

临床论著

经皮内窥镜辅助下经椎间孔腰椎减压融合术 治疗单节段腰椎管狭窄症对多裂肌的影响

丁一, 海涌, 杨晋才, 尹鹏, 张耀申, 王云生, 刘畅, 张黎明, 许春阳

(首都医科大学附属北京朝阳医院骨科 100020 北京市)

【摘要】目的:探讨经皮内窥镜辅助下经椎间孔腰椎减压融合术(PE-TLIF)治疗单节段腰椎管狭窄症对腰椎多裂肌的影响。**方法:**回顾性分析 2017 年 3 月~2018 年 10 月首都医科大学附属北京朝阳医院收治并采用 PE-TLIF 术式治疗的 10 例单节段腰椎管狭窄症患者,其中男 3 例,女 7 例,年龄 43~73 岁,平均 59.4±11.5 岁。记录手术时间、术中出血量、术后伤口引流量、术后卧床时间、并发症发生情况,并通过术前 1d、术后 7d、术后 3 个月、术后 6 个月的腰痛与腿痛视觉模拟评分(VAS)以及术前 1d、术后 3 个月、术后 6 个月的 Oswestry 功能障碍指数(ODI)评分等指标评价临床疗效;采用 Bridwell 标准评估术后 6 个月植骨融合情况;通过术前 1d、术后 7d、术后 3 个月、术后 6 个月的切口处多裂肌的最大横截面积(Max-CSA)和六氟化硫微泡造影剂峰值强度(PI)及术前 1d、术后 1d、术后 7d 的血清肌酸激酶(CK)水平,评估腰椎多裂肌损伤情况。**结果:**患者手术时间 292.5±54.0min,术中出血量 119.0±92.4ml,术后伤口引流量 39.5±19.5ml,术后卧床时间 21.6±3.2h,手术切口长度 8.7±1.8mm。术后 6 个月,7 例患者获得 II 级椎间融合,3 例患者获得 III 级椎间融合;术前 1d、术后 7d、术后 3 个月、术后 6 个月腰痛 VAS 分别为 7.20±0.78 分、4.10±0.73 分、1.40±0.51 分、1.10±0.87 分,腿痛 VAS 分别为 5.90±1.19 分、2.20±1.22 分、1.10±0.73 分、0.90±0.87 分。术前 1d、术后 3 个月、术后 6 个月 ODI 评分分别为 (53.3±12.1)%、(23.9±8.0)%、(13.5±6.5)%。术后不同随访时间点的 VAS 及 ODI 评分均较术前明显改善,差异有统计学意义($P<0.05$);术前 1d、术后 1d、术后 7d 的血清 CK 水平分别为 79.3±30.3U/L、428.1±78.3U/L、96.2±21.4U/L。血清 CK 水平在术后 1d 较术前增高,差异有统计学意义($P<0.05$),但在术后 7d 与术前比较无统计学差异($P>0.05$);术前 1d、术后 7d、术后 3 个月、术后 6 个月的 Max-CSA 分别为 501.7±127.6mm²、624.7±101.8mm²、521.5±60.4mm²、494.5±62.6mm²,以及 PI 分别为 2.73±0.71db、4.61±1.18db、2.97±0.49db、2.58±0.34db。Max-CSA 与 PI 在术后 7d 较术前增大,其差异有统计学意义 ($P<0.05$),但在术后 3、6 个月与术前比较,无统计学差异 ($P>0.05$)。随访期间,所有患者均无明显并发症发生,有 1 例患者术后出现短暂性右侧膝腱反射亢进。**结论:**PE-TLIF 在治疗单节段腰椎管狭窄症可获得良好的早期临床疗效,同时对术后多裂肌的血流灌注以及形态变化无明显影响。

【关键词】经皮内窥镜辅助下经椎间孔腰椎减压融合术;腰椎管狭窄症;多裂肌

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.09.07

中图分类号:R619,R616.5 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2019)-09-0822-06

