

单侧双通道内镜腰椎融合术治疗 I 度腰椎滑脱的初步研究*

宋鑫 镐英杰** 任志楠 于磊 朱广铎 周威威

(郑州大学第一附属医院骨科, 郑州 450052)

【摘要】 目的 比较单侧双通道内镜腰椎融合术(unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion, ULIF)和微创经椎间孔入路腰椎融合术(minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF)治疗 I 度腰椎滑脱的疗效。**方法** 回顾性分析 2019 年 5 月~2021 年 3 月 56 例 I 度腰椎滑脱资料,其中 ULIF 28 例, MIS-TLIF 28 例,2 组年龄、性别、滑脱节段及滑脱类型差异无统计学意义($P>0.05$)。比较 2 组围术期指标、临床疗效以及影像学参数。**结果** 与 MIS-TLIF 组相比, ULIF 组术中出血少($P<0.001$),术后腰痛 VAS 评分和 ODI 降低更多($P<0.05$)。末次随访 2 组椎间融合率和改良 MacNab 标准优良率差异无统计学意义($P>0.05$)。2 组滑脱率和 L_1 椎体轴到 S_1 椎体的距离术后显著下降(均 $P<0.001$),腰椎前凸角和滑脱角术后显著升高(均 $P<0.001$),2 组间差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 相较于 MIS-TLIF, ULIF 治疗 I 度腰椎滑脱具有术中出血量少,手术切口小,术后腰痛恢复快等优势,可有效减少滑脱程度,改善腰椎矢状位平衡。

【关键词】 腰椎滑脱; 内镜; 腰椎融合术

文献标识:A 文章编号:1009-6604(2022)10-0814-06

doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2022.10.009

Preliminary Study of Unilateral Biportal Endoscopic Lumbar Interbody Fusion for the Treatment of Grade I Lumbar Spondylolisthesis Song Xin, Hao Yingjie, Ren Zhinan, et al. Department of Orthopedics, First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China

Corresponding author: Hao Yingjie, E-mail: haojack77@126.com

【Abstract】 Objective To compare the clinical efficacy of unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion (ULIF) and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF) in the treatment of grade I lumbar spondylolisthesis. **Methods** A retrospective analysis was performed on 56 patients with grade I lumbar spondylolisthesis admitted from May 2019 to March 2021, including 28 patients treated with ULIF and 28 patients with MIS-TLIF. There were no significant differences in age, gender, slippage segment and type of spondylolisthesis between the two groups ($P>0.05$). The perioperative indicators, clinical efficacy and imaging parameters were compared between the two groups. **Results** Compared with the MIS-TLIF group, the ULIF group had less intraoperative bleeding ($P<0.001$), and the VAS score of low back pain and ODI in the ULIF group after surgery were significantly lower than those in the MIS-TLIF group ($P<0.05$). At the final follow-up, there were no significant differences in the fusion rate and the excellent and good rate of modified MacNab criteria between the two groups ($P>0.05$). The slip percentage (SP) and L_1 axis and S_1 distance (LASD) in both groups were significantly decreased after surgery than those before surgery ($P<0.001$), and the lumbar lordosis (LL) and slip angle (SA) in both groups were significantly increased after surgery than those before surgery ($P<0.001$), without significant differences between the two groups ($P>0.05$). **Conclusions** Compared with MIS-TLIF, ULIF has advantages of less intraoperative blood loss, smaller surgical incision and faster recovery of low back pain at early period after operation. It can effectively reduce the degree of spondylolisthesis and improve the sagittal balance of lumbar spine.

