

ULIF 治疗腰椎退行性疾病的早期临床效果观察

马泽丰¹ 席创珍² 房晓敏^{3,4} 买若鹏^{3,4} 蔡利军^{3,4*}

1. 银川国龙骨科医院 宁夏银川 750001

2. 咸阳市中心医院 陕西咸阳 712000

3. 宁夏回族自治区人民医院 宁夏银川 750004

4. 宁夏医科大学第三临床医学院 宁夏银川 750004

摘要: 背景 单侧双通道内镜下腰椎融合术是一种新型内镜下微创脊柱融合手术方式, 近几年该术式在治疗腰椎退行性疾病方面得到应用, 但目前关于该手术方式的早期临床疗效、椎间融合及安全性的报道相对较少。目的 本研究旨在比较单侧双通道内镜下腰椎椎体间融合术 (Unilateral Biptoral Endoscopic Lumbar Interbody Fusion, ULIF) 与经椎间孔腰椎椎体间融合术 (Transforaminal Lumbar Interbody Fusion, TLIF) 治疗腰椎退行性疾病的早期临床疗效。方法 回顾性分析 2021 年 5 月–2023 年 1 月在宁夏回族自治区人民医院接受治疗的符合标准的 73 例腰椎退行性疾病患者的临床资料。将这些患者按照手术方式分为两组, 其中, ULIF 组 38 例, TLIF 组 35 例。ULIF 组和 TLIF 组患者在性别、年龄、身体质量指数 (Body Mass Index, BMI)、疾病类型、手术节段、随访时间等一般资料方面比较, 差异均无统计学意义 ($P < 0.05$), 具有可比性。两组术中比较指标有手术时间和术中失血量, 术后比较指标包括术后第一天的引流量和隐性失血量、引流管放置时间及术后住院时间, 以及比较两组患者术中和术后并发症的发生情况, 在疗效评价方面我们使用腰痛和下肢痛视觉模拟评分 (VAS), Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry Disability Index, ODI) 这三项指标, 分别在术前、术后 1 个月、术后 3 个月、术后 6 个月、术后 1 年时测量并进行比较, 在术后 1 年时改良 MacNab 标准评分评价疗效, 以及末次随访时使用 Bridwell 椎间融合标准评估两组患者椎间融合情况。结果 与 TLIF 组相比, ULIF 组手术时间更长, 但 ULIF 组术中失血量、术后第一天引流量、术后第一天隐性失血量、引流管放置时间以及患者术后住院时间均少于 TLIF 组, 差异均具有统计学意义 ($P < 0.05$)。两组术后各时间点的腰痛和下肢痛 VAS 评分及 ODI 评分均较术前改善, 在术后 1 月时, ULIF 组腰痛 VAS 评分低于 TLIF 组, ODI 评分低于 TLIF 组, 差异均具有统计学意义 ($P < 0.05$), 但两组下肢痛 VAS 评分差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。在术后 3 月、术后 6 月、以及术后 1 年时两组腰痛、下肢痛 VAS 评分及 ODI 评分比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。术后 1 年时两组 MacNab 评分比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。ULIF 组和 TLIF 组患者在末次随访时椎间融合率分别为 86.8% (33/38) 和 88.6% (31/35), 两组融合率比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。ULIF 组患者在术中及术后均未发生任何手术相关并发症, TLIF 组有两例术后并发症, 其中一例发生了下肢静脉血栓, 一例出现了浅表性伤口感染, 在术后并发症发生率方面两组间的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。结论 相对于开放 TLIF 手术, ULIF 手术在术中及术后出血、术后住院时间、术后早期疼痛和功能改善等多个方面都优于 TLIF 手术; 随着技术的进步, 手术过程的优化, 手术时间的缩短, 该术式在未来脊柱外科的发展中将会发挥更大的优势。