Evaluation of multifidus muscle injury in PE-TLIF in the treatment of single-segment lumbar spinal stenosis/DING Yi, HAI Yong, YANG Jincai, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2019, 29 (9): 822-827

【Abstract】 Objectives: To investigate the effects of percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion(PE-TLIF) on multifidus muscle injury in the treatment of single-segment lumbar spinal stenosis. **Methods:** A retrospective analysis of 10 patients with single-segment lumbar spinal stenosis in the Beijing Chaoyang Hospital Affiliated to Capital Medical University from March 2017 to October 2018. There were 3 males and 7 females, whose mean age was 59.4±11.5 years old (range, 43-73 years old). All patients were treated with PE-TLIF. Operation time, intraoperative blood loss, postoperative wound drainage, postoperative bed rest time, complications were recorded. The clinical efficacy was evaluated using the VAS scores of low back pain

第一作者简介:男(1994-),硕士研究生在读,研究方向:脊柱微创

电话:(010)85231229 E-mail:dingyi87v5@163.com

通讯作者:杨晋才 E-mail:jincay2008@163.com

and leg pain 1 day before surgery and 7 days, 3 and 6 months after surgery, and ODI scores 1 day before surgery and 3, 6 months after surgery. The Bridwell criteria were used to assess bone graft fusion 6 months after surgery. In order to evaluate the damage of the lumbar multifidus muscle, the maximal cross-sectional area(Max-CSA) of the multifidus muscle at the surgical incision and the peak intensity(PI) of sulphur hexafluoride microbubble contrast agent at 1 day before surgery, 7 days, 3 and 6 months after surgery were calculated, and serum creatine kinase(CK) levels at 1 day before surgery, 1 and 7 days after surgery were also recorded. **Results:** The average operation time was 292.5±54.0min, the average intraoperative blood loss was 119.0±92.4ml, the average postoperative wound drainage volume 39.5±19.5ml, and the postoperative bed rest time 21.6±3.2h, surgical incision length 8.7±1.8mm. At 6 months follow-up, grade II intervertebral fusion was obtained in 7 patients and grade III intervertebral fusion was obtained in 3 patients. The VAS-LBP scores of 1 day before surgery, 7 days after surgery, 3 months after surgery, and 6 months after surgery were 7.20±0.78, 4.10±0.73, 1.40±0.51, 1.10±0.87, and VAS-LP scores were 5.90±1.19, 2.20±1.22, 1.10±0.73, 0.90±0.87 respectively. The ODI scores of 1 day before surgery, 3 months after surgery and 6 months after surgery were (53.3±12.1)%, (23.9±8.0)%, and (13.5±6.5)%, respectively. Compared with the pre-operation status, significant differences were detected in the VAS-LBP score, VAS-LP score and ODI scores at the different postoperative time points ($P<0.05$). The serum CK levels of 1 day before surgery, 1 days after surgery, and 7 days after surgery were 79.3±30.3U/L, 428.1±78.3U/L, and 96.2±21.4U/L, respectively. Serum CK levels of 1 day after surgery were higher than those before surgery, and the difference was statistically significant($P<0.05$), but there was no significant difference between the 7th day post the surgery and the preoperative day ($P>0.05$). The Max-CSA of 1 day before surgery, 7 days after surgery, 3 months after surgery, and 6 months after surgery were 501.7±127.6mm², 624.7±101.8mm², 521.5±60.4mm², 494.5±62.6mm², and PI were 2.73±0.71db, 4.61±1.18db, 2.97±0.49db, 2.58±0.34db. Compared with preoperative status, Max-CSA and PI increased on the 7th day after surgery, the difference was statistically significant($P<0.05$), but there was no significant difference in Max-CSA and PI at 3, 6 months after surgery($P>0.05$). During the follow-up period, all patients had no significant complications. One patient presented transient hyperreflexia of the right knee tendon after surgery. **Conclusions:** PE-TLIF can achieve good early clinical results in the treatment of single-level lumbar spinal stenosis, with no significant effects on the blood perfusion and morphological changes of multifidus muscle.

