases

目前,大约有半数老年人受到腰椎退行性疾病的困扰,其发病率呈明显上升趋势^[1]。开放后路腰椎椎间融合术(posterior lumbar interbody fusion, PLIF)和开放经椎间孔入路腰椎椎间融合术(transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)是治疗腰椎退行性疾病的常见术式,但会对脊柱后方肌肉韧带复合体结构造成直接损伤,导致广泛硬膜外纤维疤痕,不利于患者术后恢复^[2]。为了减少术中出血量和软组织损伤,微创腰椎融合术应运而生。2002年,Holly和Foley^[3]首次报道了使用管状牵开器进行的微创通道下腰椎椎间融合术(minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF),并得到广泛应用。相较开放式 TLIF, MIS-TLIF 具有软组织损伤少、失血量少、术后恢复快、临床效果好等优势^[4-5]。近年来随着内镜手术器械及内植物的改进,单通道经皮内镜下经椎板间入路腰椎融合术(percutaneous endoscopic posterior lumbar interbody fusion, PE-PLIF)逐渐得到推广,其适应证和操作流程接近 MIS-TLIF 术式,术者可在多倍放大内镜下完成截骨和椎间融合,更为安全高效,但目前尚缺乏 MIS-TLIF 与 PE-PLIF 的临床疗效对比研究。本研究采用 MIS-TLIF 与 PE-PLIF 治疗退行性腰椎疾病患者,现就其手术疗效及相关并发症报告如下。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性分析 2021 年 3 月—2023 年 3 月于宜昌市中心人民医院脊柱外科接受手术治疗的 74 例腰椎退行性疾病患者的临床资料。根据手术方式不同,将患者分为 PE-PLIF 组($n=33$)及 MIS-TLIF 组($n=41$)。本研究已通过宜昌市中心人民医院伦理委员会审查批准(批号:2021-053-01)。

纳入标准:①腰背部疼痛伴单侧下肢疼痛、麻木或间歇性跛行;②腰椎间盘突出症伴有腰椎失稳或 I°腰椎滑脱;③Schizas 分级 B 或 C 的腰椎椎管狭窄(lumbar spinal stenosis, LSS)症伴有腰椎不稳或 I°腰椎滑脱;④Schizas 分级为 D 的 LSS 症;⑤经保守治疗 3 个月无效或症状进行性加重;⑥接受 MIS-TLIF 或 PE-PLIF 手术,且术后有 12 个月以上完整随访资料的患者。

排除标准:①既往有腰椎手术史,如开放手术或其他术式等;②合并严重基础疾病或者伴有感染性疾病;③诊断为马尾综合征患者;④存在多节段病变或行单节段双侧减压者。

1.2 研究方法

PE-PLIF 组:全麻后取俯卧位,体表标记双侧椎

弓根中点连线,侧位在椎间隙中线水平。常规消毒铺巾,于减压侧脊柱旁,椎弓根投影外侧缘与椎间隙水平线交点处作 1.2 cm 纵形切口,于上位椎板下缘处置入定位杆,沿定位杆逐级植入套管及内镜通道。透视确认节段无误。连接 Delta 工作系统,水环境下用等离子刀、髓核钳等清除视野内软组织,辨识并显露上位椎板下缘、关节突关节、黄韧带、下位椎板上缘。通过镜外环锯、枪状咬骨钳等依次切除下关节突及部分上关节突内侧缘,显露黄韧带上、下及外侧附着点。小心分离并咬除黄韧带,显露硬膜囊及神经根,更换专用工作通道并旋转通道将行走根自肩部推向内侧,显露突出椎间盘并切开纤维环,使用髓核钳及专用镜下铰刀、终板处理器等切除髓核并处理终板,将切除的自体骨剪碎成适当大小骨粒后置入椎间隙并填充,仔细将神经根、硬膜囊牵拉保护后将可撑开 Cage 中填充自体骨,并夯实入椎间隙后撑开 Cage。再次透视确认位置正常后更换工作通道,探查硬膜囊及神经根周围无碎骨等组织卡压。取出工作通道后双侧植入经皮椎弓根钉,安装连接棒并拧紧尾帽螺钉,冲洗术区放置引流后逐层缝合切口。

