

# 两种不同介质的微创融合术治疗单节段 腰椎退变性疾病的临床研究

张同会<sup>1,2</sup> 李涛<sup>2</sup> 唐谨<sup>2</sup> 戴鹏<sup>2</sup> 黄荷<sup>2</sup> 赵宙<sup>2</sup> 徐峰<sup>1△</sup>

**[摘要]** **目的:**比较水介质下经皮内镜后路腰椎融合术(PE-PLIF)与空气介质下可扩张通道辅助的后路腰椎融合术(MIS-PLIF)的临床疗效。**方法:**回顾性分析自 2021 年 11 月至 2024 年 1 月采用微创融合技术治疗的单节段腰椎间盘突出症患者 58 例,其中行 PE-PLIF 手术 30 例,行 MIS-PLIF 手术 28 例。统计两组患者基本资料、围手术期临床数据和影像学参数,通过视觉模拟量表(VAS)评分和 Oswestry 功能障碍指数(ODI)评分评估临床结果。**结果:**两组患者均顺利完成手术,无严重并发症发生,所有患者均随访 12 个月。与 MIS-PLIF 组相比,PE-PLIF 组手术时间长、切口长度短、术中出血量少、术后引流量少、隐性失血量少、术后至下床时间短,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );比较切口愈合等级及下肢深静脉血栓的发生率,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。出院时随访 PE-PLIF 组 VAS 评分及 ODI 评分优于 MIS-PLIF 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。影像学表现与术前相比,术后 6 个月和末次随访时,两组患者椎间隙高度、腰椎前凸角均显著增加,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),相应时间点两组间的差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。此外,相应时间点两组间 Bridwell 融合分级差异也无统计学意义( $P > 0.05$ )。**结论:**PE-PLIF 手术较 MIS-PLIF 手术损伤更小,出血量少,术后恢复快,近期腰椎功能恢复更佳,远期疗效相当。

**[关键词]** 单节段腰椎退变性疾病;经皮内镜下后路腰椎融合术;可扩张通道辅助下腰椎后路融合术

**[中图分类号]** R681.5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2025)11-0051-07

**DOI:** 10.20085/j.cnki.issn1005-0205.251110

## Clinical Study of Minimally Invasive Surgery in the Treatment of Single-Segment Lumbar Degenerative Disease with Two Different Media

ZHANG Tonghui<sup>1,2</sup> LI Tao<sup>2</sup> TANG Jin<sup>2</sup> JI Peng<sup>2</sup>  
HUANG He<sup>2</sup> ZHAO Zhou<sup>2</sup> XU Feng<sup>1△</sup>

<sup>1</sup> School of Acupuncture and Orthopedics, Hubei University of Chinese Medicine, Wuhan 430070, China;

<sup>2</sup> Wuhan Hospital of Integrated Chinese and Western Medicine Orthopedics (Affiliated Hospital of Wuhan Sports University), Wuhan 430070, China.

**Abstract Objective:** To compare the effects of percutaneous endoscopic posterior lumbar interbody fusion (PE-PLIF) with aqueous media and minimally invasive posterior lumbar interbody fusion (MIS-PLIF) assisted by expandable channel under air medium. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on 58 cases of single-level lumbar disc herniation treated with a minimally invasive fusion technique from November 2021 to January 2024, of which 30 cases underwent PE-PLIF and 28 cases underwent MIS-PLIF. The basic data, perioperative clinical data, and radiological parameters of the two groups were statistically analyzed. The clinical outcomes were assessed using the visual analogue scale (VAS) and Oswestry disability index (ODI) scores. **Results:** All procedures were successfully completed without major complications, with 12 months follow-up. The PE-PLIF group demonstrated significantly longer operative time but superior outcomes in incision length, blood loss (intraoperative/postoperative/hidden), and earlier ambulation versus MIS-PLIF (all  $P < 0.05$ ). No

intergroup differences existed in wound healing or deep vein thrombosis (DVT) incidence ( $P > 0.05$ ). At discharge, PE-PLIF showed better VAS and ODI scores ( $P < 0.05$ ). Both groups exhibited improved intervertebral space height

<sup>1</sup> 湖北中医药大学针灸骨伤学院(武汉,430070)

<sup>2</sup> 武汉中西医结合骨科医院(武汉体育学院附属医院)

△通信作者 E-mail: gkxf79390@sohu.com

and lordosis postoperatively ( $P < 0.05$  vs preoperative), with no intergroup differences at any follow-up ( $P > 0.05$ ). Furthermore, there was no notable disparity in Bridwell fusion grade between the two groups at corresponding time points ( $P > 0.05$ ). **Conclusion:** The PE-PLIF technique offers the benefits of reduced surgical trauma, decreased blood loss, accelerated postoperative recovery, and improved short-term restoration of lumbar function, and similar long-term efficacy to MIS-PLIF.