【Key words】 Percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion; Lumbar spinal stenosis; Multifidus muscle

【Author's address】 Department of Orthopedics, Beijing Chaoyang Hospital, CCMU, Beijing, 100020, China

目前,后入路腰椎椎间融合术(posterior lumbar interbody fusion, PLIF)是临床外科治疗腰椎管狭窄症最常用的术式。自20世纪40年代首次报道以来,随着PLIF术式在全球范围内的广泛应用,陆续出现文献报道该术式因术中肌肉广泛剥离、长时间牵开以及术后纤维瘢痕压迫等问题而导致患者术后发生椎旁肌萎缩和残余腰痛^[1]。因此,如何在充分减压的基础上尽可能减少对腰椎稳定结构以及周围肌肉等组织的破坏成为新的关注点^[2-3]。为解决这一问题,近年来各式内镜下腰椎融合技术不断涌现。经皮内窥镜辅助下经椎间孔腰椎减压融合术(percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion, PE-TLIF)系统是一套由本团队自主研发的新型微创减压融合系统,该系统较小的减压与置钉通道能够维持

肌纤维的正常排列顺序,从而可能对腰椎多裂肌起到一定保护作用。因此,本研究旨在探究PE-TLIF治疗单节段腰椎管狭窄症的术后近期疗效以及对腰椎多裂肌的影响。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选取2017年3月~2018年10月在北京朝阳医院骨科接受PE-TLIF手术治疗的10例单节段腰椎管狭窄症患者(男3例,女7例,年龄47~73岁,平均59.4±11.5岁)。纳入标准:(1)临床症状表现为严重的腰腿痛,并伴有间歇性跛行者;(2)影像学提示典型单责任节段腰椎管狭窄且与查体症状相符者;(3)经过3~6个月严格的保守治疗无效;(4)手术前后及随访时行多裂肌超声造影技

术 (contrast-enhanced ultrasonography, CEUS) 与腰椎 CT 检查者。排除标准: (1) 有腰部手术、骨折、肿瘤、感染史者; (2) 伴有腰椎滑脱; (3) 患有其他严重全身系统性疾病; (4) 依从性差等预计明显无法跟踪随访者; (5) 存在对六氟化硫微泡造影剂过敏史者。在术前手术医生与患者本人及家属进行详细沟通, 使其明确 PE-TLIF 手术方法的步骤、目的以及利弊, 征得患者及家属同意并签署知情同意书。

1.2 手术方法

手术均由同一组医生完成。PE-TLIF 手术步骤(以 L4/5 节段为例): 患者取俯卧位, 连续硬膜外麻醉后, 调整屈髋屈膝腰桥位。透视定位、消毒、铺单。注射器针头刺入皮肤透视定位 L4、L5 椎弓根, 横行切开皮肤 5~6mm, 将第一导钉在透视引导下穿入减压侧 L5 椎弓根, 第一导钉螺纹上缘平上关节突中点, 在 L5 第一导钉上安置弓状导向器, 角度调整为 30°(如有需要可再扩展 10°), 沿导向器经皮穿入第二导钉至 L5 上关节突, 透视定位准确; 经第二导钉切开长 10~12mm 皮肤切口, 3 级扩张套筒扩张至关节突, 取出最后一级扩张套筒, 剥离子推开 L5 上关节突外缘组织, 置入钩状套筒, 钩部钩于上关节突前方, 取出 1、2 级套筒, 更换为齿状固定棒并固定于上关节突, 套接环踞, 环踞锯下上关节突并取出; 沿钩状套筒置入替换棒, 再沿替换棒置入工作套筒。沿工作套筒置入直径 10mm 内窥镜, 在内窥镜下进行减压; 内窥镜持续灌注温热生理盐水, 内窥镜下骨刀切除残留的上关节突, 直接进入安全三角, 旋转工作套筒保护出口神经根, 直视下切除椎间盘组织, 确认工作套筒内无神经后取出内窥镜, 在工作通道内处理椎间盘, 铰刀以及刮匙尽量切除椎间盘组织及软骨终板; 内窥镜直视下观察椎间盘处理彻底显露骨性终板; 试模测试椎间隙高度选择合适的可撑开融合器; 于左侧髂嵴切开 2~3cm 皮肤取髂骨, 将取得髂骨通过工作通道植入椎间隙, 再置入可撑开融合器, 旋转手柄将融合器升高至 10~13mm, 接触椎板并有一定的压力; 内窥镜置入进行椎管内减压, 探查行走神经根与出口神经根完好。经皮置入椎弓根螺钉, 并加压固定, 透视见融合器及椎弓根螺钉位置良好。减压通道内再次置入内镜探查神经完好, 置入引流管, 缝合皮肤, 术毕。手术切口情况见图 1。