【Key Words】 Lumbar spondylolisthesis; Endoscope; Lumbar interbody fusion

* 基金项目:河南省医学科技攻关计划省部共建项目(SB201903001)

** 通讯作者, E-mail: haojack77@126.com

腰椎滑脱症是相邻两椎体间发生相对滑移,主要指上位椎体向前滑移。伴有慢性持续性腰痛、下肢痛或间歇性跛行者需要行减压融合手术,通过椎管减压、滑脱椎体复位和椎间融合内固定,改善症状并恢复脊柱骨盆力线。腰椎滑脱的常规手术为开放式椎板切除和融合术,对肌肉组织破坏多,需要广泛切除椎板,进行椎管减压并处理神经和椎间盘组织,会增加术后慢性腰痛及肌肉萎缩的风险^[1],术后并发症发生率高,目前仅在严重腰椎滑脱时关节突间和椎体后方韧带间张力较大复位困难时使用^[2]。微创经椎间孔入路腰椎融合术(minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF)因软组织损伤小、失血少及术后恢复快而广泛应用于低度腰椎滑脱的治疗^[3],但同样需要暴露椎旁肌和椎板,对椎旁肌及椎板的破坏仍较大^[3,4]。1996 年 De Antoni 等^[5]报道单侧双入路内镜技术,2017 年 Heo 等^[6]将此技术命名为单侧双通道内镜技术(unilateral biportal endoscopic technique, UBE 技术)并使用此技术完成镜下腰椎融合,取得良好结果。UBE 技术在椎体一侧建立观察通道和操作通道,通过椎板间入路完成椎管减压及椎间融合,具有镜下视野宽阔、器械使用灵活等独特优势^[1]。我院 2015 年开始行 MIS-TLIF,2018 年开始行单侧双通道内镜腰椎融合术(unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion, ULIF)。本研究回顾性分析 2019 年

5 月~2021 年 3 月 56 例 I 度腰椎滑脱资料,其中 ULIF 和 MIS-TLIF 各 28 例,随访时间 1 年以上,评估 2 种方法治疗 I 度腰椎滑脱的疗效。

1 临床资料与方法

1.1 一般资料

本组 56 例,男 18 例,女 38 例。年龄 48~79 岁,(55.5±10.7)岁。无下肢症状 3 例;单侧下肢疼痛、麻木 26 例,单侧下肢间歇性跛行 8 例;双侧下肢疼痛、麻木 10 例,双侧下肢间歇性跛行 9 例。直腿抬高试验单侧阳性 22 例,双侧阳性 8 例。均行腰椎 MRI、CT、腰椎正侧位及动力位 X 线检查,确定腰部及下肢疼痛由责任节段引起,L_{3/4} 节段 2 例,L_{4/5} 节段 42 例,L₅/S₁ 节段 12 例,均为 I 度腰椎滑脱。伴腰椎间盘突出 21 例,中央型 5 例,旁中央型 14 例,椎间孔型 2 例;伴椎管狭窄 25 例,中央椎管狭窄 19 例,侧隐窝狭窄 6 例。

纳入标准:①单节段腰椎滑脱,影像学与症状、体征相符合,保守治疗 3 个月无效;②Meyerding 分级^[7]为 I 度滑脱(移位小于下位椎体长度的 25%)。

排除标准:既往有腰椎手术史。

术前对患者讲解 2 种术式的优缺点及可能出现的并发症,由患者选择术式,行 ULIF 和 MIS-TLIF 各 28 例。2 组性别、年龄、手术节段及滑脱类型差异无统计学意义($P>0.05$),见表 1,有可比性。

表 1 2 组一般资料比较($n=28$)

组别	年龄(岁)	性别		下肢症状			滑脱类型		手术节段		
		男	女	无	单侧	双侧	峡部裂	退变	L _{3/4}	L _{4/5}	L ₅ /S ₁
ULIF	54.7±10.0	10	18	1	19	8	7	21	1	22	5
MIS-TLIF	56.3±11.6	8	20	2	15	11	5	23	1	20	7
$t(\chi^2)$ 值	$t=-0.556$	$\chi^2=0.327$		$\chi^2=1.278$			$\chi^2=0.424$		$\chi^2=0.429$		
P 值	0.580	0.567		0.528			0.515		0.807		