MIS-TLIF 组:参阅赵红卫等^[6]操作方法,与 PE-PLIF 的主要区别在于 MIS-TLIF 需在 Quadrant 通道下空气介质环境中经后外侧椎间孔完成减压与融合手术。患者全麻后取俯卧位,C 型臂 X 线机透视下克氏针定位,取病变节段上下椎弓根体表投影的上缘作横向连线,取两侧椎弓根体表投影的外缘作纵向连线,在纵向连线与横向连线相交的部分中央设计切口线,单节段病变切口长约 3 cm。消毒铺巾,逐层切开皮肤,在腰背筋膜处用尖刀切一小口,用初级扩张管钝性分离肌肉,然后逐级扩张,放置管状牵开器。用自由臂固定,连接光源,适当撑开上下通道管叶片,安装侧方挡板完成工作通道的安装,再次透视确认通道管的位置无误。直视下依次将上、下关节突及部分椎板切除,神经根彻底减压,然后牵开硬膜囊和神经根,切除椎间盘,处理软骨终板。选择大小合适的 Cage,反复冲洗椎间隙,使用植骨漏斗向椎间隙前方植入减压所得骨粒并夯实,然后置入填满骨粒的 Cage,透视确认 Cage 置入深度满意。

1.3 观察指标

1.3.1 临床疗效评价

分别于术前、术后 3 天及术后 1、6、12 个月采用视觉模拟量表(visual analog scale, VAS)评估腰腿疼痛情况;术前及术后 1、6、12 个月采用 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)^[7]评估腰痛功能障碍程度,评分越高,提示功能障碍越严重。

术后 12 个月采用改良 MacNab^[8]标准及汉化版椎间孔镜疗效满意度评估法^[9]评定疗效优良率,统计最终所有优、良、可、差的患者例数,疗效优良率=[(优良)/总数]×100%。

1.3.2 影像学参数

术后 12 个月采用 Brown 等^[10]制定的椎间融合标准评价椎间融合效果:Ⅰ级,椎间隙完全融合并伴有骨小梁重建;Ⅱ级:融合间隙无变化,未完全重建但无透明带出现;Ⅲ级:融合间隙无变化,但出现透明带;Ⅳ级:没有融合,伴有椎间隙塌陷和吸收。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 26.0 进行数据统计分析。计量资料采用 Kolmogorov-Smirnov 检验判断其符合正态分布,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验;计数资料采用 *n*(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较

所有患者均获得随访,PE-PLIF 组随访时间为(15.92±4.33)个月,MIS-TLIF 组随访时间为(14.65±5.01)个月。PE-PLIF 组男性占 54.55%,平均年龄为(61.12±5.54)岁;MIS-TLIF 组男性占 53.66%,平均年龄为(63.18±6.52)岁。两组患者年龄、性别、手术节段、疾病类型无统计学差异(均 $P > 0.05$),见表 1。

2.2 两组患者围手术期情况

与 MIS-TLIF 组相比,PE-PLIF 组患者手术切口长度[(13.25±0.97)mm vs (30.62±3.78)mm]、住院时间[(3.21±1.11)d vs (8.98±1.99)d]及术后引流量[(66.21±10.23)mL vs (141.17±16.53)mL]均明显降低,但手术时间则明显延长(均 $P < 0.05$),见表 2。

2.3 两组患者临床疗效比较

两组患者术后各时间段腰痛和腿痛 VAS 评分及 ODI 均显著低于术前(均 $P < 0.05$)。PE-PLIF 组患者术后 3 天、术后 1 个月及术后 6 个月腰痛 VAS 评分均显著低于 MIS-TLIF 组(均 $P < 0.05$);PE-PLIF 组患者术后 1 个月 ODI 显著低于 MIS-TLIF 组[(20.85±3.86)% vs (24.65±3.60)%]($P < 0.05$);两组患者术后 12 个月腰腿痛 VAS 评分、ODI、疗效优良率及椎间融合情况无明显差异(均 $P > 0.05$),见表 3。

表 1 两组患者一般资料比较 $[(\bar{x} \pm s), n(\%)]$

项目	PE-PLIF 组($n=33$)	MIS-TLIF 组($n=41$)	t/χ^2	P	
年龄/岁	61.12±5.54	63.18±6.52	1.443	0.153	
性别	男	18(54.55)	22(53.66)	0.006	0.939
	女	15(45.45)	19(46.34)		
手术节段	L3~4	1(3.03)	1(2.44)	0.127	0.938
	L4~5	18(54.55)	24(58.54)		
	L5~S1	14(42.42)	16(39.02)		
疾病类型	LSS(B、C 级)伴腰椎失稳	8(24.24)	11(26.83)	1.170	0.883
	LSS(B、C 级)伴腰椎滑脱	9(27.27)	12(29.26)		
	腰椎间盘突出伴腰椎失稳	7(21.21)	5(12.20)		
	腰椎间盘突出伴腰椎滑脱	6(18.18)	8(19.51)		
	LSS(D 级)	3(9.10)	5(12.20)		
随访时间/月	15.92±4.33	14.65±5.01	1.151	0.254	