**Keywords:** single level lumbar degenerative disease; percutaneous endoscopic posterior lumbar interbody fusion; minimally invasive posterior lumbar interbody fusion

腰椎退变性疾病是骨科临床中的常见病,是引起腰腿痛的主要原因之一<sup>[1]</sup>,严重影响患者日常生活,发病率呈上升趋势,年轻化趋势也很明显<sup>[2]</sup>。发病早期可采取保守治疗缓解疼痛,但不能逆转腰椎退变的进程和重建脊柱的机械功能<sup>[3]</sup>。随着腰椎退变的逐渐加重,出现椎间隙的塌陷、椎间盘突出、腰椎失稳、椎管狭窄等一系列腰椎疾病,引起腰椎功能下降<sup>[4]</sup>。对于反复保守治疗无效的患者,可采取手术治疗,而后路腰椎融合术(PLIF)是脊柱融合术的金标准<sup>[5]</sup>。随着近年来脊柱微创技术的不断发展,逐渐出现可扩张通道下的腰椎融合术及脊柱内镜下的腰椎融合术,均减少了脊柱后方复合体的损伤,保留了椎旁肌的功能,加速了患者康复<sup>[6-9]</sup>。目前已有文献将可扩张通道下的腰椎融合术、经皮内镜下后路融合术分别与后路开放融合手术进行临床对比研究<sup>[8,10-12]</sup>,证明两种微创术式均优于开放术式,但关于两种微创术式的临床对比研究较少。本研究基于 MIS-PLIF 和 PE-PLIF 两种微创术式手术操作中切口内介质不同,通过对手术前后疼痛评分、功能评分及围手术临床指标等多方面对比临床疗效,旨在明确各术式优缺点,为个性化治疗提供依据,现报告如下。

## 1 研究对象和方法

### 1.1 研究对象

本研究纳入 2021 年 11 月至 2024 年 1 月于武汉中西医结合骨科医院脊柱微创科住院,且符合纳入标准的单节段腰椎退变性疾病患者共 58 例。根据手术技术不同,将其分为水介质下经皮内镜后路腰椎融合组(PE-PLIF 组,30 例)和空气介质下可扩张通道辅助的后路腰椎融合组(MIS-PLIF 组,28 例),术后均获得 12 个月以上随访。本研究获得本院伦理委员会批准(批号为 672HRBC20241218-L76)。

### 1.2 诊断标准

国际疼痛研究协会(IASP)和北美脊柱学会(NASS)指南指出,腰椎退变性疾病(Lumbar Degenerative Disease, LDD)的典型症状包括机械性腰痛(活动加重、休息缓解)和神经根性疼痛(放射至下肢)<sup>[13]</sup>,直腿抬高试验阳性,病程长者可出现下肢肌肉萎缩,膝

反射、踝反射减弱或消失,马尾神经受压时出现鞍区感觉异常或二便异常。经 X 线、CT、MRI 检查提供影像学依据,明确诊断疾病类型(腰椎间盘突出、腰椎管狭窄、腰椎滑脱等)。

### 1.3 纳入标准

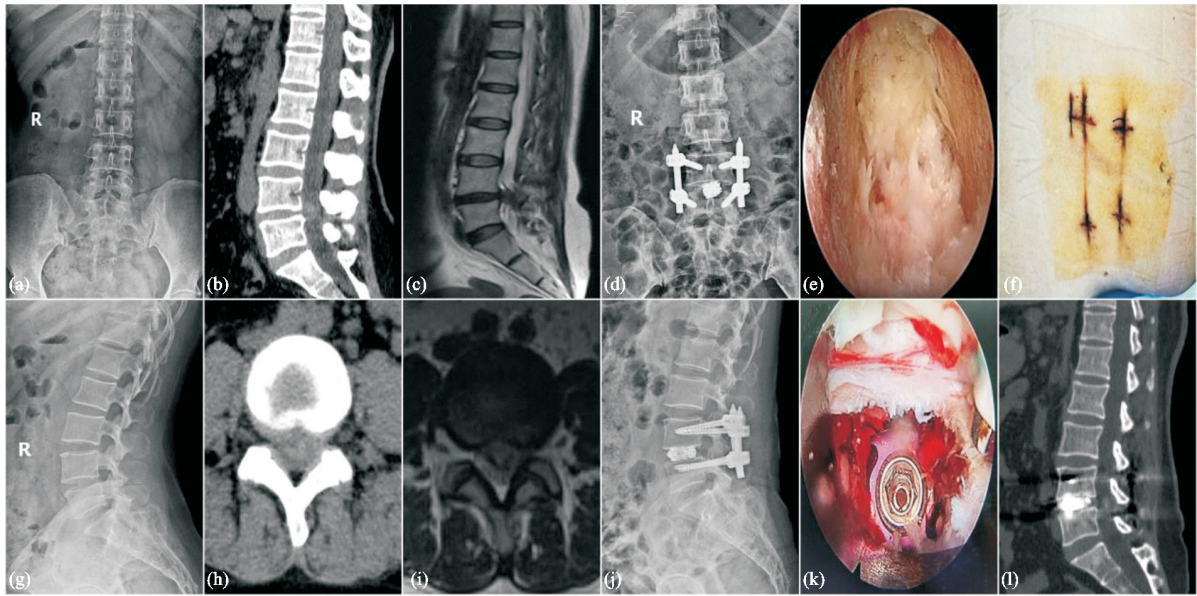
1)临床症状与影像学检查确诊为单节段腰椎退变性疾病;2)经保守治疗 3 个月症状不缓解或加重;3)符合腰椎融合的手术指征;4)随访 12 个月以上,且资料完整。