关键词: 腰椎退行性疾病; 单侧双通道内镜下腰椎融合术; 经椎间孔腰椎椎体间融合术; 隐性失血量

前言

腰椎退行性疾病是由腰椎间盘、关节软骨、小关节韧带退行性改变引起的腰部 and 下肢疼痛等一系列临床表现的疾病的总称, 是中老年人常见疾病之一, 也是最常见的致残原因之一^[1]。这些疾病导致的顽固性下腰痛、神经根性疼痛

以及间歇性跛行等一系列症状对患者的身心健康以及生活质量造成了严重影响^[2]。

对于顽固性疼痛、生活质量恶化、进行性神经功能缺损和非手术治疗失败的患者, 通常需要手术来治疗^[3-4], 腰椎椎体间融合术在治疗腰椎退行性疾病方面发挥着重要作用,

它可以做到完全减压、缓解疼痛、增强病变节段的融合，从而实现脊柱功能的重建，在保证手术安全性与有效性的基础上可以有效提高脊柱的稳定性，是一种成熟的技术^[5-6]。

早在 1996 年，单侧双通道内镜技术就被 De Antoni 等人^[7]报道，该术式采用观察和操作两个相互独立的通道显著提高了手术操作的灵活性和工作效率，近年来，随着微创技术与理论的快速发展，该技术越来越受到国内外医师的青睐，虽然与常规开放手术相比，内镜下腰椎融合技术具有损伤小、出血少、术后恢复快等优点，但脊柱内镜手术也存在视野有限、操作空间狭窄、学习曲线长等缺点，在长期疗效上与开放手术相比无明显差异；并且目前关于该手术方式的早期临床疗效、椎间融合及安全性的报道相对较少，因此，本研究通过比较单侧双通道内镜下经椎间孔腰椎椎体间融合术与经椎间孔腰椎椎体间融合术治疗腰椎退行性疾病的临床疗效，考察在术后早期 ULIF 手术是否更优于 TLIF 手术。

1 材料与方法

1.1 研究对象

本研究回顾分析了 2021 年 5 月 -2023 年 1 月在宁夏回族自治区人民医院接受 ULIF 和 TLIF 的 73 例患有腰椎退行性疾病的患者的临床资料。

1.1.1 纳入标准

- ①年龄 40 -80 岁；
- ②存在下肢放射性疼痛和 / 或神经源性间歇性跛行症状；
- ③术前正侧位及过伸、过屈位 X 线片以及 CT、MRI 检查提示存在明确的腰椎管狭窄伴或不伴退变性腰椎滑脱 (Meyerding I、II 度)；

- ④经保守治疗 4-6 周无效或症状加重；
- ⑤接受单节段或双节段 ULIF 或 TLIF 治疗；
- ⑥术后随访达 1 年以上且资料完整。

1.1.2 排除标准

- ①既往有腰椎手术史；
- ②合并其他脊柱疾病，如严重脊柱畸形 (冠状面 Cobb 角 $>25^{\circ}$)、强直性脊柱炎、感染、肿瘤、脊柱创伤或神经系统疾病；
- ③凝血功能异常的患者。

1.2 一般资料

1.2.1 ULIF 组

ULIF 组共 38 例，女性 28 例，男性 10 例；年龄 40-75 岁，

平均 61.34 ± 7.70 岁；BMI 为 $25.41 \pm 3.11 \text{ kg/m}^2$ ；平均随访时间为 14.2 ± 1.8 月。

1.2.2 TLIF 组

TLIF 组共 35 例，女性 26 例，男性 9 例；年龄 42-79 岁，平均 64.26 ± 9.27 岁；BMI 为 $24.73 \pm 3.11 \text{ kg/m}^2$ ；平均随访时间为 14.8 ± 1.4 月。

1.3 手术方式及术后管理

两种手术均在全身麻醉下进行，所有手术均由我院同一位资深外科医生主刀完成，在术后我们根据引流管的引流情况决定是否拔除，一般当 24 小时引流量在 50ml 以下时予以拔除，然后指导患者在腰部支具保护下下地活动，支具佩戴时间通常为 1 月。

