

经皮内镜与微创经椎间孔腰椎间融合术治疗单节段退行性腰椎管狭窄的疗效对比*

刘兵兵 任志楠 张盼可 镐英杰**

(郑州大学第一附属医院骨科, 郑州 450052)

【摘要】 目的 对比经皮内镜经椎间孔腰椎间融合术(percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion, PE-TLIF)和微创经椎间孔腰椎间融合术(minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF)治疗退行性腰椎管狭窄症的疗效。**方法** 回顾性分析 2019 年 1 月~2020 年 6 月因单节段退行性腰椎管狭窄症行微创腰椎减压融合手术 47 例资料,依患者意愿选择手术方式,PE-TLIF 组 21 例,MIS-TLIF 组 26 例。比较 2 组手术指标,术后 3 天、3 个月、6 个月、12 个月腰腿痛视觉模拟评分(Visual Analogue Scale, VAS),术后 3、6、12 个月 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry Disability Index, ODI),术后 12 个月椎间融合情况,末次随访改良 MacNab 标准评价疗效。**结果** PE-TLIF 组术中出血量、术后引流量较 MIS-TLIF 组明显减少[(91.8 ± 13.6) ml vs. (115.2 ± 16.1) ml, $t = -5.311$, $P = 0.000$; (49.6 ± 11.5) ml vs. (99.6 ± 30.5) ml, $t = -7.698$, $P = 0.000$],但手术时间长[(150.9 ± 12.4) min vs. (101.0 ± 9.9) min, $t = 15.321$, $P = 0.000$]。2 组术后腰腿痛 VAS 评分及 ODI 较术前均明显下降($P = 0.000$),2 组间差异无统计学意义($P > 0.05$)。术后 12 个月 2 组均达到骨性融合。2 组术后并发症和优良率差异均无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 微创手术 PE-TLIF 和 MIS-TLIF 治疗单节段退行性腰椎管狭窄症的疗效相当,同样安全、有效,PE-TLIF 具有术中视野清晰、术中出血量少、术后早期腰痛程度轻的特点。

【关键词】 腰椎管狭窄症; 经皮内镜; 微创手术; 经椎间孔腰椎间融合术

文献标识: A 文章编号: 1009-6604(2022)07-0553-06

doi: 10.3969/j.issn.1009-6604.2022.07.005

Comparison of Efficacy of Percutaneous Endoscopic Transforaminal Lumbar Interbody Fusion and Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion in the Treatment of Degenerative Lumbar Spinal Stenosis Liu Bingbing, Ren Zhinan, Zhang Panke, 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 percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion (PE-TLIF) and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF) in the treatment of patients with degenerative lumbar spinal stenosis. **Methods** Clinical data of 47 patients with single-segment degenerative lumbar spinal stenosis diseases who underwent lumbar decompression fusion surgery from January 2019 to June 2020 were retrospectively analyzed. According to the patients' wishes, they were divided into the PE-TLIF group (21 cases) and the MIS-TLIF group (26 cases). The outcomes of the two groups were compared, including surgical indexes, Visual Analogue Scale (VAS) of lumbar and leg pain at 3 days, 3, 6, and 12 months after surgery, Oswestry Disability Index (ODI) at 3, 6, and 12 months after surgery, intervertebral fusion at 12 months after surgery, and the efficacy of modified MacNab criteria at the last follow-up. **Results** Compared with the MIS-TLIF group, the PE-TLIF group had less blood loss [(91.8 ± 13.6) ml vs. (115.2 ± 16.1) ml, $t = -5.311$, $P = 0.000$] and drainage volume [(49.6 ± 11.5) ml vs. (99.6 ± 30.5) ml, $t = -7.698$, $P = 0.000$], but longer operation time [(150.9 ± 12.4) min vs. (101.0 ± 9.9) min, $t = 15.321$, $P = 0.000$]. The VAS score of lumbar and leg pain and ODI in both groups were significantly lower after surgery