### 1.4 排除标准

1)腰椎感染、结核、肿瘤等;2)存在马尾神经损害;3)Ⅱ度以上腰椎滑脱;4)存在严重基础性疾病,不能耐受手术;5)重度骨质疏松症。

### 1.5 方法

**1.5.1 PE-PLIF 组** 术前 X 线片(见图 1(a)(g))、CT(见图 1(b)(h))、MR(见图 1(c)(i))提示腰 4/5 椎间盘突出,行 PE-PLIF 手术治疗。全麻,俯卧位,透视定位,标记各椎弓根体表投影,常规消毒铺巾,沿着椎弓根体表投影外缘行 4 个 1.5 cm 纵切口,置入 4 枚经皮椎弓根螺钉。扩大症状侧下位椎弓根螺钉切口约 2.5 cm,使用 Joimax-Delta 大通道后路内镜系统,置入内镜通道,清理椎板周围的软组织。用镜外可视环锯去除上位椎板下缘、下关节突及上关节突内缘,用枪钳咬除下位椎板上缘、扩大神经根管,去除黄韧带,所有去除的骨质剪碎用于椎间隙植骨。更换工作套管,将硬膜囊及行走神经根牵向内侧,显露突出的椎间盘,使用蓝钳、髓核钳扩大纤维环破口,摘除椎间盘内髓核组织,用镜下终板铰刀等处理椎间隙及软骨终板,确保植骨床准备充分(见图 1(e))。更换植骨漏斗,植入自体骨颗粒并夯实,再置入可撑开的金属融合器(见图 1(k))。再次内镜下探查神经根、硬膜囊及融合器,确保神经根及硬膜囊减压充分(见图 1(k))。经皮置入双侧棒,调整紧固钉-棒系统。根据术中情况酌情放置引流管,依次缝合切口皮肤(见图 1(f))。术后第 2 天拔管,佩戴腰围下床活动,术后复查腰椎 X 线片(见图 1(d)(j))。术后 6 个月复查 CT,观察融合良好(见图 1(l))。