1.3.1 手术方式

ULIF 手术主要过程如图 1 所示



A: 术前定位、标记; B: 术中铺单; C: C 臂机透视确定工作管道位置; D: 术中截除上关节突及下关节突骨质，取出后剔除软组织作为植骨材料; E: 术中椎间盘及终板处理; F: 镜下观察融合器植入位置

图 1 ULIF 手术过程

1.4 疗效评价指标

1.4.1 围手术期指标

收集手术时间、术中失血量、术后引流量，术前及术后 1 d 红细胞压积值、住院时间、引流管放置时间、以及术后并发症发生情况。

1.4.2 临床疗效评价指标

收集术前及术后 1 个月、3 个月、6 个月、1 年患者腰痛及下肢痛 VAS 评分、Oswestry 功能障碍指数 (ODI)；术后 1 年时使用改良 MacNab 量表评分来评估术后恢复情况。

1.4.3 临床实验室指标

将患者血容量乘以红细胞压积的变化计算真实总失血量。隐性失血量 = 真实总失血量 - 可见失血量 (术中失血量 + 术后引流量)^[8-9]。在该研究中，两组患者术前凝血功能各项指标均正常。

1.4.4 影像学评价指标

末次随访时患者行腰椎正、侧位 x 线片检查，使用 Bridwell 体间融合分级标准评估椎间融合情况，在该研究中，我们定义布里德韦尔体间融合分级标准 I 级和 II 级为融合，

III 级和 IV 级为非融合^[10-11]。

1.5 统计学方法

统计学方法：采用 SPSS26.0 统计软件进行分析。计量资料使用正态性检验，符合正态分布时用均数 ± 标准差来表示，采用独立样本 t 检验进行比较；计数资料用频率或百分比表示，比较采用 χ^2 /Fisher 精确检验进行。当 $p < 0.05$ 时被认为具有统计学意义。

1.6 伦理申明

该研究方案经宁夏回族自治区人民医院伦理委员会批准。伦理批号：伦理【2023】-LL-036。

2 结果

共有 73 名符合纳入标准的患者被纳入本研究，其中，ULIF 组 38 例，TLIF 组 35 例，ULIF 组和 TLIF 组在性别、年龄、身体质量指数、疾病类型、手术节段、随访时间等一般资料方面比较，差异均无统计学意义（ $P > 0.05$ ），具有可比性，如表 1 所示。

表 1 ULIF 组和 TLIF 组患者一般资料与比较

	ULIF (n=38)	TLIF (n=35)	χ^2/t	P 值
性别（例，男/女）	10/28	9/26	0.003	0.953
年龄（岁）	61.84 ± 6.28	64.57 ± 7.06	-1.748	0.085
BMI（kg/m ² ）	25.41 ± 3.11	24.73 ± 3.11	0.926	0.358
病种			0.637	0.727
腰椎管狭窄症	15	16		
腰椎管滑脱症	15	14		
腰椎间盘突出症	8	5		
手术节段（例）			0.023	0.989
L4-L5	24	22		
L5-S1	9	8		
L4-S1	5	5		
平均随访时间（月）	14.2 ± 1.8	14.8 ± 1.4	-1.580	0.119

2.1 围手术期指标

与 TLIF 组相比，ULIF 组手术时间更长，但 ULIF 组引流管放置时间、术后住院天数均少于 TLIF 组，差异均具有统计学意义（ $P < 0.05$ ），两组患者术前血容量比较差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ），但术中失血量、术后第一天引流量、术后第一天隐性失血量 ULIF 组均少于 TLIF 组，差异均有统计学意义（ $P < 0.05$ ），如表 2 所示。

表 2 ULIF 组和 TLIF 组患者围手术期资料与比较

	ULIF (n=38)	TLIF (n=35)	t	P 值
血容量 (ml)	4034 ± 408	3991 ± 347	0.487	0.628
术中出血 (ml)	104 ± 11	185 ± 44	-10.537	< 0.001
术后第一天引流量 (ml)	67.83 ± 33.05	110.37 ± 38.95	-4.703	< 0.001