1.2 手术方法

2 组手术均由同一术者完成。
ULIF 组:全麻,俯卧位,两侧胸腹部垫空使腹部悬空,C 臂机透视定位手术间隙及双侧椎弓根,并于体表标记。常规消毒,以切口为中心铺单为“U”形,保证灌洗液顺利流出术区。于各椎弓根内置入导丝(图 1A),症状较重侧上下椎弓根投影处向外做横切口,术者左侧为观察通道,右侧为操作通道(图 1B),切口长度分别为 1 cm 和 2 cm。分层切开皮肤、皮下、深筋膜,使用剥离器钝性分离棘突及椎板

表面的肌肉组织。连接内镜系统(德国 KARL STORZ 公司,IMAGE1 S 摄像系统)后使用射频刀头进一步暴露,使用骨刀去除部分椎板、下关节突及上关节突内侧部(图 1C、D),使用髓核钳彻底取出髓核组织,铰刀铰除椎间组织(图 1E),刮除软骨终板,于椎间植入自体骨粒及同种异体骨条,置入融合器(上海锐植医疗器械有限公司双平面可撑开融合器,国械注准 20173464726)(图 1F)。置入椎弓根螺钉,安装连接棒及顶丝,拧紧尾端顶丝,提拉上位椎体复位并拧紧头端顶丝固定。再次探查硬膜及双

侧神经根无明显受压,透视钉棒及融合器位置满意。留置引流管,消毒并缝合切口。

MIS-TLIF 组:麻醉和体位同 ULIF 组。腰背部手术节段症状较重侧旁正中切口长约 3 cm,分层切开皮肤、皮下、深筋膜,用手指钝性分离多裂肌间隙直至触及关节突。于各椎弓根内置入导丝,减压侧逐级放置 Quadrant 通道系统(美国美敦力公司),切除部分椎板、关节突关节及黄韧带,充分暴露并保护硬膜及神经根。减压及置入融合器、钉棒同 ULIF 组,器械均为脊柱外科常规器械。

1.3 术后处理和观察指标

术后 2 天根据引流量情况拔除引流管(<50 ml/24 h),佩戴腰部支具下地活动。术后 3~5 天复查腰椎正侧位 X 线片及腰椎 CT(图 2),术后 3 个月、半年及 1 年复查腰椎 X 线片。

围术期指标:手术时间,术中出血量(用吸引量、冲洗量、灌洗量计算),并发症。

疗效指标:术前、术后 2 周、术后 3 个月及末次随访时腰痛、腿痛的视觉模拟评分(Visual Analogue Scale, VAS)、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry Disability Index, ODI),末次随访时改良 MacNab 标准疗效评价。

影像学指标:采用站立位腰椎 X 线片。①测量腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)、滑脱角(slip angle, SA)、滑脱率(slip percentage, SP)、 L_1 椎体轴到 S_1 椎体的距离(L_1 axis and S_1 distance, LASD)^[8]。对于 LASD, L_1 铅垂线位于 S_1 椎体后角前方时数值为正,反之为负。对于 LL 和 SA,前凸时数值为正,反之为负。②末次随访时椎间隙融合情况以 Bridwell 椎间融合分级标准^[9]进行分级,Ⅰ、Ⅱ级为融合,无法确定时做腰椎 CT 评估融合情况。

1.4 统计学方法

使用 SPSS24.0 软件进行统计学分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间比较使用独立样本 t 检验,2 组不同时间点 VAS 评分、ODI、LL、SA、SP、LASD 比较使用重复测量方差分析。计数资料比较使用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 组围术期指标比较

2 组围术期指标比较见表 2,ULIF 组手术时间长,但术中出血少($P < 0.001$)。ULIF 组 1 例术后

右下肢力量轻微下降(右侧股四头肌肌力 4 级),给予营养神经治疗及直腿抬高锻炼,术后 15 天恢复正常。MIS-TLIF 组 1 例术后右下肢一过性麻木,无明显活动障碍,保守治疗 1 个月后明显好转。2 组均无严重并发症发生。