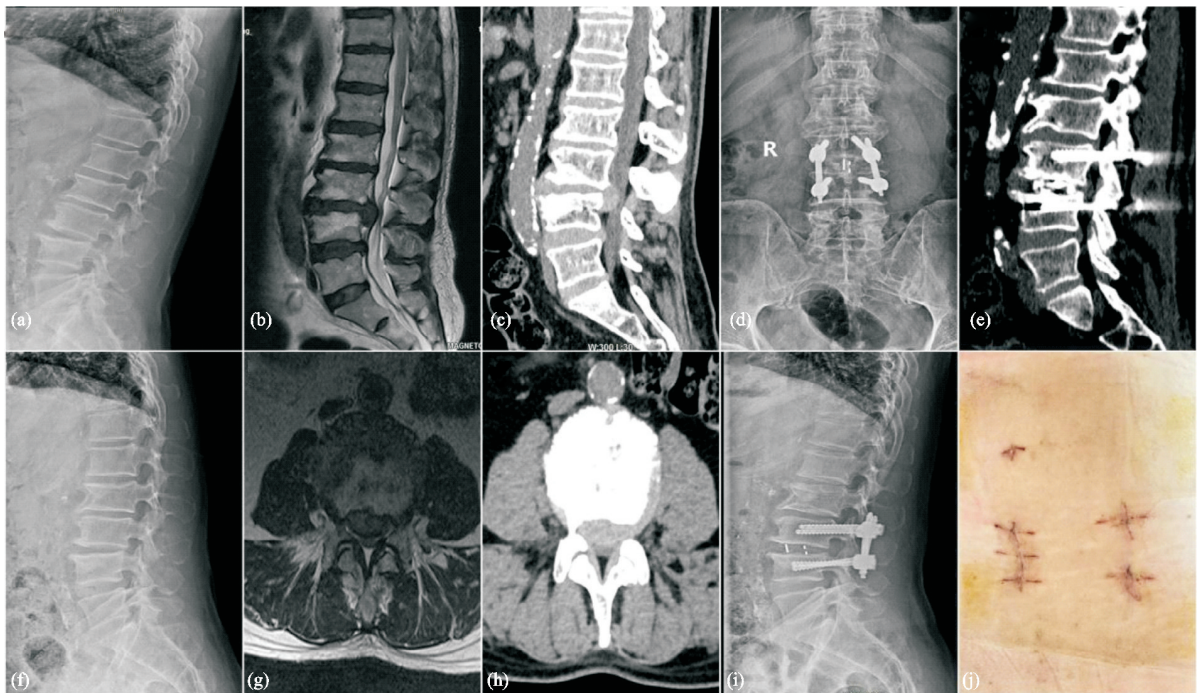


(a)-(c)、(g)-(i) 术前影像学检查显示L<sub>4/5</sub>椎间盘突出，髓核向下移位，硬脑膜及神经根受压；(d)(j) 术后DR图像；(e) 处理完成的椎间隙；(k) 植入可撑开金属融合器；(f) 手术切口图片；(l) 术后6个月矢状位CT显示椎间融合良好

图 1 患者 1,男,65 岁,L<sub>4/5</sub>腰椎间盘突出,采用 PE-PLIF 手术

**1.5.2 MIS-PLIF 组** 术前 X 线片(见图 2(a)(f))、CT(见图 2(b)(g))、MR(见图 2(c)(h))提示腰 3/4 椎间盘突出、椎间隙变窄、椎间不稳,行 MIS-PLIF 手术治疗。全麻,俯卧位,透视定位,标记各椎弓根体表投影,常规消毒铺巾,沿着椎弓根体表投影外缘行 4 个 1.5 cm 纵切口,症状侧置入 2 根长导丝,对侧置入 2 枚经皮椎弓根螺钉;将症状侧切口相连接,钝性分离肌肉,植入正天逐级可扩张通道,用蛇形臂固定通道并连接冷光源。显露关节突关节,用骨刀去除下关节突,显露上关节突,用枪钳咬除上关节突及部分上下椎板,扩大椎间孔,将去除的骨质剪碎作植

骨用,并去除黄韧带,显露突出的椎间盘,用双击电凝预防性止血,在出口根和神经根管处各放置棉片保护神经根,用尖刀切开椎间盘,并处理椎间隙与软骨终板,将混合骨优导的自体骨颗粒通过植骨漏斗置入椎间隙中并压紧夯实,置入聚醚醚酮(PEEK)椎间融合器并透视确认(见图 2(d)(i))。撤出通道,沿导丝植入经皮椎弓根螺钉,经皮置入双侧连接棒,紧固加压。在减压侧置入引流管,术后 24 h 引流小于 50 mL 可拔管,术后第 3 天佩戴腰围下床活动,术后 10 d 拆线皮肤缝线(见图 2(j)),术后 6 个月复查 CT,观察融合良好(见图 2(e))。



(a)-(c)、(f)-(h) 术前影像学检查显示L<sub>3/4</sub>椎间盘突出，髓核向下移位，硬脑膜及神经根受压；(d)、(i) 术后DR图像；(j) 手术切口；(e) 术后6个月矢状位 CT显示椎间融合良好

图 2 患者 2,男,68 岁,L<sub>3/4</sub>腰椎间盘突出,采用 MIS-PLIF 手术

**1.5.3 术后处理** 两组患者术后第2天拔引流管, PE-PLIF组术后第2天腰围保护下下床活动, MIS-PLIF组术后第3天腰围保护下下床活动;一般术后7~10d即可出院,术后10~12d拆线。术后3周可开始腰部功能锻炼,术后8周内避免腰部负重及剧烈运动,8周后可适当劳动,可逐渐脱离腰围。