术后第一天隐性出血 (ml)	305 ± 95	360 ± 136	-2.016	0.048
引流管放置时间(天/d)	2.07 ± 0.64	2.91 ± 0.85	-4.469	< 0.001
手术时间 (min)	180 ± 48	140 ± 38	3.925	< 0.001
住院时间 (天)	4.6 ± 1.7	6.5 ± 2.1	-4.142	< 0.001

表 3 ULIF 组和 TLIF 组患者术前及术后临床疗效评价指标、术后并发症发生率及影像学评价指标比较

	ULIF (n=38)	TLIF (n=35)	χ^2/t	P 值
VAS（下肢痛）				
术前	7.08 ± 1.05	6.94 ± 0.80	0.618	0.538
术后 1 月	4.18 ± 0.96	4.31 ± 0.80	-0.629	0.531
术后 3 月	2.76 ± 0.88	2.71 ± 0.83	0.244	0.808
术后 6 月	1.95 ± 1.04	1.97 ± 0.92	-0.104	0.917
术后 1 年	1.82 ± 0.67	1.91 ± 0.59	-0.607	0.546
VAS（腰痛）				
术前	6.71 ± 0.98	6.77 ± 1.00	-0.262	0.794
术后 1 月	4.03 ± 0.79	4.54 ± 0.61	-3.111	0.003
术后 3 月	3.21 ± 0.91	3.51 ± 0.82	-1.500	0.138
术后 6 月	2.32 ± 0.78	2.37 ± 0.77	-0.307	0.759
术后 1 年	1.98 ± 0.48	2.12 ± 0.39	-1.361	0.178
ODI				
术前	65.37 ± 7.03	65.06 ± 8.15	0.175	0.862
术后 1 月	40.08 ± 8.37	46.71 ± 7.75	-3.507	0.001
术后 3 月	28.13 ± 6.34	30.83 ± 7.21	-1.701	0.093
术后 6 月	19.66 ± 5.47	21.94 ± 7.94	-1.441	0.154
术后 1 年	16.65 ± 4.88	17.37 ± 4.16	-0.676	0.502
术后并发症	0%（0/38）	5.71%（2/35）		0.226*
改良 MacNab（术后 1 年）				
优	35(92.1%)	30(85.7%)		0.468*
良	3（7.9%）	5（14.3%）		
术后融合评分				
I 级	13（34.2%）	12（34.3%）	0.126	1.000*
II 级	20（52.6%）	19（54.3%）		
III 级	5（13.2%）	4（11.4%）		
IV 级	0（0%）	0（0%）		
融合率	86.8%（33/38）	88.6%（31/35）		1.000*