2.2 2 组疗效指标比较

2 组随访结果比较见表 2。末次随访 MacNab 标准:ULIF 组优 21 例,良 5 例,可 2 例;MIS-TLIF 组优 19 例,良 5 例,可 4 例。2 组优良率差异无统计学意义($P > 0.05$)。末次随访 Bridwell 椎间融合分级:ULIF 组Ⅰ级 10 例,Ⅱ级 15 例,Ⅲ级 3 例;MIS-TLIF 组Ⅰ级 13 例,Ⅱ级 13 例,Ⅲ级 2 例。2 组融合率差异无统计学意义($P > 0.05$)。

2 组 VAS 评分和 ODI 比较见表 3。2 组腰痛、腿痛 VAS 评分和 ODI 术后均显著下降(均 $P < 0.001$),ULIF 组腰痛 VAS 评分和 ODI 较 MIS-TLIF 组下降更多($P < 0.05$)。

2.3 2 组影像学指标比较

2 组影像学指标比较见表 4,2 组 SP 和 LASD 术后显著下降(均 $P < 0.001$),LL 和 SA 术后显著升高(均 $P < 0.001$)。2 组间差异无统计学意义($P > 0.05$)。

3 讨论

近年兴起的 ULIF 技术在多种脊柱外科疾病中应用,尤其对合并严重椎管狭窄或需要进行双侧减压者具有独特优势。本研究中,ULIF 和 MIS-TLIF 治疗Ⅰ度腰椎滑脱,围手术期均无血肿、神经根损伤、血管损伤或感染等严重并发症发生,术后腿痛和腰痛症状均较术前得到明显缓解,改良 MacNab 标准优良率和椎间融合率 2 组差异均无统计学意义,表明 ULIF 技术安全有效。而 ULIF 组在术中出血量、腰痛 VAS 评分和 ODI 方面明显优于 MIS-TLIF 组,表明 ULIF 具有手术创伤小、恢复快等优势。

SP 和 LASD 是评估不同融合技术对于滑脱复位的理想指标。LASD 通常作为脊柱矢状位平衡参数,代表脊柱负重轴。LASD 异常增高者易发生腰椎滑脱或滑脱程度加重,术后残余 LASD 较高者常伴有严重的腰痛^[10]。有效的滑脱复位可以改善脊柱矢状位平衡,同时矫正椎管、侧隐窝及椎间孔狭窄,达到间接减压神经根的目的,从而改善腰腿痛症状^[11]。本研究中,2 组术后 SP 及 LASD 均较术前减少,2 组间差异均无统计学意义,表明 ULIF 可有效