1.3 观察指标

收集所有患者的手术时间、术中出血量、切口长度、术后引流量、术后卧床时间、并发症发生以及术后 6 个月随访时的椎间融合情况。其中, 椎间植骨融合情况是通过腰椎 CT 平扫+三维重建获得图像, 并根据 Bridwell 标准进行评价分级^[9]。

疗效评价相关指标: (1) 术前 1d、术后 7d 以及 3、6 个月的腰痛以及腿痛视觉模拟评分 (visual analogue score, VAS); (2) 术前 1d 及术后 3、6 个月的 Oswestry 功能障碍评分 (Oswestry disability index, ODI)。

多裂肌损伤相关指标变化。(1) 生化指标, 术前 1d 与术后 1、7d 的血清肌酸激酶 (creatin kinase, CK) 水平。本文采用偶联速率法, 正常参考值: 男 50~310U/L, 女 40~200U/L。(2) 肌肉形态, 术前 1d、术后 7d 以及 3、6 个月通过腰椎 CT 测量切口处多裂肌最大横截面积 (maximum cross-sectional area, Max-CSA), Max-CSA 的测量由 2 名经验丰富的脊柱外科医生与 1 名影像科医生通过 PACS 手动测绘工具来完成。每名医生均在未告知患者分组的前提下选取责任节段 3 个层面进行双侧多裂肌横截面积测量后选取面积最大层面, 随后取 3 名医生测得最大面积的平均值为 Max-CSA。(3) 肌肉血运, 术前 1d、术后 7d 以及 3、6 个月通过多裂肌超声造影技术观察切口处多裂肌血运中六氟化硫微泡造影剂峰值强度 (peak intensity, PI)。PI 值测量是应用 QLAB 软件分析超声造影图像, 在增强明显区域选取四处边长为 2mm 的圆形采样区, 注意避开较大血管走行区, 软件自动生成时间-强度曲线, 并自动计算平均峰值强度 PI (图 2)。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 21.0 软件进行统计学数据处理分析, 数据以均数±标准差表示, 计量资料采用 *t* 检验, 计数资料和率值采用 χ^2 检验, 以 $P < 0.05$ 为差异有显著统计学意义。

2 结果

2.1 疗效评价

所有患者手术顺利完成, 手术时间 225~420min (平均 292.5±54.0min), 术中出血量 10~300ml (平均 119.0±92.4ml), 术后伤口引流量 10~65ml (平均 39.5±19.5ml), 术后卧床时间 16~24h