#### 1.5.4 评价指标

1) 围手术期资料:手术时间、切口总长度、术中失血量、术后引流量、隐性失血量、术后至下地时间、术后下肢深静脉血栓发生情况、切口愈合情况和并发症。

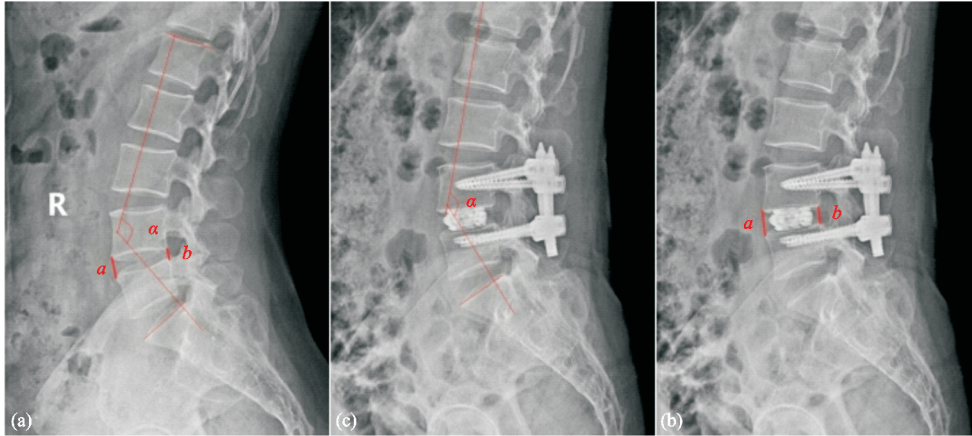


图3 手术前后采用站立位侧位X线片测量椎间隙高度和腰椎前凸角度

#### 1.6 统计学方法

采用SPSS 26.0软件进行统计学分析。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 形式表示,数据呈正态分布时,两组间比较采用独立样本 $t$ 检验;组内不同时间点比较采用单因素方差分析,数据呈非正态分布时,采用秩和检验。计数数据比较采用 $\chi^2$ 检验,等级数据两组间比较采用Mann-Whitney  $U$ 检验,组内比较采用多个相关资料的Friedman检验。 $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

2) 临床疗效:采用疼痛视觉模拟量表(VAS)评分和Oswestry功能障碍指数(ODI)评分评价临床效果。

3) 影像学指标:测量椎间隙高度及腰椎前凸角( $L_1 \sim S_1$  Cobb角),椎间隙高度 $= (a + b) / 2$ ,腰椎前凸角 $= 180^\circ - \angle \alpha$ ,见图3。

4) 融合情况:采用Bridwell融合分级评价椎间融合情况<sup>[13]</sup>。I级:观察到骨小梁及融合重塑。II级:未观察到融合重塑,顶部与底部无透亮区域,椎间融合器(Cage)位置满意。III级:顶部与底部可观察到透亮区域,Cage位置满意。IV级:融合缺失,Cage位置塌陷。

## 2 结果

### 2.1 基本资料

符合纳入标准的患者共58例,其中30例患者行PE-PLIF手术,28例患者行MIS-PLIF手术。两组患者术前一般资料见表1,两组患者年龄、性别、体重指数(BMI)、术前诊断、病程和病变节段差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。

### 2.2 两组患者围手术期比较

表1 两组患者术前一般资料

指标	PE-PLIF组( $n=30$ )	MIS-PLIF组( $n=28$ )	$P$
年龄/岁	$56.5 \pm 10.0$	$59.8 \pm 9.0$	0.193
性别	男/例	19	13
	女/例	11	15
体重指数/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )	$24.8 \pm 3.3$	$24.4 \pm 3.4$	0.651
诊断	腰椎间盘突出症/例	19	13
	峡部裂型腰椎滑脱症/例	1	0
	腰椎管狭窄症/例	7	10
	退行性腰椎滑脱/例	3	5
病程/月	$11.0 \pm 11.8$	$9.9 \pm 12.7$	0.734
手术节段	$L_{2/3}$ /例	0	0
	$L_{3/4}$ /例	1	3
	$L_{4/5}$ /例	20	21
	$L_5/S_1$ /例	9	4

两组患者均顺利完成手术,术中无大出血、硬膜囊撕裂、死亡等严重并发症,术后未出现伤口感染、肌力下降等并发症。两组患者围手术期资料见表2,PE-PLIF

组的切口愈合情况、术后下肢深静脉血栓发生情况与MIS-PLIF组差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),但是PE-PLIF组手术时间长于MIS-PLIF组,术中失血量、术

后引流量、隐性失血量、切口总长度、术后至下地时间均显著优于 MIS-PLIF 组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。

表 2 两组患者围手术期资料比较

指标	PE-PLIF 组 ( $n=30$ )	MIS-PLIF 组 ( $n=28$ )	$P$	
手术时间/min	230.7±64.3	194.3±44.9	<0.001	
切口总长度/cm	5.4±0.4	7.0±0.3	<0.001	
术中失血量/mL	108.5±63.5	302.8±214.3	<0.001	
术后引流量/mL	50.0±54.7	87.8±41.6	<0.001	
隐性失血量/mL	328.5±275.2	411.1±186.4	0.022	
术后至下床时间/d	1.1±0.3	2.5±0.5	<0.001	
切口愈合等级	甲/例	29	26	
	乙/例	1	2	0.513
	丙/例	0	0	
术后下肢深静脉血栓形成	是/例	6	7	
	否/例	24	21	0.648