注:LSS:腰椎椎管狭窄;L:腰椎;S:骶椎。

表 2 两组患者围手术期相关指标对比 $(\bar{x} \pm s)$

项目	PE-PLIF 组($n=33$)	MIS-TLIF 组($n=41$)	t	P
手术切口长度/mm	13.25±0.97	30.62±3.78	18.756	<0.001
住院时间/d	3.21±1.11	8.98±1.99	10.682	<0.001
手术时间/min	243.79±20.84	182.68±16.01	11.265	<0.001
术后引流量/mL	66.21±10.23	141.17±16.53	23.899	<0.001

表 3 两组患者临床疗效比较 $[(\bar{x} \pm s), n(\%)]$

项目	PE-PLIF 组($n=33$)	MIS-TLIF 组($n=41$)	t/χ^2	P	
腰痛 VAS 评分/分	术前	6.76±1.09	6.78±1.04	0.081	0.927
	术后 3 天	4.64±0.86 ^a	6.24±0.81 ^a	8.217	<0.001
	术后 1 个月	2.54±0.79 ^a	4.00±0.77 ^a	8.014	<0.001
	术后 6 个月	1.57±0.66 ^a	2.88±0.75 ^a	7.874	<0.001
	术后 12 个月	1.12±0.33 ^a	1.20±0.40 ^a	0.923	0.359
腿痛 VAS 评分/分	术前	6.67±1.02	6.56±1.01	0.448	0.653
	术后 3 天	3.63±0.82 ^a	4.16±0.85 ^a	2.708	0.008
	术后 1 个月	2.63±0.74 ^a	3.02±0.65 ^a	2.412	0.018
	术后 6 个月	1.76±0.75 ^a	1.83±0.63 ^a	0.647	0.656
	术后 12 个月	1.03±0.17 ^a	1.12±0.33 ^a	1.421	0.160
ODI/%	术前	68.60±5.78	70.65±5.18	1.607	0.112
	术后 1 个月	20.85±3.86 ^a	24.65±3.60 ^a	4.370	<0.001
	术后 6 个月	19.87±3.32 ^a	21.12±3.41 ^a	1.586	0.117
	术后 12 个月	18.30±2.90 ^a	18.98±2.55 ^a	1.072	0.287
MacNab 标准	优	26(78.79)	32(78.05)	0.235	0.972
	良	3(9.09)	4(9.75)		
	可	3(9.09)	3(7.32)		
	差	1(3.03)	2(4.88)		
Bridwell 椎间融合	26(78.79)	32(78.05)	0.006	0.939	

注:VAS:视觉模拟量表;ODI:Oswestry 功能障碍指数;与同组术前相比,^a $P<0.05$ 。

2.4 两组患者并发症发生情况

PE-PLIF 组发生 2 例并发症:1 例硬脊膜破裂、1 例术后疼痛麻木残留或加重;MIS-TLIF 组发生 4 例

上述并发症。两组患者并发症发生情况无明显差异 ($P>0.05$)。所有并发症均在保守治疗后痊愈,并未影响患者术后恢复,见表 4。

表 4 两组患者并发症发生情况比较[n(%)]

项目	PE-PLIF 组(n=33)	MIS-TLIF 组(n=41)	χ^2	P
硬脊膜破裂	1(3.03)	1(2.44)	—	$>0.999^a$
术后疼痛麻木残留或加重	1(3.03)	3(7.32)	0.086	0.769
合计	2(6.06)	4(9.76)	0.023	0.880