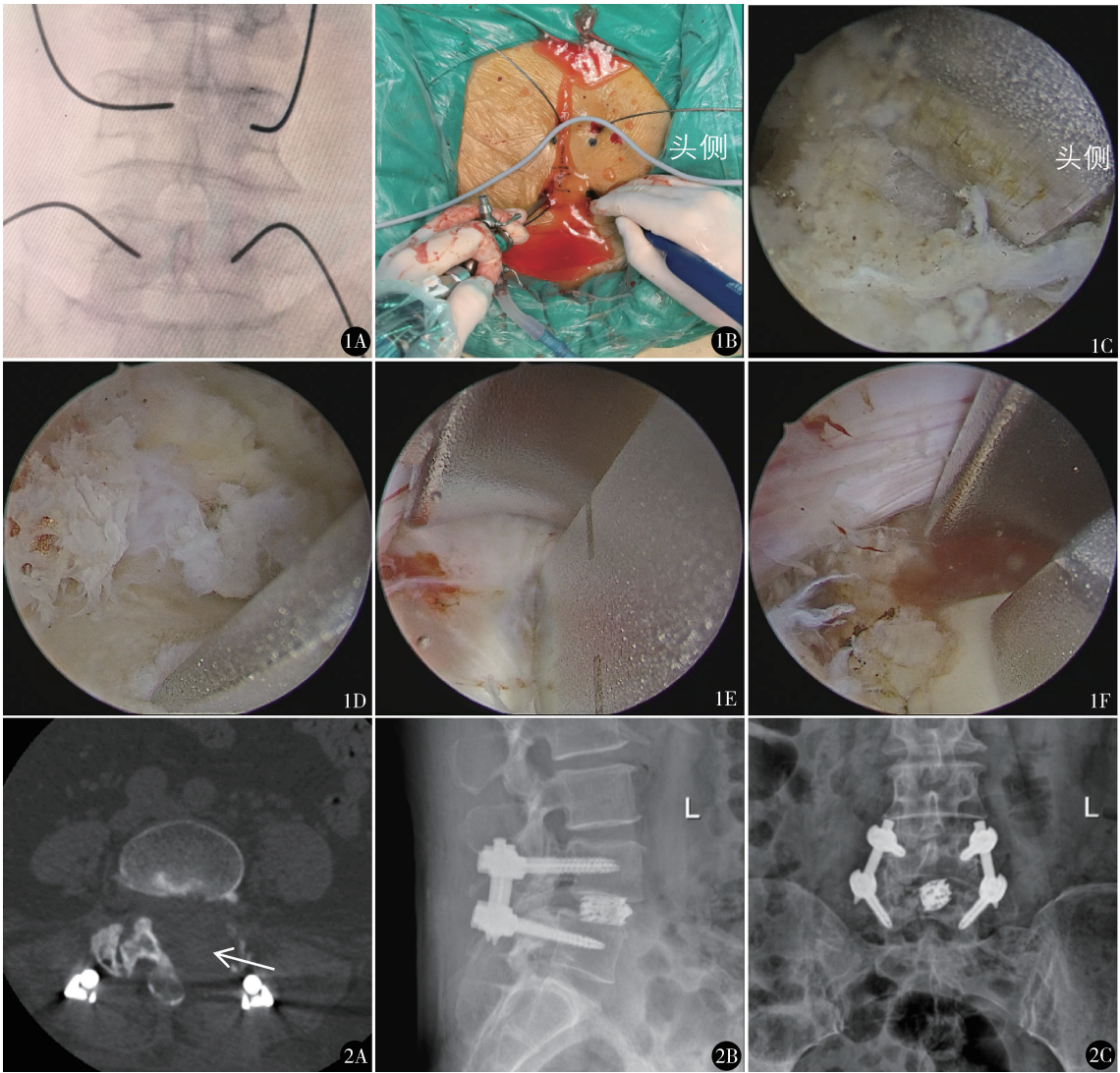


图 1 ULIF 术中操作:A. 透视定位手术间隙及双侧椎弓根后经皮预置钉道;B. 放置内镜及等离子射频;C. 骨刀去除下关节突及部分椎板下缘;D. 骨刀去除上关节突内侧部;E. 铗除髓核组织;F. 置入融合器 图 2 ULIF 术后 3 天影像学资料:A. 轴位骨窗 CT 提示椎管减压充分,局部骨质缺损;B、C. 正侧位 X 线提示滑脱复位,内固定位置良好

表 2 2 组围术期指标和随访结果比较 (n = 28)

组别	手术时间 (min)	术中出血量 (ml)	随访时间 (月)	MacNab 标准优良率	Bridwell 椎间融合率
ULIF	144.0 ± 24.7	52.4 ± 10.6	14.1 ± 1.5	92.9% (26/28)	89.3% (25/28)
MIS-TLIF	109.0 ± 28.4	136.0 ± 15.0	14.3 ± 1.4	85.7% (24/28)	92.9% (26/28)
t(χ ²) 值	t = 4.920	t = -24.065	t = -0.633	χ ² = 0.187	χ ² = 0.000
P 值	0.000	0.000	0.529	0.666	1.000