*Fisher 精确检验

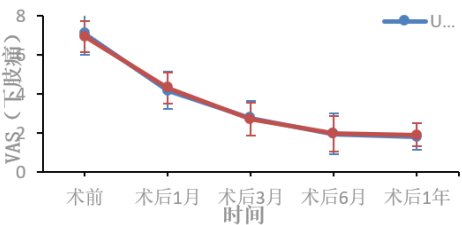


图 2 ULIF 组与 TLIF 组术前及术后 1 月、3 月、6 月、1 年下肢痛 VAS 评分比较

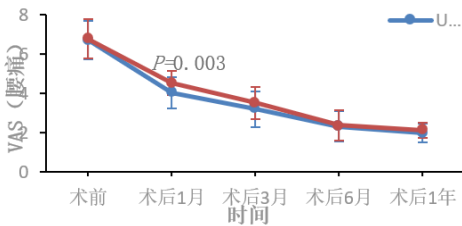


图 3 ULIF 组与 TLIF 组术前及术后 1 月、3 月、6 月、1 年腰痛 VAS 评分比较

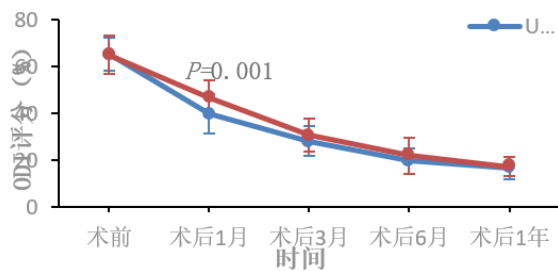


图 4 ULIF 组与 TLIF 组术前及术后 1 月、3 月、6 月、1 年 ODI 评分比较

2.2 影像学评价指标

两组患者在末次随访时行腰椎正、侧位 X 线片检查, 采用 Bridwell 体间融合分级标准来评估椎间融合情况, ULIF 组融合率为 86.8%, TLIF 组融合率 88.6%, ULIF 组和 TLIF 组在融合分级及融合率上差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 如表 3 所示。

在本研究中我们报道了两例融合病例: 病例 1 为一例接受腰 4-5TLIF 治疗的 60 岁女性患者, 如图 5 所示; 病例 2 为一例接受腰 4-5ULIF 治疗的 50 岁女性患者, 如图 6 所示。

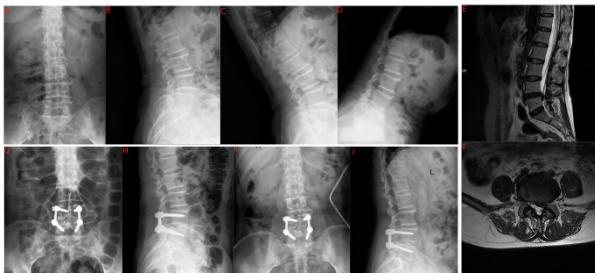


图 5 TLIF 患者, 女, 60 岁, 腰 4-5 椎间盘突出

A-D: 患者术前腰椎正侧位及过伸过屈位 X 线片; E、F: 术前 MRI 矢状位及横断位提示 L4-5 椎间盘突出, 继发椎管狭窄, 左侧神经根受压明显; G、H: 患者术后第一天腰椎正位及侧位 X 线片; I、J: 患者术后 1 年腰椎正侧位, 椎间融合良好。

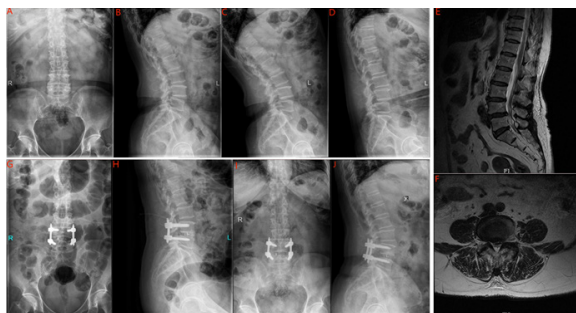


图 6 ULIF 患者, 女, 50 岁, 腰 4 椎体滑脱

A-D: 患者术前腰椎正侧位及过伸过屈位 X 线片, 可见腰 4 椎体前滑 1° ; E、F: 术前 MRI 矢状位及横断位提示腰 4 椎体前滑, 继发 L4-5 椎管狭窄; G、H: 患者术后第一天腰椎正位及侧位 X 线片滑脱复位良好; I、J: 患者术后 1 年腰椎正侧位, 椎间融合良好。

2.3 并发症发生情况及发生率

ULIF 组术中及术后均未出现手术并发症, TLIF 组有两例出现手术并发症, 一例为浅表伤口感染, 一例为下肢肌肉静脉血栓形成, 给与常规对症治疗后均得到好转。ULIF 组手术并发症发生率为 0, TLIF 组手术并发症发生率为 5.71%, 两组患者手术并发症发生率比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 如表 3 所示。