* 基金项目:河南省医学科技攻关计划项目(LHGJ20190292)

** 通讯作者, E-mail: haojack77@126.com

than preoperation (all $P=0.000$), and there were no significant differences between the two groups ($P>0.05$). Bone fusion was achieved in both groups at 12 months after surgery. There were no significant differences in postoperative complications and excellent and good rates between the two groups ($P>0.05$). **Conclusions** The minimally invasive surgery of PE-TLIF and MIS-TLIF have comparable efficacy for single-segment degenerative lumbar spinal stenosis, which are also safe and effective. PE-TLIF has the characteristics of clear intraoperative vision, less intraoperative bleeding, and mild degree of early postoperative low back pain.

【Key Words】 Lumbar spinal stenosis; Percutaneous endoscopy; Minimally invasive surgery; Transforaminal lumbar interbody fusion

腰椎管狭窄症的病因包括退行性、先天性、医源性、外伤性、代谢及内分泌疾病、感染性疾病、肿瘤、软骨疾病等^[1],其中退行性因素是常见类型。退行性腰椎管狭窄症(degenerative lumbar spinal stenosis, DLSS)常起始于椎间盘退变,继而出现椎间高度降低、局部失稳,进一步代偿性关节突增生、黄韧带增生肥厚,引起腰腿痛,典型症状为神经源性间歇性跛行,严重影响生活质量和社会功能^[2,3],存在严重腰腿痛和步行障碍或经积极保守治疗无效时应考虑手术治疗。椎管减压及椎间融合术是治疗 DLSS 的有效手术方式^[2,4],特别是对于存在腰椎不稳或退行性畸形者需要行腰椎减压融合,以获得长期稳定的疗效^[5]。传统的后路腰椎间融合术(posterior lumbar interbody fusion, PLIF)曾为腰椎管狭窄症的金标准^[6,7],微创经椎间孔腰椎间融合术(minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF)疗效良好,且手术创伤明显减小,术后恢复快,逐渐成为腰椎微创融合技术的标准方法^[8,9]。随着椎间孔镜技术的迅速发展,入路和器械不断改进,内镜下腰椎减压融合得以实现,经皮内镜经椎间孔腰椎间融合术(percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion, PE-TLIF)取得良好的效果^[10,11]。本研究回顾性分析 2019 年 1 月~2020 年 6 月微创手术治疗的单节段退行性腰椎管

狭窄症资料,病历及随访资料完整共 47 例,其中 PE-TLIF 21 例, MIS-TLIF 26 例,比较二者的疗效。

1 临床资料与方法

1.1 一般资料

纳入标准:①严重腰腿痛[视觉模拟评分(Visual Analogue Scale, VAS)>4 分]和间歇性跛行(步行距离<200 m),严格保守治疗 6 个月以上无效,单侧或双侧下肢症状,且症状、体征与影像学资料相符;②术前影像学检查证实单节段退行性腰椎管狭窄,腰椎动力位 X 线提示存在腰椎不稳或Ⅱ度及以下滑脱。

排除标准:①腰椎感染、肿瘤及骨折病史;②严重脊柱畸形、侧弯;③Ⅱ度(不包括)以上腰椎滑脱;④腰椎开放手术史;⑤骨质疏松(骨密度 T 值<-2.5)。

共纳入 47 例,男 22 例,女 25 例。年龄 40~72 岁, (58.3 ± 7.4) 岁。单侧下肢症状 27 例,双侧下肢症状 20 例。手术节段 L_{4/5} 28 例, L₅/S₁ 19 例。术前充分与患者沟通,说明 2 种术式各自优缺点及可能的并发症,依其意愿选择手术方式, PE-TLIF 组 21 例, MIS-TLIF 组 26 例, 2 组一般资料具有可比性,见表 1。