矫正滑脱,降低滑脱进展的风险,恢复脊柱矢状位平衡。

LL 和 SA 与术后腰痛及恢复快慢有关。LL 与患者恢复快慢呈正相关^[10]。恢复 LL 可降低腰腿痛和邻椎病的发生率^[12]。植入前高后低的融合器可恢复融合节段前凸角,从而恢复腰椎前凸角。本研

究中,2 组术后 LL 及 SA 均较术前增加,2 组间差异均无统计学意义,表明 ULIF 可有效恢复 LL 和 SA,预防滑脱进展及邻椎病发生。

传统开放手术是治疗腰椎滑脱的有效方法,但手术造成的肌肉和韧带损伤会导致术后慢性腰痛及腰背肌功能恢复差。肌肉去神经支配和萎缩可引起

表 3 2 组 VAS 评分和 ODI 比较 (n = 28)

项目	组别	术前	术后 2 周	术后 3 个月	末次随访
腰痛 VAS	ULIF	6.2 ± 1.2	2.9 ± 1.1	2.5 ± 1.1	1.9 ± 1.0
	MIS-TLIF	6.6 ± 1.3	4.3 ± 1.0	3.0 ± 1.3	2.0 ± 1.0
	F, P 值	组间: F = 4.629, P = 0.036; 时间: F = 11892.531, P = 0.000; 组间 * 时间: F = 251.806, P = 0.000			
腿痛 VAS	ULIF	6.1 ± 1.2	3.1 ± 1.3	2.4 ± 1.4	1.8 ± 1.0
	MIS-TLIF	6.3 ± 1.1	3.3 ± 1.2	2.6 ± 1.3	2.0 ± 1.1
	F, P 值	组间: F = 0.258, P = 0.614; 时间: F = 11109.020, P = 0.000; 组间 * 时间: F = 0.465, P = 0.536			
ODI(%)	ULIF	63.1 ± 6.9	30.6 ± 3.89	21.8 ± 5.7	13.8 ± 4.6
	MIS-TLIF	64.01 ± 5.4	39.2 ± 4.0	24.4 ± 6.4	15.5 ± 4.9
	F, P 值	组间: F = 6.284, P = 0.015; 时间: F = 14644.974, P = 0.000; 组间 * 时间: F = 98.784, P = 0.000			

表 4 2 组影像学参数比较 (n = 28)

项目	组别	术前	术后 3 天	末次随访
SP(%)	ULIF	16.8 ± 4.9	4.3 ± 2.2	4.5 ± 1.7
	MIS-TLIF	16.2 ± 5.1	4.5 ± 1.6	4.5 ± 1.5
	F, P 值	组间: F = 0.051, P = 0.821; 时间: F = 330.246, P = 0.000; 组间 * 时间: F = 0.242, P = 0.676		
LASD(mm)	ULIF	20.6 ± 13.0	11.4 ± 17.7	13.3 ± 14.8
	MIS-TLIF	14.6 ± 13.1	7.1 ± 12.2	8.9 ± 10.9
	F, P 值	组间: F = 2.570, P = 0.115; 时间: F = 12.205, P = 0.000; 组间 * 时间: F = 0.140, P = 0.840		
LL(°)	ULIF	45.8 ± 8.4	51.4 ± 9.0	51.9 ± 9.4
	MIS-TLIF	44.2 ± 7.1	52.0 ± 8.3	49.5 ± 8.6
	F, P 值	组间: F = 0.289, P = 0.593; 时间: F = 51.168, P = 0.000; 组间 * 时间: F = 2.330, P = 0.102		
SA(°)	ULIF	5.5 ± 2.5	9.9 ± 3.7	9.7 ± 3.9
	MIS-TLIF	5.8 ± 4.3	10.2 ± 3.3	10.2 ± 3.5
	F, P 值	组间: F = 0.199, P = 0.657; 时间: F = 103.117, P = 0.000; 组间 * 时间: F = 0.039, P = 0.961		