2.3 两组患者 VAS 评分及 ODI 评分比较

两组患者均随访 12 个月, 随访过程中两组患者均无症状加剧者, 无翻修手术。随访资料见表 3, 两组患者腰痛、腿痛 VAS 评分和 ODI 评分较术前均显著下降, 差

异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 两组间腰痛、腿痛 VAS 评分及 ODI 评分比较, 术前及末次随访时差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 但出院时 PE-PLIF 组评分显著优于 MIS-PLIF 组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。

表 3 两组患者术后随访结果 ( $\bar{x} \pm s$ )

指标	时间点	PE-PLIF 组 ( $n=30$ )	MIS-PLIF 组 ( $n=28$ )	$P$
腰痛 VAS 评分/分	术前	4.70±0.88	4.61±0.99	0.707
	出院时	1.60±0.67	2.68±0.72	<0.001
	末次随访	0.63±0.49	0.68±0.48	0.723
	$P$	<0.001	<0.001	
腿痛 VAS 评分/分	术前	6.87±0.63	6.93±0.72	0.727
	出院时	1.17±0.70	2.00±0.61	<0.001
	末次随访	0.37±0.49	0.50±0.51	0.314
	$P$	<0.001	<0.001	
ODI 评分/%	术前	73.73±3.96	73.79±4.09	0.961
	出院时	25.27±4.15	30.79±5.43	<0.001
	末次随访	10.67±2.31	11.71±2.71	0.118
	$P$	<0.001	<0.001	

表 4 两组患者手术前后影像学指标比较

指标	时间点	PE-PLIF 组 ( $n=30$ )	MIS-PLIF 组 ( $n=28$ )	$P$
椎间隙高度/mm	术前	9.75±1.97	9.69±1.70	0.554
	术后 6 个月	12.42±1.64	11.82±1.58	0.592
	末次随访	11.97±1.59	11.46±1.41	0.926
	$P$	<0.001	<0.001	
腰椎前凸角/(°)	术前	37.3±13.8	38.9±12.3	0.449
	术后 6 个月	37.2±8.0	36.2±9.9	0.244
	末次随访	38.4±6.9	40.2±9.2	0.387
	$P$	<0.001	<0.001	
Bridwell 融合分级	I / 例	15	16	0.841
	II / 例	12	10	
	III / 例	3	2	
	IV / 例	0	0	
Bridwell 融合分级	I / 例	27	26	0.698
	II / 例	3	2	
	III / 例	0	0	
	IV / 例	0	0	

## 2.4 两组患者手术前后影像学指标比较

两组患者影像学指标见表4,与术前相比,术后6个月和末次随访时,两组患者椎间隙高度及腰椎前凸角均改善,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。两组患者间各时间点比较椎间隙高度和腰椎前凸角,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。术后6个月时部分患者已达到椎间隙融合良好,与末次随访时比较两组患者Bridwell融合分级均无显著差异,相应时间点两组患者间Bridwell融合分级的差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。

## 3 讨论

随着外科医生越来越重视对软组织的保护和微创技术,早在2002年,由Foley和Lefkowitz发表了MIS-TLIF技术,减少了椎旁软组织的损伤,减少术中出血量,减轻术后腰部疼痛,加快了术后恢复,与传统融合手术疗效相当<sup>[8,14-15]</sup>。随着脊柱内镜技术不断发展,经皮内镜后路腰椎融合术的安全性和有效性得到验证<sup>[10,16-17]</sup>,其通过减少组织损伤和术中术后的失血量而加快术后康复<sup>[10]</sup>。有文献报道,与MIS-TLIF相比,PE-TLIF可显著降低术中术后的失血量<sup>[18]</sup>,损伤小,有利于康复<sup>[19]</sup>。脊柱内镜手术受益于水介质和视野的成倍放大,保证了手术视野的清晰度,呈现了组织原有的色彩,易于解剖辨认。PE-PLIF与MIS-PLIF均采用改良的PLIF手术,较传统的后路开放PLIF手术减少了棘突旁肌肉的剥离,保留了后方韧带复合体,保留部分关节突关节。从生物力学的角度分析,在椎间未融合前,内固定系统对抗旋转方向应力的作用较弱,而保留部分关节突关节可增强融合节段椎间限制旋转的作用,进而降低内固定失败风险<sup>[20-21]</sup>。而MIS-PLIF手术需将减压侧置钉切口相连扩大切口(见图2(j)),在通道辅助下联合冷光源进行椎管减压视野较小,切口内为空气介质,手术视野清晰度差,需适时调整通道位置,处理椎间隙时需助手用神经拉钩牵拉保护硬膜囊及神经根,且无法直视下处理软骨终板,仅凭手感和经验。PE-PLIF手术无须扩大植钉切口(见图1(f)),可在患侧下位椎弓根钉切口内置入内镜操作,运用可视电锯技术进行椎管的减压,全程在水介质中视野清晰,椎管内工作通道可隔绝硬膜囊及神经根,无需助手帮忙,全程可视处理椎间隙及软骨终板(见图1(e)),使软骨终板的处理更加彻底,利于植骨融合,一般需植入可撑开的Cage,但植入Cage时无法直视,需多次透视确认深度。