表 1 2 组一般资料的比较

组别	年龄(岁)	性别		体重指数	手术节段		下肢症状	
		男	女		L _{4/5}	L ₅ /S ₁	单侧	双侧
PE-TLIF($n=21$)	58.9 ± 7.7	11	10	24.89 ± 1.91	14	7	13	8
MIS-TLIF($n=26$)	57.8 ± 7.2	11	15	25.01 ± 1.75	14	12	14	12
$t(\chi^2)$ 值	$t=0.480$	$\chi^2=0.473$		$t=-0.228$	$\chi^2=0.793$		$\chi^2=0.309$	
P 值	0.634	0.491		0.821	0.373		0.579	

1.2 手术方法

2 组手术均由同一组医师完成,术者为主任医师,

2019 年前完成 MIS-TLIF 手术上千例,内镜下减压手术 400 余例, PE-TLIF 手术 8 例。

PE-TLIF:使用上海锐植公司直径 13 mm 脊柱内镜系统,经皮椎弓根螺钉和可撑开融合器(高度调节范围 7~14 mm)。全麻,俯卧位,轻度屈髋、屈膝。在 C 臂机透视下标记目标椎间隙及上下位双侧椎弓根和棘突中线。手术方法^[11]:克氏针经皮锚定责任间隙上关节突,透视确认克氏针及导丝位置满意。于穿刺点做切口长约 1.5 cm,逐级套筒扩张,位置满意后放置内镜。内镜直视下环锯、磨钻切除该侧关节突关节,显露术侧黄韧带并切除,可见受压硬膜及神经根,套筒保护下切除对侧内聚上关节突及部分黄韧带,充分减压对侧神经根。大工作套筒保护硬膜,镜下旋开神经根后射频预止血,切开纤维环。固定工作套筒,铰刀旋转绞除髓核,再放置内镜,髓核钳取出绞碎的髓核组织,刮匙刮除椎间隙上下软骨板;取出软骨终板及残余髓核组织,处理完成后见骨性终板渗血良好,腹侧前纵韧带完整,探查硬膜囊搏动良好,神经根松弛;更换植骨通道,保护神经根,椎间隙自体骨粒植骨,置入填满自体骨的可撑开融合器,初步撑开融合器,透视确认融合器位置良好;完全撑开融合器,镜下确认融合器与椎体后缘及神经根及硬膜的距离理想,神经根无受压,硬膜搏动良好,椎管内无活动性出血。经皮置入椎弓根螺钉并用钛棒连接,冲洗后放置引流管并固定。

MIS-TLIF:使用美国 Medtronic 公司 Quadrant 可扩张通道,内固定和融合器同 PE-TLIF。全麻,俯卧位,轻度屈膝、屈髋。透视标记责任间隙上下双侧椎弓根位置。双侧上下椎弓根连线切口约 3 cm,自多裂肌最长肌间隙分离,置入逐级扩张套管,放置可扩张 Quadrant 通道撑开,固定自由臂,连接冷光源,显露责任间隙关节突关节,透视确认无误后于各椎弓根内放置导丝,透视确定导丝位置良好。切除上位腰椎棘突根部、下关节突,下位腰椎增生的上关节突及黄韧带,充分暴露硬膜及神经根并用神经拉钩牵向对侧,探查椎间盘并清理向后方突出的髓核组织,将椎间隙的髓核组织彻底取出,刮匙刮除软骨终板,冲洗椎间隙,见骨性终板均匀渗血,于椎间置入自体骨粒及融合器。经导丝拧入双侧椎弓根螺钉,钛棒连接。透视确认内固定物位置良好,探查见硬膜颜色恢复正常,活动良好,双侧神经根松弛。盐水冲洗切口,切口旁戳孔放置引流管并固定。

1.3 术后处理

术后预防感染、消肿及支持治疗 2 d。术后 1~2 d 引流量 <50 ml/24 h 拔除引流管,复查腰椎正侧位片及 CT,确认内固定位置良好后,可佩戴支具坐起或下地活动,术后 3 周开始行腰背肌锻炼。支具佩戴 3 个月。