3 讨论

腰椎融合手术不仅可以实现神经结构的永久减压, 还可以为手术节段提供稳定。TLIF 作为后方入路的代表术式之一, 已经有大量报道显示该手术方式在治疗腰椎退行性疾病时适应症广泛, 并且取得了满意的临床结果, 但较大的组织损伤和出血也是它们的缺点所在。单侧双通道内镜下腰椎融合术的出现填补了这方面的不足, 但作为一种新兴技术在早期临床疗效、融合效果及安全性上仍需考量。

本研究结果显示, 在手术时间上, ULIF 组平均手术时间为 (180 ± 48) 分钟, TLIF 组平均手术时间为 (140 ± 38) 分钟, ULIF 组明显长于 TLIF 组。先前的研究也发现, 无论与 PLIF 手术相比, 还是 MIS-TLIF 手术相比, ULIF 手术的手术时间都较长 [5, 12-13]。我们分析导致 ULIF 手术时间较长的原因可能有以下几点: 1、该手术技术目前还不够成熟; 2、ULIF 手术在显微内镜下完成, 相对于开放手术操作更加精细, 在手术过程中因为通道的限制而延长了手术时间; 3、经皮椎弓根螺钉的植入也可能是导致 ULIF 手术时间过长的原因之一。当然, 也正是因为 ULIF 这种微创的手术方式对背部肌肉的牵拉少, 对组织的损伤更小, 使得术中出血、术后第一天引流量、术后第一天隐性失血量及引流管放置时间比 TLIF 组更少, 这可能也与 ULIF 手术过程中不断地盐水冲洗有关 [12]。

在我们的研究中, 术中失血量 ULIF 组为 (104 ± 11) ml, TLIF 组为 (185 ± 44) ml, 术后第一天隐性失血量 ULIF 组为 (305 ± 95) ml, TLIF 组为 (360 ± 136) ml, 可以看到不论是开放手术还是微创内镜手术, 术后隐性失血量都是远

远高于术中失血量的,郭思嘉等人^[9]的研究发现,目标水平的椎旁肌厚度和手术时间是 HBL 的独立危险因素,因此外科医生应注意 HBL 过度的风险,特别是椎旁肌组织较厚的患者,在术中应尽可能对肌肉组织进行止血。在我们的研究中尽管 ULIF 手术时间要远远长于 TLIF 手术,但术后隐性失血量 ULIF 组是明显低于 TLIF 组的,这也反映了 ULIF 手术对椎旁肌的损伤是远远小于 TLIF 手术的;同时我们还发现在 ULIF 手术中,我们只能做到对视野下的骨面进行止血,而在手术结束后无法对于通道旁的肌肉组织进行止血,这或许是 ULIF 手术术后隐性失血量较多的一个重要原因。

在术后 1 个月时,ULIF 组和 TLIF 组的腰痛 VAS 评分、下肢痛 VAS 评分和 ODI 评分都得到了明显改善,这说明 ULIF 手术在实现充分减压上可以达到和开放手术同样的效果,这与孔凡国^[14]等人的研究结果一致;值得注意的是,在我们的研究中,术后 1 月时 ULIF 组的腰痛 VAS 评分及 ODI 评分是明显低于 TLIF 组的,但在术后 3 个月、6 个月,及一年时两组间的腰痛 VAS 评分及 ODI 评分没有明显差异。有研究显示^[15],后路腰椎手术会导致多裂肌的损伤和萎缩,而多裂肌的萎缩率与术后腰痛和功能残疾显著相关,这也验证了我们的研究结果,相比于 TLIF 手术,ULIF 手术可有效减少对腰背部肌肉的损伤,尽管在术后 3 个月、6 个月及 1 年时两组间的腰痛 VAS 评分及 ODI 评分没有明显差异,但在术后 1 月时 ULIF 组患者腰痛 VAS 评分及 ODI 评分改善更为明显,这不仅仅增加了患者术后满意度,还有助于患者在术后早期进行功能锻炼及日常活动。