本研究发现两组患者在出院时腰腿痛VAS评分及ODI评分,PE-PLIF组均优于MIS-PLIF组,可能原因为MIS-PLIF手术减压侧切口较大,且可扩张通道长时间对腰部肌肉撑开牵拉,造成腰部肌肉的损伤,导致术后腰痛增加。PE-PLIF组术中持续的生理盐水介质灌注冲洗,减少了神经周围炎性因子的聚集,降低了术后的神经反应,减轻术后腿痛症状,加快了腰椎

功能恢复。与MIS-PLIF组相比,PE-PLIF组手术切口长度短、术中出血量少、术后引流量少、隐性失血量少、术后至下床时间短,但PE-PLIF组手术操作时间较MIS-PLIF组更长,结果显示并未增加切口愈合不良情况及术后下肢深静脉血栓的发生率。观察两组患者术后椎间隙高度、腰椎前凸角及椎间融合率无显著差异。本研究表明PE-PLIF组近期腰椎功能恢复更佳,远期临床疗效与MIS-PLIF组相当。以往研究也反映Endo-LIF具有较长的手术时间,Son等<sup>[22]</sup>报告称Endo-LIF手术时间较MIS-TLIF长。He等<sup>[10]</sup>报告称PE-PLIF较Open-PLIF手术时间更长。

如何提高PE-PLIF手术减压、植骨、融合的效率并缩短手术时间,笔者认为应关注以下三个方面:1)镜下解剖结构的辨认:大多数退变性腰椎疾病存在关节突关节增生、内聚,椎间隙塌陷,椎板窗缩小,遮挡原有的解剖结构,不利于镜下解剖结构的辨认,容易迷失方向,基于此因素,本研究中PE-PLIF组患者均将通道放置在症状侧下位椎弓根螺钉切口内操作,以椎弓根螺钉为参照,利于周围解剖结构辨认。2)保证镜下视野的清晰度:影响镜下视野清晰度的因素主要有患者的血压、通道的进水压、镜下精准的止血。积极控制患者围手术期血压,在术中保证重要器官灌注的前提下尽可能保持较低的血压。根据视野的清晰度,适时调整进水压。对预处理的组织可进行预止血,在椎管外操作时可增大射频电极的功率,在椎管内处理椎间盘时,可先将周围静脉丛止血,注意此时调低射频电极功率,避免对神经根造成热损伤。此外,术前、术中可用氨甲环酸静脉滴注降低血红蛋白丢失,减少术中、术后失血量,且不增加血栓形成的风险<sup>[23-24]</sup>。3)椎间隙的处理:全可视下处理椎间隙是内镜下融合手术的优势,但镜下器械有别于开放融合手术器械,需反复多次地熟悉。在处理上下软骨终板时,镜下见少许点状渗血保留骨性终板为最佳,椎间隙深度可处理至前纵韧带,保证足够的植骨床利于融合。

本研究也有一些局限性:这是一项回顾性研究,存在选择偏倚的风险;样本量较少,因此未能显示并发症发生率的差异;放射学参数测量可能存在观察者间偏差;此外,整体随访时间较短,后期需持续随访。

PE-PLIF手术较MIS-PLIF手术损伤更小、出血量少、术后恢复快、近期腰椎功能恢复更佳,远期疗效相当。虽然PE-PLIF手术具有一定挑战性,表现为较长的手术时间,但其可减少组织损伤和手术失血,值得临床开展应用。同时,需要不断的技术改进提升效率,并通过更多的严谨的临床研究来评估PE-PLIF的优势和成本效益。