1.4 观察指标

从住院病历及门诊随访病历中提取数据,包括手术时间、术中出血量、术后切口引流量、术后住院时间及术后并发症。术后随访 12 个月,对比 2 组术前和术后 3 天、3 个月、6 个月、12 个月腰腿痛 VAS 评分,术前和术后 3、6、12 个月 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry Disability Index, ODI),以及随访期内并发症和再手术情况。术后 12 个月复查 CT 采用 Bridwell 法^[12]评价椎间融合情况:Ⅰ级,椎间隙完全融合,可见骨小梁重建;Ⅱ级,融合间隙无变化,但无透明带出现;Ⅲ级,融合间隙无变化,出现透明带;Ⅳ级,未融合,伴有椎间隙塌陷和吸收。Ⅰ、Ⅱ级为椎间骨性融合。末次随访采用改良 MacNab 标准计算优良率。

1.5 统计学方法

采用 SPSS25.0 软件进行分析。计数资料比较采用 χ^2 检验。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组比较采用独立样本 *t* 检验,不同时间点比较采用重复测量方差分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

PE-TLIF 组术中出血量、术后引流量较 MIS-TLIF 组少,但手术时间长($P < 0.05$,表 2)。2 组术后腰腿痛 VAS 评分及 ODI 较术前均明显下降($P = 0.000$),2 组间差异无统计学意义($P > 0.05$,表 3)。术后 12 个月,根据 Bridwell 标准,2 组均骨性融合,PE-TLIF 组Ⅰ级融合 8 例,Ⅱ级融合 13 例;MIS-TLIF 组Ⅰ级融合 10 例,Ⅱ级融合 16 例。末次随访改良 MacNab 标准,PE-TLIF 组优、良、可、差分别为 15、4、2、0 例,MIS-TLIF 组分别为 18、7、1、0 例,2 组优良率差异无统计学意义($P > 0.05$,表 2)。2 组各 1 例术后短期下肢麻木,经 2 周脱水、营养神经药物治疗后消失;MIS-TLIF 组 1 例表浅切口感染,经抗感染、清创换药后愈合,2 组并发症发生率差异无统计学意义($P > 0.05$,表 2)。典型 PE-TLIF 影像见图 1。

表 2 2 组手术指标的比较

组别	手术时间 (min)	术中出血量 (ml)	术后引流量 (ml)	术后住院 时间(d)	并发症	随访时间 (月)	优良率
PE-TLIF(<i>n</i> = 21)	150.9 ± 12.4	91.8 ± 13.6	49.6 ± 11.5	6.1 ± 0.7	1	14.3 ± 1.7	90.5% (19/21)
MIS-TLIF(<i>n</i> = 26)	101.0 ± 9.9	115.2 ± 16.1	99.6 ± 30.5	6.6 ± 1.1	2	15.0 ± 2.1	96.2% (25/26)
<i>t</i> (χ^2) 值	<i>t</i> = 15.321	<i>t</i> = -5.311	<i>t</i> = -7.698	<i>t</i> = -2.005	χ^2 = 0.000	<i>t</i> = -1.181	χ^2 = 0.037
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.000	0.051	1.000	0.244	0.848

表 3 2 组术前及术后 VAS 评分、ODI 的比较($\bar{x} \pm s$)