(平均 21.6 ± 3.2 h), 手术切口长度 6~12mm (平均 8.7 ± 1.8 mm)。患者术后随访 6~24 个月, 平均 15.0 ± 7.1 个月, 在随访中无一人诉症状复发或加重, 未发生感染、神经损伤等并发症。仅 1 例患者在术后即刻因减压后脊髓水肿和炎症刺激而导致右侧膝腱反射亢进, 经脱水、抗炎治疗后患者在术后 24h 症状消失, 在术后第 4 天顺利出院。术后即刻所有患者均诉症状得到明显改善。与术前比较, 患者的腰痛 VAS、腿痛 VAS (术后 7d、3 个月、6 个月) 以及 ODI 评分 (术后 3 个月、6 个月) 均较术前有明显改善, 其差异具有统计学意义 ($P < 0.05$, 表 1)。关于椎间融合情况, 根据 Bridwell 椎间融合评价标准, 10 例 PE-TLIF 组患者中 II 级 (融合间隙无变化, 未完全重建但无透明带出现) 7 例, III 级 (融合间隙无变化, 但出现透明带) 3 例, 无 I、IV 级患者。



图 1 PE-TLIF 术式减压、置钉、取髂骨通道切口情况

Figure 1 Incision of decompression, screw-implantation channel and iliac crest-removal channel in PE-TLIF

2.2 多裂肌损伤评价

手术前后腰椎多裂肌损伤相关指标比较见表 2。术后 1d 患者的血清 CK 水平明显大于术前, 差异具有统计学意义 ($P < 0.05$), 但在术后 7d 血清 CK 水平与术前比较无明显统计学差异 ($P > 0.05$)。

术后 7d 患者的 Max-CSA 明显大于术前, 差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)。考虑其原因可能与术后早期多裂肌充血、水肿以及炎症反应有关; 但在术后 3 个月 Max-CSA 与术前比较无明显差异 ($P > 0.05$), 并在术后 6 个月继续保持术前水平 ($P > 0.05$)。

术后 7d 的 PI 水平明显大于术前, 其差异具有统计学意义 ($P < 0.05$); 但术后 3 个月与术前比较无明显差异 ($P > 0.05$), 并在术后 6 个月继续保持术前水平 ($P > 0.05$)。

3 讨论

PLIF 是目前治疗腰椎退行性疾病最常用的术式。该术式可准确切除致病椎间盘、恢复椎间隙高度及脊柱生理曲度, 从而有效地完成神经根减压^[5]。但随着 PLIF 术式在全球范围内的广泛应用, PLIF 术式所存在种种弊端也逐步显现出来, 例如术中大范围剥离多裂肌、长时间牵开椎旁肌、广泛显露椎板及关节突关节、术中热机械性因素产生以及术后长时间制动等问题。国内外学者发现, 这些问题极易导致多裂肌强度降低、形态萎缩以及瘢痕愈合^[6,7]。Kim 等^[8]通过研究发现肌肉萎缩程度与肌肉牵开时间、肌肉剥离范围、脊神经后根的机械性牵拉及热损伤程度、肌肉动脉血供损伤程度