在我们的研究中,末次随访时 ULIF 组达到了 86.8% 的融合率,TLIF 组融合率为 88.6%,两组融合率无明显差异,并且两组术后 1 年时改良 MacNab 评分无明显差异,这说明 ULIF 手术是安全有效的,在保证微创的条件下同样可以达到和传统开放手术相同的融合效果和术后满意度。

关于单侧双通道内镜的并发症主要有硬脊膜撕裂、神经根损伤、硬膜外血肿、感染等[16-18]。在我们的研究中 ULIF 组患者在术中及术后均未出现上述及其他相关并发症,这可能一方面与我们的手术医生已从事多年脊柱内镜手术相关,另一方面本研究中病例数量相对较少。TLIF 组术后一例患者出现浅表伤口感染,给与多次换药及抗感染治疗后伤口愈合良好,一例为下肢肌间静脉血栓形成,给与常规抗凝治疗后好转。

相对于开放手术,微创手术已经在很多方面显示出了它的优势,内镜下腰椎融合术以其微创性为特征,可能进一步减少手术创伤^[19]。但内镜下腰椎融合术也存在一定的局限性,对于重度腰椎滑脱、严重脊柱畸形患者,内镜下腰椎融合术可能并不适用,此外,陡峭的学习曲线对于外科医生是一种挑战,因此外科医生需要通过长期的训练来克服学习曲线,从而缩短手术时间,减少手术并发症的发生,提高手术安全性,尽管我们也尝试了内镜下多节段融合手术,但手术时间过长是一个需要关注的问题,因此在其手术时间上没有明显改进前并不推荐实行这种内镜下多节段融合手术。内镜下腰椎融合术虽然在多个方面优于常规开放融合手术,但这并不代表开放手术应该被摒弃,它们之间不应该是一种取代关系,内镜下腰椎融合术应该是对腰椎融合术的一种补充方式,外科医生在术前应该综合各种手术方式的优缺点及患者的情况来决定手术方式。

本研究的不足主要有以下几方面:1、本研究样本量相对较少,所以研究结果不具备充分代表性;2、本研究随访时间较短,仅能反映术后早期内的手术疗效,对于患者的远期预后情况需要更长时间的随访来证实。

4 结论

综上所述,相对于开放 TLIF 手术,ULIF 手术在术中及术后出血、术后住院时间、术后早期疼痛和功能改善等多个方面都优于 TLIF 手术;随着技术的进步,手术过程的优化,手术时间的缩短,该术式在未来脊柱外科的发展中将会发挥更大的优势。

本研究得到“宁夏科技惠民项目-单侧双通道内镜技术(UBE)在脊柱退变性疾病阶梯化治疗中的临床应用及推广”项目的支持。(项目编号:2022CMG03043 项目负责人:蔡利军)

参考文献:

- [1] Heemskerk JL, Oluwadara Akinduro O, Clifton W, Quiñones-Hinojosa A, Abode-Iyamah KO. Long-term clinical outcome of minimally invasive versus open single-level transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative lumbar diseases: a meta-analysis. *Spine J.* 2021 Dec;21(12):2049-2065.
- [2] 江潮,黄永辉,左华,孙焱,孙继带.单侧双通道内镜下腰椎融合术与微创经椎间孔腰椎融合术治疗单节段腰椎管狭窄伴不稳症的早期临床疗效(J).中国医学科学院学

报,2022,44(04):563-569.

[3] Kang KB, Shin YS, Seo EM. Endoscopic Spinal Surgery (BESS and UESS) Versus Microscopic Surgery in Lumbar Spinal Stenosis: Systematic Review and Meta-Analysis. *Global Spine J.* 2022 Oct;12(8):1943-1955.

[4] Li Y, Gao SJ, Hu X, Lin SS. Comparison of efficacy between unilateral biportal endoscopic lumbar fusion versus minimally invasive transforaminal lumbar fusion in the treatment of lumbar degenerative diseases: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2023 Aug 25;102(34):e34705.