项目	组别	术前	术后 3 天	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 12 个月
腰痛 VAS(分)	PE-TLIF(<i>n</i> = 21)	5.67 ± 0.73	3.33 ± 0.48	2.29 ± 0.72	1.57 ± 0.57	0.86 ± 0.57
	MIS-TLIF(<i>n</i> = 26)	6.00 ± 0.80	3.81 ± 0.69	2.19 ± 0.69	1.58 ± 0.50	0.88 ± 0.52
	统计值	时间: <i>F</i> = 695.24, <i>P</i> = 0.000; 组间: <i>F</i> = 1.957, <i>P</i> = 0.169; 组间 * 时间: <i>F</i> = 2.039, <i>P</i> = 0.091				
腿痛 VAS(分)	PE-TLIF(<i>n</i> = 21)	7.67 ± 0.73	3.14 ± 0.57	2.10 ± 0.54	1.48 ± 0.51	0.81 ± 0.51
	MIS-TLIF(<i>n</i> = 26)	7.65 ± 0.70	3.19 ± 0.57	2.08 ± 0.48	1.50 ± 0.49	0.81 ± 0.49
	统计值	时间: <i>F</i> = 1352.397, <i>P</i> = 0.000; 组间: <i>F</i> = 0.007, <i>P</i> = 0.936; 组间 * 时间: <i>F</i> = 0.036, <i>P</i> = 0.997				
ODI(%)	PE-TLIF(<i>n</i> = 21)	78.67 ± 5.70	—	43.52 ± 6.16	27.42 ± 5.90	15.14 ± 3.72
	MIS-TLIF(<i>n</i> = 26)	79.31 ± 6.04	—	42.23 ± 6.41	25.92 ± 6.46	14.38 ± 3.88
	统计值	时间: <i>F</i> = 2701.855, <i>P</i> = 0.000; 组间: <i>F</i> = 0.283, <i>P</i> = 0.598; 组间 * 时间: <i>F</i> = 0.808, <i>P</i> = 0.492				