SP:滑脱率;LASD:L₁ 椎体轴到 S₁ 椎体的距离;LL:腰椎前凸角;SA:滑脱角
以上参数,不同时点两两比较,术前 vs. 术后 3 天以及术前 vs. 末次随访均 P < 0.05,术后 3 天 vs. 末次随访均 P > 0.05

术后慢性腰痛^[13],术中减少肌肉损伤对术后康复极为重要。MIS-TLIF 技术可有效减少对后部肌肉韧带结构的损伤^[14]。我们开展的 MIS-TLIF 手术通过 Quadrant 通道系统进行,可在通道辅助下直视完成手术;缺点是通道过深且撑开器叶片无法隔开所有组织,影响手术视野,而且过度牵拉时容易导致局部肌肉缺血而影响术后恢复^[15]。ULIF 技术是一项改良的微创脊柱内镜技术,在腰背部一侧建立观察通道和操作通道,通过椎板间入路完成椎管减压及椎间融合,2 个通道互不干扰,操作灵活性高,视野宽阔,联合关节镜的术野放大功能,可有效提高手术安全性;镜下可使用脊柱外科常规手术器械,相较于常规内镜手术可提高手术效率^[16,17]。相较于 MIS-TLIF 技术,ULIF 技术切口小,保留的椎旁肌多^[18],在水压灌洗下出血更少^[19]。此外,术中可用射频刀对软组织进行止血,同时,因镜下视野宽阔,可减少对上关节突骨质的破坏,这也解释了 ULIF 组术中出血和术后腰痛 VAS 评分优于 MIS-TLIF 组的原因。

然而,与 MIS-TLIF 相比,ULIF 也有一定的局限性。首先,对于多节段脊柱滑脱或滑脱邻近节段伴有腰椎间盘突出、椎管狭窄者,镜下多次寻找手术标志点会耗费大量手术时间,从而增加手术风险,因此并不适用。其次,ULIF 的手术时间明显长于 MIS-TLIF,主要由于术中控制出血和调整术野的清晰度会增加手术时间。Chen 等^[20]的学习曲线研究显示,对于具有丰富脊柱内镜手术及开放手术经验的医生,约 24 例手术后可度过学习曲线,达到稳定的手术水平,并显著缩短手术时间。对于早期开展 UBE 技术的医生,可选择单侧症状、退变轻的病例。ULIF 可减少组织损伤,但需熟练应用 UBE 技术以避免手术时间过长造成的不良影响^[21]。

本研究存在一定的局限性,本研究主要评估 ULIF 和 MIS-TLIF 的手术创伤、脊柱参数恢复情况及近期临床结果,缺乏中长期随访数据综合评判该技术的安全性及有效性。