[5] Liu G, Liu W, Jin D, Yan P, Yang Z, Liu R. Clinical outcomes of unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion (ULIF) compared with conventional posterior lumbar interbody fusion (PLIF). *Spine J.* 2023 Feb;23(2):271-280. doi: 10.1016/j.spinee.2022.10.001. Epub 2022 Oct 15.

[6] Mobbs RJ, Phan K, Malham G, Seex K, Rao PJ. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. *J Spine Surg.* 2015 Dec;1(1):2-18.

[7] De Antoni DJ, Claro ML, Poehling GG, Hughes SS. Translaminar lumbar epidural endoscopy: anatomy, technique, and indications. *Arthroscopy.* 1996 Jun;12(3):330-4.

[8] Nadler SB, Hidalgo JH, Bloch T. Prediction of blood volume in normal human adults. *Surgery.* 1962 Feb;51(2):224-32.

[9] Guo S, Tan H, Meng H, Li X, Su N, Yu L, Lin J, An N, Yang Y, Fei Q. Risk factors for hidden blood loss in unilateral biportal endoscopic lumbar spine surgery. *Front Surg.* 2022 Aug 15;9:966197.

[10] Bridwell KH, Lenke LG, McEneaney KW, Baldus C, Blanke K. 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? *Spine (Phila Pa 1976).* 1995 Jun 15;20(12):1410-8.

[11] 郭兴, 黄宗强, 严鹏辉, 朱继文, 史超峰. 单侧双通道内镜下腰椎融合术治疗双节段腰椎间盘突出症的效果 (J). *河南医学研究*, 2023,32(08):1374-1379.

[12] Park MK, Park SA, Son SK, Park WW, Choi SH. Clinical and radiological outcomes of unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion (ULIF) compared with conventional posterior lumbar interbody fusion (PLIF): 1-year follow-up. *Neurosurg Rev.* 2019 Sep;42(3):753-761.

[13] Li Y, Gao SJ, Hu X, Lin SS. Comparison of efficacy between unilateral biportal endoscopic lumbar fusion versus minimally invasive transforaminal lumbar fusion in the treatment of lumbar degenerative diseases: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2023 Aug 25;102(34):e34705.

[14] 孔凡国, 周全, 乔杨, 王文举, 张昌盛, 潘其鹏, 朱卉敏. 单侧双通道内镜下与微创通道下经椎间孔腰椎间融合术治疗腰椎退行性疾病的疗效比较 (J). *中国修复重建外科杂志*, 2022,36(05):592-599.

[15] Hu ZJ, Fang XQ, Zhou ZJ, Wang JY, Zhao FD, Fan SW. Effect and possible mechanism of muscle-splitting approach on multifidus muscle injury and atrophy after posterior lumbar spine surgery. *J Bone Joint Surg Am.* 2013 Dec 18;95(24):e192(1-9).

[16] 宋鑫, 镐英杰, 任志楠, 于磊, 朱广铎, 周威威. 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 (J). *中国微创外科杂志*, 2022,22(10):814-819.

[17] Lee HG, Kang MS, Kim SY, Cho KC, Na YC, Cho JM, Jin BH. Dural Injury in Unilateral Biportal Endoscopic Spinal Surgery. *Global Spine J.* 2021 Jul;11(6):845-851.

[18] 王宁, 贝朝涌, 万健, 王洪岗. 单侧双通道脊柱内镜技术行腰椎间融合术学习曲线研究 (J). *中国修复重建外科杂志*, 2022,36(10):1229-1233.

[19] Pholprajug P, Kotheraanurak V, Liu Y, Kim JS. The Endoscopic Lumbar Interbody Fusion: A Narrative Review, and Future Perspective. *Neurospine.* 2023 Dec;20(4):1224-1245. doi: 10.14245/ns.2346888.444. Epub 2023 Dec 31.

作者简介:

马泽丰 (1998—), 男, 回族, 硕士研究生学历, 研究方向为脊柱骨科。

通讯作者: 蔡利军 (1977—), 男, 汉族, 硕士研究生学历, 研究方向为脊柱骨科。