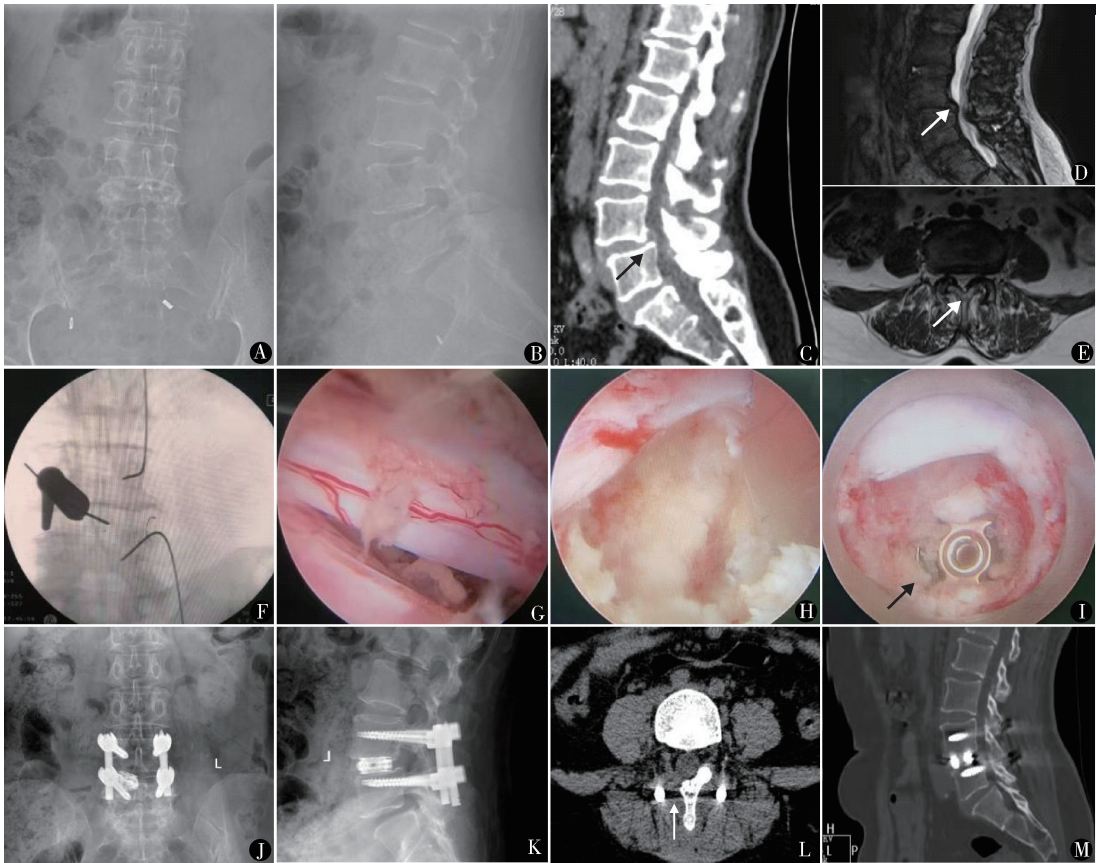


图 1 患者女,57 岁,L_{4/5} 退行性腰椎管狭窄症行 PE-TLIF:A、B. 术前腰椎正侧位 X 线片显示 L_{4/5} 退行性滑脱 I 度;C、D、E. 术前腰椎 CT、MRI 示 L_{4/5} 失稳,混合型椎间盘突出并椎管狭窄;F. 内镜通道置入位置;G. 椎板减压后镜下视野,神经根清晰可见;H、I. 椎间隙处理后骨性终板均匀渗血,融合器置入位置满意;J、K. 术后 12 个月腰椎正侧位 X 线片显示 L_{4/5} 骨性融合,内固定满意;L、M. 术后 12 个月腰椎 CT 显示 L_{4/5} 骨性融合,椎管减压范围充足,椎管容积明显增大

3 讨论

传统 PLIF 治疗腰椎管狭窄症临床应用广泛,但由于椎旁肌、棘突韧带复合体损伤以及大范围椎板减压,术后可出现椎旁肌萎缩以及腰痛,影响手术效果^[13]。经通道的 MIS-TLIF 技术可在更小切口下进行单侧入路双侧减压,对椎旁肌肉损伤小,保留棘突韧带复合体,出血量少,可更早下地活动,并发症发生率低,治疗腰椎退行性疾病可获得良好的中远期疗效^[14,15]。MIS-TLIF 采用经肌间隙入路,在减少肌肉损伤方面有一定优势。本组采用可扩张通道,在显露时可能对皮肤及椎旁肌有一定挤压,特别是对于肥胖的患者,由于手术视野深,可能出现切口皮肤坏死和肌肉萎缩;在寻找进针点时与开放手术相似,易损伤脊神经背内侧支,引起术后腰痛及椎旁肌萎缩。

经皮穿刺技术可明显减小脊神经背内侧支损伤可能^[16]。随着脊柱内镜技术的不断发展,尤其是 TESSYS 技术的引入,经皮椎间孔镜(percutaneous transforaminal endoscopic discectomy, PTED)技术不仅可以治疗腰椎间盘突出症,而且可以通过 PTED 技术对腰椎管狭窄进行充分减压,内镜下椎管减压技术治疗腰椎管狭窄症逐渐用于临床^[17]。陈路等^[18]报道 78 例 PE-TLIF 治疗退行性腰椎滑脱合并腰椎管狭窄,随访时间(15.3 ± 3.6)月,VAS 评分、ODI 较术前明显改善,椎体滑移距离缩小,硬膜囊横断面积增加,根据 Bridwell 椎间融合标准,术后 12 个月 I 级融合 71 例,II 级融合 7 例。杨国志等^[19]对比开放 TLIF 和 PE-TLIF 治疗 DLSS 各 20 例,认为 PE-TLIF 不仅能兼顾有效性,同时手术创伤更小,术后患者恢复更快,且不增加手术相关并发症。