本研究结果显示,ULIF 是治疗 I 度腰椎滑脱的有效术式,可获得与 MIS-TLIF 相似的临床结果,同

时术中出血更少,术后恢复更快,最大程度保留脊柱正常解剖结构,是传统显微手术的替代方案。

参考文献

- 1 Xie X, Zhang G, Liu N. Clinical effect of unilateral biportal endoscopy in the treatment of lumbar diseases: a systematic review and meta-analysis. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne*, 2022, 17 (1): 61 – 68.
- 2 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 (C): e733 – e739.
- 3 Han Q, Meng F, Chen M, et al. Comparison between PE-TLIF and MIS-TLIF in the treatment of middle-aged and elderly patients with single-level lumbar disc herniation. *J Pain Res*, 2022, 15: 1271 – 1282.
- 4 Zhu L, Cai T, Shan Y, et al. Comparison of clinical outcomes and complications between percutaneous endoscopic and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative lumbar disease: a systematic review and meta-analysis. *Pain Physician*, 2021, 24 (6): 441 – 452.
- 5 De Antoni DJ, Claro ML, Poehling GG, et al. Translaminar lumbar epidural endoscopy: anatomy, technique, and indications. *Arthroscopy*, 1996, 12 (3): 330 – 334.
- 6 Heo DH, Son SK, Eum JH, et al. Fully endoscopic lumbar interbody fusion using a percutaneous unilateral biportal endoscopic technique: technical note and preliminary clinical results. *Neurosurg Focus*, 2017, 43 (2): E8.
- 7 方 璜, 刘鹏飞, 李国远, 等. 微创经椎间孔腰椎椎间融合术治疗 I、II 度腰椎滑脱症的临床效果. *局解手术学杂志*, 2021, 30 (9): 769 – 773.
- 8 苏 锴, 郭 营, 汤嘉军, 等. 微创经椎间孔腰椎体间融合术与传统开放手术对退变性腰椎滑脱症腰椎 – 骨盆矢状位参数的不同影响. *中国脊柱脊髓杂志*, 2014, 24 (3): 204 – 210.
- 9 尹 鹏, 海 涌, 杨晋才, 等. 经皮内镜下经椎间孔与传统后入路椎间融合术治疗伴有腰椎不稳的腰椎管狭窄症的疗效对比. *中国脊柱脊髓杂志*, 2021, 31 (3): 213 – 221.
- 10 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.
- 11 李新锋, 王 琨, 靳林煜. 椎间孔镜下神经根腹侧和背侧联合减压治疗高龄退变性腰椎滑脱伴神经根管狭窄症: 2 年以上随访报告. *中国微创外科杂志*, 2020, 20 (12): 1077 – 1082.
- 12 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.
- 13 Ao S, Zheng W, Wu J, et al. Comparison of Preliminary clinical outcomes between percutaneous endoscopic and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for lumbar degenerative diseases in a tertiary hospital: is percutaneous endoscopic procedure superior to MIS-TLIF? A prospective cohort study. *Int J Surg*, 2020, 76: 136 – 143.
- 14 孙芝城, 王锡阳. 退行性腰椎滑脱微创融合手术进展. *中国微创外科杂志*, 2019, 19 (5): 445 – 448.
- 15 Kim JE, Yoo HS, Choi DJ, et al. Comparison of minimal invasive versus biportal endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion for single-level lumbar disease. *Clin Spine Surg*, 2021, 34 (2): e64 – e71.
- 16 Kim SK, Kang SS, Hong YH, et al. Clinical comparison of unilateral biportal endoscopic technique versus open microdiscectomy for single-level lumbar discectomy: a multicenter, retrospective analysis. *J Orthop Surg Res*, 2018, 13 (1): 22.
- 17 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. *中国脊柱脊髓杂志*, 2021, 31 (11): 1026 – 1033.
- 18 Pranata R, Lim MA, Vania R, et al. Biportal endoscopic spinal surgery versus microscopic decompression for lumbar spinal stenosis: a systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg*, 2020, 138: e450 – e458.
- 19 Kang T, Park SY, Lee SH, et al. Assessing changes in cervical epidural pressure during biportal endoscopic lumbar discectomy. *J Neurosurg Spine*, 2020 Oct 30. Online ahead of print.
- 20 Chen L, Zhu B, Zhong HZ, et al. The Learning curve of unilateral biportal endoscopic (UBE) spinal surgery by CUSUM analysis. *Front Surg*, 2022, 9: 873691.
- 21 Park SM, Kim HJ, Kim GU, et al. Learning curve for lumbar decompressive laminectomy in biportal endoscopic spinal surgery using the cumulative summation test for learning curve. *World Neurosurg*, 2019, 122: e1007 – e1013.

(收稿日期: 2022 – 05 – 02)

(修回日期: 2022 – 08 – 25)

(责任编辑: 王惠群)