注:^a Fisher 精确检验。

3 讨论

既往研究显示^[11-12],MIS-TLIF 对腰椎退行性疾病具有良好的临床疗效,这得益于管状牵开器较强的灵活性,其自带光源便于术野照明和组织辨识,有助于术中显露和对软组织的保护。随着后路大通道内镜技术的发展,经椎板间入路大通道内镜下椎间融合术逐渐应用于临床。PE-PLIF 是在 Delta 内镜下通过后方单侧椎板及关节突切除来实现减压、椎间隙处理和融合操作,其手术流程和减压范围与 MIS-TLIF 相似,能实现从黄韧带起点到侧隐窝止点及对侧神经根区域的椎管减压操作^[13]。本研究适应证中纳入多项腰椎退变疾病,其中退行性腰椎失稳及腰椎 I° 滑脱在术前需合理规划神经减压范围。腰椎失稳定义为节段椎体矢状平移 ≥ 4 mm 或 $\geq 8\%$ ^[14];而腰椎滑脱则可根据 Meyerding 分度判断滑脱严重程度^[15]。尽管恢复椎间及椎间孔高度对远期预后十分重要,笔者团队认为在处理 II° 及以上腰椎滑脱时,应更全面地评估骨密度,并避免过度追求完全复位滑脱椎体,以防止复位失败的发生^[16]。

在临床疗效上,PE-PLIF 组患者术后 3 天、术后 1 个月及术后 6 个月的腰痛 VAS 评分显著低于 MIS-TLIF 组,这说明 PE-PLIF 组患者术后腰痛恢复得更快。分析认为,这可能与内镜术式对椎旁肌的损伤更小且减轻了术后医源性腰痛有关。此外,水环境手术可冲洗炎性因子,亦可缓解早期疼痛。而 MIS-TLIF 扩张通道对软组织牵拉挤压大于内镜通道,可能是 MIS-TLIF 组患者术后腰腿痛缓解较为迟缓的原因^[17]。两组患者末次随访的改良 MacNab 评价疗效优良率无显著差异,提示两种术式的中远期临床疗效及对提高患者生活质量方面相似。Song 等^[18]研究发现,MIS-TLIF 和内镜下减压融合术的短期疗效相仿。除疼痛与功能改善外,椎间融合率是评价腰椎融合术成功与否的重要指标之一。融合可恢复椎体

稳定性和生理曲度,有助于维持椎间隙与椎间孔高度,从而减缓神经压迫并防止功能进一步恶化^[19-20]。钉棒系统可即刻实现三柱固定,生物力学稳定性良好^[21]。为达到良好融合效果,终板处理至关重要。不同于开放手术,两种术式下均可清晰观察终板状况,判断软骨终板是否彻底清除,“微微渗血”的骨性终板为理想标准。术中通过融合器加压植骨并充分接触终板,有助于加速融合。本研究结果显示,PE-PLIF 与 MIS-TLIF 在实现稳定融合方面均具有良好效果,为中长期疗效提供了保障。

并发症方面,两种术式均需剥开椎旁肌群与黄韧带等韧带结构,可能导致后方张力带的稳定性降低,进而加速邻近节段退变。此外,还需警惕永久性神经损伤、脑脊液漏、术后下肢根性疼痛、融合器下沉、内固定物移位以及伤口感染等并发症。本研究中两组患者均未出现严重影响疾病转归的并发症,经过积极处理均未对患者造成明显的疗效影响,说明两种微创手术均安全有效。两种术式最常见的术中并发症是硬脊膜破裂,本研究中各组均有 1 例发生。MIS-TLIF 手术中,由于微创通道的术野受限,加之术中出血可能遮挡视野,使用咬骨钳时易误伤硬脊膜,甚至波及神经根。PE-PLIF 手术中,Kerrison 钳、镜外环锯和磨钻等镜下操作对术者要求较高,亦存在损伤硬脊膜或神经根的风险。尤其是在 PE-PLIF 手术中,术者使用镜外环锯行关节突切除操作时对深度判断不准确,环锯有可能突破黄韧带损伤到硬脊膜。此外,两种术式均存在术后疼痛残留或疼痛复现,可能与术中神经根牵拉、神经根附近止血损伤及术后神经根水肿有关。而 MIS-TLIF 手术对神经牵拉发生率更高,可能导致更高的术后疼痛发生率。Li 等^[22]研究认为,放入融合器可能使硬膜囊及神经根过度回缩,从而发生术后根性疼痛。因此,在置入融合器前应确保神经根被良好保护。

综上所述,两种微创融合术式在治疗退行性腰椎

疾病方面均可取得良好临床疗效。其中,PE-PLIF在腰椎退行性疾病患者中具有创伤小、疼痛轻及恢复快等优势。鉴于本研究样本量有限,未来仍需开展高质量、多中心、前瞻性研究以进一步验证本研究结果,为提高临床诊疗效果提供更有力的依据。

参考文献:

- [1] Diebo B G, Balmaceno-Criss M, Lafage R, et al. Sagittal alignment in the degenerative lumbar spine: surgical planning[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2024, 106(5): 445-457.
- [2] Chen M M, Jia P, Feng F, et al. A novel minimally invasive technique of inter-spinal distraction fusion surgery for single-level lumbar spinal stenosis in octogenarians: a retrospective cohort study [J]. *J Orthop Surg Res*, 2022, 17(1): 100.
- [3] Foley K T, Holly L T, Schwender J D. Minimally invasive lumbar fusion [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2003, 28(15 Suppl): S26-S35.
- [4] Kalina R. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MIS TLIF) in treatment of degenerative diseases of lumbosacral spine compared to modified open TLIF: a prospective randomised controlled study[J]. *Neurol Neurochir Pol*, 2024, 58(5): 503-511.
- [5] An B C, Ren B W, Liu Y H, et al. Clinical efficacy and complications of MIS-TLIF and TLIF in the treatment of upper lumbar disc herniation: a comparative study [J]. *J Orthop Surg Res*, 2024, 19(1): 317.
- [6] 赵红卫,程云忠,刘扬,等.微切口经皮椎弓根螺钉技术在腰椎微创融合手术中的应用[J].*骨科*, 2016, 7(2): 76-81.
- [7] Fairbank J C, Pynsent P B. The Oswestry disability index[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2000, 25(22): 2940-2952.
- [8] MacNab I. Negative disc exploration. An analysis of the causes of nerve-root involvement in sixty-eight patients [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1971, 53(5): 891-903.
- [9] Nakajima Y, Dezawa A, Lim K T, et al. Full-endoscopic posterior lumbar interbody fusion: a review and technical note[J]. *World Neurosurg*, 2024, 189: 418-427.
- [10] Brown A C, Ray C E. Anterior spinal cord infarction following bronchial artery embolization [J]. *Semin Intervent Radiol*, 2012, 29(3): 241-244.
- [11] Kerimbayev T, Kuanyshbekov Y, Akshulakov S, et al. Long term clinical outcomes of minimally invasive transforaminal interbody fusion (MIS-TLIF) for lumbar spondylolisthesis in a geriatric (>65 years) population: a systematic review and meta-analysis[J]. *Front Surg*, 2025, 12: 1517947.
- [12] Zhang B, Ma J S, Feng P, et al. Clinical efficacy of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF) in the treatment of II° lumbar isthmic spondylolisthesis: a retrospective cohort study [J]. *Medicine*, 2023, 102(40): e35420.
- [13] Heo D H, Lee D C, Kim H S, et al. Clinical results and complications of endoscopic lumbar interbody fusion for lumbar degenerative disease: a meta-analysis[J]. *World Neurosurg*, 2021, 145: 396-404.
- [14] Wang Y F, Huang K. Research progress of diagnosing methodology for lumbar segmental instability: a narrative review[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2022, 101(1): e28534.
- [15] Wright I P. Who was meyerding [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2003, 28(7): 733-735.
- [16] 熊亮,赵红卫,罗茗刘,等.全可视化内镜下后外侧经关节突入路腰椎椎间融合术治疗退行性腰椎滑脱症[J].*中国骨伤*, 2024, 37(12): 1145-1152.
- [17] Buckland A J, Proctor D J. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion with expandable cages[J]. *JBJS Essent Surg Tech*, 2023, 13(2): e21.00062.
- [18] Song Z W, Zhu W H, Zheng J W, et al. Comparison of short-term efficacy of MIS-TLIF and Endo-LIF in the treatment of single-segment degenerative lumbar diseases[J]. *Front Surg*, 2022, 9: 922930.
- [19] 张斌,孔清泉,戎利民.经皮内镜辅助腰椎椎间融合术的技术利弊分析及趋势展望[J].*中国修复重建外科杂志*, 2022, 36(6): 653-659.
- [20] Peng L, Guo J, Lu J P, et al. Risk factors and scoring system of cage retropulsion after posterior lumbar interbody fusion: a retrospective observational study [J]. *Orthop Surg*, 2021, 13(3): 855-862.
- [21] Fan W, Guo L X. A comparison of the influence of three different lumbar interbody fusion approaches on stress in the pedicle screw fixation system: Finite element static and vibration analyses[J]. *Int J Numer Method Biomed Eng*, 2019, 35(3): e3162.
- [22] Li Y C, Wu Z F, Guo D Z, et al. A comprehensive comparison of posterior lumbar interbody fusion versus posterolateral fusion for the treatment of isthmic and degenerative spondylolisthesis: a meta-analysis of prospective studies[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2020, 188: 105594.

[收稿日期 2025-03-09]