本研究 PE-TLIF 组通过经皮内镜技术对椎管内进一步减压,水介质下手术视野清晰,硬膜囊、神经根层次清楚,直视下利用通道保护处理椎间隙,减小神经损伤的可能,手术安全性高,保障终板处理效果,椎间融合率高。椎间融合选用中空并前凸 4° 的金属可撑开椎间融合器(内部可填塞自体骨),可撑开融合器具有以下优势^[20]:①置入融合器时其处于收缩状态,置入过程更安全,置入后撑开可以很好地恢复椎间隙高度;②融合器自带前凸角,更符合椎间隙生理曲度;③金属材质稳定性好,能在早期提供坚强的支撑效果,增加术后早期腰椎稳定性。但

Chang 等^[21]认为可撑开融合器有增加终板塌陷可能,但目前尚无生物力学结论证明其观点。

本研究结果显示,对于单节段退行性腰椎管狭窄,在缓解腰腿痛、恢复日常功能及腰椎融合等方面,PE-TLIF 能够取得与 MIS-TLIF 技术相似的临床效果。PE-TLIF 组术后早期腰痛程度更轻,其原因可能是:①对椎旁肌肉损伤更小;②内镜下水介质中手术视野清晰,直视下精准减压,结合经皮置钉技术,进一步减小对脊神经背内侧支损伤可能。在融合率、术后长期疼痛缓解(VAS 评分)及功能障碍评价(ODI)上,2 组总体疗效均令人满意,两者无显著性差异。但 PE-TLIF 组由于开展时间较短,操作空间小,手术步骤较多,技术难度相对较高,故而手术时间更长,相信随着技术的不断完善,熟练程度的提高,手术时间将不断缩短,进而可适用于 2 个及以上节段的病例。

根据手术经验,我们建议:①在 PE-TLIF 手术时先置入经皮椎弓根螺钉导丝并固定,再进行经皮内镜下减压融合,一方面减压后置钉增大了神经损伤的可能,另一方面导丝可以作为参照,避免减压过多,损伤椎弓根;②病例选择方面,由于 PE-TLIF 对侧减压明显增加手术时间,早期建议选择单侧症状患者。在手术并发症方面,2 组各 1 例一过性下肢麻木,可能因为处理椎间隙时保护神经根时的牵拉;MIS-TLIF 组 1 例表浅切口感染,考虑该患者肥胖,视野较深,扩张通道对脂肪组织挤压引发脂肪液化,切口不愈合导致感染。

PE-PLIF 技术的局限性:①III 度椎体滑脱及椎间隙丢失严重者不建议应用;②放置铰刀、刮匙制备植骨床时以及放置融合器时处于通道保护下进行,并未达到内镜全程监视;③技术难度相对较高,术者需要具备一定数量脊柱内镜减压经验积累,同时需要配备相应的手术工具。

综上所述,PE-TLIF 技术治疗单节段退行性腰椎管狭窄具有疗效可靠、创伤小、术后康复快等优点,且并发症发生率低,值得临床推广应用。但该技术难度较高,特别是早期开展时需要严格把握手术适应证。本研究为单中心回顾性研究,样本量较少,随访时间较短,尚待积累更多病例,同时对现有病例保持长期随访,进一步观察其远期疗效。

参考文献

1 Binder DK, Schmidt MH, Weinstein PR. Lumbar spinal stenosis. *Semin Neurol*,2002,22(2):157-166.

2 Forsth P, Olafsson G, Carlsson T, et al. A randomized, controlled trial of fusion surgery for lumbar spinal stenosis. *N Engl J Med*,2016,374(15):1413-1423.

3 Deyo RA, Mirza SK, Martin BI, et al. Trends, major medical complications, and charges associated with surgery for lumbar spinal stenosis in older adults. *JAMA*,2010,303(13):1259-1265.

4 Resnick DK, Choudhri TF, Dailey AT, et al. Guidelines for the performance of fusion procedures for degenerative disease of the lumbar spine. Part 17: bone growth stimulators and lumbar fusion. *J Neurosurg Spine*,2005,2(6):737-740.