## 参考文献

[1] GUO H Y, GUO M K, WAN Z Y, et al. Emerging evi-

- dence on noncoding-RNA regulatory machinery in intervertebral disc degeneration: a narrative review[J]. *Arthritis Research & Therapy*, 2020, 22(1): 270.
- [2] VOS T, LIM S S, ABBAFATI C, et al. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019[J]. *The Lancet*, 2020, 396(10258): 1204–1222.
- [3] XIN J G, WANG Y J, ZHENG Z, et al. Treatment of intervertebral disc degeneration[J]. *Orthopaedic Surgery*, 2022, 14(7): 1271–1280.
- [4] BAHAR M E, HWANG J S, AHMED M, et al. Targeting autophagy for developing new therapeutic strategy in intervertebral disc degeneration[J]. *Antioxidants*, 2022, 11(8): 1571.
- [5] FENTON-WHITE H A. Trailblazing: the historical development of the posterior lumbar interbody fusion (PLIF)[J]. *The Spine Journal*, 2021, 21(9): 1528–1541.
- [6] HE L M, FENG H Y, MA X, et al. Percutaneous endoscopic posterior lumbar interbody fusion for the treatment of degenerative lumbar diseases: a technical note and summary of the initial clinical outcomes[J]. *British Journal of Neurosurgery*, 2024, 38(3): 573–578.
- [7] KANG M S, YOU K H, CHOI J Y, et al. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion using the biportal endoscopic techniques versus microscopic tubular technique[J]. *The Spine Journal*, 2021, 21(12): 2066–2077.
- [8] GE D H, STEKAS N D, VARLOTTA C G, et al. Comparative analysis of two transforaminal lumbar interbody fusion techniques: open TLIF versus wiltse MIS TLIF[J]. *Spine*, 2019, 44(9): E555–E560.
- [9] BADLANI N, YU E, KREITZ T, et al. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF)[J]. *Clinical Spine Surgery: A Spine Publication*, 2020, 33(2): 62–64.
- [10] HE L M, CHEN K T, CHEN C M, et al. Comparison of percutaneous endoscopic and open posterior lumbar interbody fusion for the treatment of single-segmental lumbar degenerative diseases[J]. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2022, 23(1): 329.
- [11] NIE J W, HARTMAN T J, ZHENG E, et al. Postoperative clinical outcomes in patients undergoing MIS-TLIF versus LLIF for adjacent segment disease[J]. *Acta Neurochirurgica*, 2023, 165(7): 1907–1914.
- [12] HEEMSKERK J L, OLUWADARA AKINDURO O, CLIFTON W, et al. Long-term clinical outcome of minimally invasive versus open single-level transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative lumbar diseases: a meta-analysis[J]. *The Spine Journal*, 2021, 21(12): 2049–2065.
- [13] KREINER D S, HWANG S W, EASA J E, et al. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of lumbar disc herniation with radiculopathy[J]. *The Spine Journal*, 2014, 14(1): 180–191.
- [14] SORIANO SÁNCHEZ J A, SORIANO SOLÍS S, SOTO GARCÍA M E, et al. Radiological diagnostic accuracy study comparing Lenke, Bridwell, BSF, and CT-HU fusion grading scales for minimally invasive lumbar interbody fusion spine surgery and its correlation to clinical outcome[J]. *Medicine*, 2020, 99(21): e19979.
- [15] PRABHU M C, JACOB K C, PATEL M R, et al. History and evolution of the minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion[J]. *Neurospine*, 2022, 19(3): 479–491.
- [16] JIANG C, YIN S, WEI J M, et al. Full-endoscopic posterior lumbar interbody fusion with epidural anesthesia: technical note and initial clinical experience with one-year follow-up[J]. *Journal of Pain Research*, 2021, 14: 3815–3826.
- [17] SHEN X, ZHANG P, CHENG Q H, et al. Early result of percutaneous full-endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion in the treatment of single-level lumbar degenerative diseases: a retrospective study[J]. *Neurosurgical Review*, 2024, 47(1): 115.
- [18] GE M, ZHANG Y, YING H, et al. Comparison of hidden blood loss and clinical efficacy of percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion[J]. *International Orthopaedics*, 2022, 46(9): 2063–2070.
- [19] CHEN H, ZHENG G D, BIAN Z Y, et al. Comparison of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion and endoscopic lumbar interbody fusion for lumbar degenerative diseases: a retrospective observational study[J]. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 2023, 18(1): 389.
- [20] 李珂, 曹帅, 张琼弛, 等. 腰椎融合后腰椎活动度对植入物生物力学影响的有限元分析[J]. *中国组织工程研究*, 2024, 28(36): 5747–5752.
- [21] 葛志林, 何嘉辉, 程招军, 等. 内镜下不同入路腰椎融合术对腰椎生物力学效能影响的有限元分析[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2024, 34(6): 620–628.
- [22] SON S, YOO B R, LEE S G, et al. Full-endoscopic versus minimally invasive lumbar interbody fusion for lumbar degenerative diseases: a systematic review and meta-analysis[J]. *Journal of Korean Neurosurgical Society*, 2022, 65(4): 539–548.
- [23] LOTAN R, LENGENOVA S, RIJINI N, et al. Intravenous tranexamic acid reduces blood loss in multilevel spine surgeries[J]. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 2023, 31(4): e226–e230.
- [24] BAI J Z, ZHANG P, LIANG Y, et al. Efficacy and safety of tranexamic acid usage in patients undergoing posterior lumbar fusion: a meta-analysis[J]. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2019, 20(1): 390.