5 腰椎管狭窄症手术治疗规范中国专家共识组. 腰椎管狭窄症手术治疗规范中国专家共识(2014年). *中华医学杂志*,2014,94(35):2724-2725.

6 Farrokhi MR, Yadollahikhaless G, Gholami M, et al. Clinical outcomes of posterolateral fusion vs. posterior lumbar interbody fusion in patients with lumbar spinal stenosis and degenerative instability. *Pain Physician*,2018,21(4):383-406.

7 王中华, 刘 林. 微创经椎间孔腰椎椎体间融合术中融合器的应用进展. *中国微创外科杂志*,2020,20(7):639-643.

8 Zhao Y, Zhu Y, Zhang H, et al. Comparison of bilateral versus unilateral decompression incision of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion in two-level degenerative lumbar diseases. *Int Orthop*,2018,42(12):2835-2842.

9 Kim JS, Jung B, Lee SH. Instrumented minimally invasive spinal-transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF): minimum 5-year follow-up with clinical and radiologic outcomes. *Clin Spine Surg*,2018,31(6):E302-E309.

10 Ahn Y, Oh HK, Kim H, et al. Percutaneous endoscopic lumbar foraminotomy: an advanced surgical technique and clinical outcomes. *Neurosurgery*,2014,75(2):124-133.

11 杨晋才, 海 涌, 丁 一, 等. 经皮内镜辅助下经椎间孔腰椎减压融合术治疗腰椎管狭窄症. *中华医学杂志*,2018,98(45):3711-3715.

12 Bridwell KH, Lenke LG, McEnery KW, et al. 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)*, 1995,20(12):1410-1418.

13 王长昇, 林建华, 许卫红, 等. 脊柱微创通道镜系统辅助改良经椎间孔腰椎椎间融合术治疗腰椎退行性疾病. *中国微创外科杂志*,2016,16(4):340-343.

14 Ge DH, Stekas ND, Varlotta CG, et al. comparative analysis of two transforaminal lumbar interbody fusion techniques: open TLIF versus wiltse MIS TLIF. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2019,44(9):E555-E560.

15 刘 超, 王 建, 张正丰, 等. 微创经椎间孔腰椎椎间融合治疗腰椎退变性疾病的中远期疗效分析. *中华骨科杂志*,2018,38(20):1266-1272.

16 Regev GJ, Lee YP, Taylor WR, et al. Nerve injury to the posterior rami medial branch during the insertion of pedicle screws: comparison of mini-open versus percutaneous pedicle screw insertion techniques. *Spine (Phila Pa 1976)*,2009,34(11):1239-1242.

17 Yamashita K, Higashino K, Sakai T, et al. Revision percutaneous endoscopic lumbar discectomy under the local anesthesia for the recurrent lumbar herniated nucleus pulposus in a high class athlete: a case report. *J Med Invest*,2016,63(1-2):135-139.

18 陈 路, 吴添龙, 何丁文, 等. 内镜下椎间融合联合经皮椎弓根钉内固定治疗退行性腰椎滑脱合并腰椎管狭窄的疗效. *骨科*,2020,11(6):518-522.

19 杨国志, 张桂萍, 李 雷, 等. 经皮内窥镜下经椎间孔入路腰椎椎间融合术治疗退行性腰椎椎管狭窄症. *脊柱外科杂志*,2021,19(5):313-317.

20 Heo DH, Park CK. Clinical results of percutaneous biportal endoscopic lumbar interbody fusion with application of enhanced recovery after surgery. *Neurosurg Focus*,2019,46(4):E18.

21 Chang CC, Chou D, Pennicooke B, et al. Long-term radiographic outcomes of expandable versus static cages in transforaminal lumbar interbody fusion. *J Neurosurg Spine*,2020 Nov 13. Online ahead of print.

(收稿日期:2021-12-12)

(修回日期:2022-05-17)

(责任编辑:王惠群)