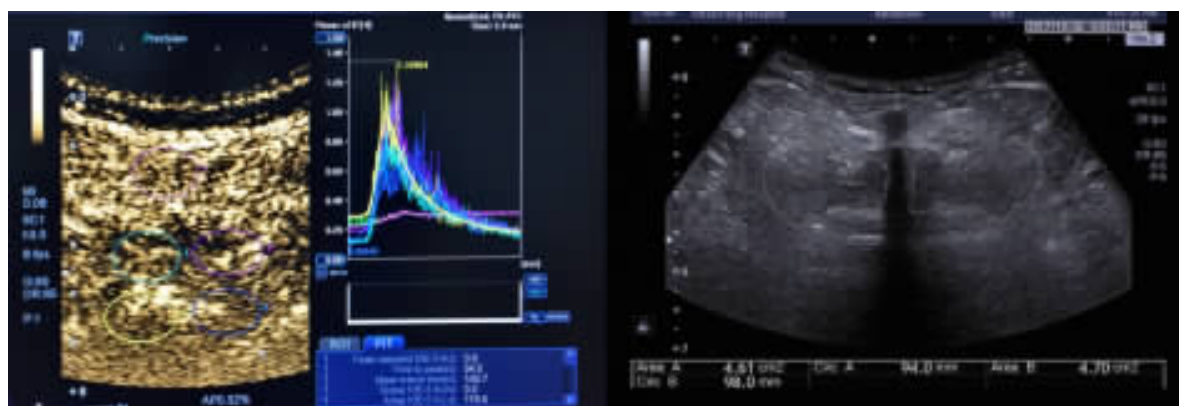


图 2 超声造影显示多裂肌微循环血流灌注情况

Figure 2 Contrast-enhanced ultrasonography demonstrates extension of microcirculation blood perfusion in the multifidus muscle

及术后制动等因素有关。术后顽固性腰痛即腰椎术后失败综合征 (failed back surgery syndrome, FBSS), 是一种常见的术后并发症, 是导致患者满意度下降及运动功能障碍的主要原因, 保守估计 FBSS 发病率为 20% 左右^[9,10]。关于腰椎术后, 多项研究证实术后多裂肌形态与患者术后功能恢复存在密切的关系^[11,12]。Ranger 等^[13]发现开放腰椎手术后腰椎多裂肌的萎缩程度与残留顽固性腰背部疼痛、腰背无力等并发症的发生率呈正相关。随后, Khan 等^[12]在 2017 年提出为减少术后腰痛相关并发症和改善术后功能结果, 背部肌肉形态测量应该纳入术前手术计划, 作为预后的预测指标。

随着脊柱微创技术的不断发展, 越来越多的证据表明脊柱微创技术已经能够使腰椎管狭窄得到充分、有效的减压^[14,15]。为减少手术对多裂肌的

表 1 PE-TLIF 手术前后疗效评价相关指标

($n=10, \bar{x} \pm s$)

Table 1 Comparison of Indicators related to efficacy evaluation before and after PE-TLIF

	腰痛 VAS (分) VAS-LBP	腿痛 VAS (分) VAS-LP	ODI(%) Oswestry disability index
术前 1d 1 day pre-op	7.20±0.78	5.90±1.19	53.3±12.1
术后 7d 7 days post-op	4.10±0.73 ^①	2.20±1.22 ^①	—
术后 3 个月 3 months post-op	1.40±0.51 ^①	1.10±0.73 ^①	23.9±8.0 ^①
术后 6 个月 6 months post-op	1.10±0.87 ^①	0.90±0.87 ^①	13.5±6.5 ^①

注: ①与术前比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with preoperative, $P<0.05$

表 2 PE-TLIF 手术前后腰椎多裂肌损伤相关指标

($n=10, \bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of Indicators related to multifidus injury before and after PE-TLIF

	血清肌酸激酶 (U/L) Creatine kinase	最大横截面积 (mm ²) Max-CSA	造影剂峰值强度 (db) Peak intensity
术前 1d 1 day pre-op	79.3±30.3	501.7±127.6	2.73±0.71
术后 1d 1 day post-op	428.1±78.3 ^①	—	—
术后 7d 7 days post-op	96.2±21.4	624.7±101.8 ^①	4.61±1.18 ^①
术后 3 个月 3 months post-op	—	521.5±60.4	2.97±0.49
术后 6 个月 6 months post-op	—	494.5±62.6	2.58±0.34

注: ①与术前比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with preoperative, $P<0.05$

侵扰并防止术后肌萎缩的发生, 国内外脊柱外科医生开始尝试应用微创技术实现腰椎微创减压融合手术^[16,17]。PE-TLIF 是一种“新理念”的微创减压融合选择。不同于微创经椎间孔入路腰椎椎间融合术 (minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF) 在显微镜下进行, PE-TLIF 是将脊柱内镜技术和经皮脊柱内固定技术相结合, 实现了脊柱内镜辅助下的腰椎减压融合。为确保 PE-TLIF 术式的安全性与有效性, 手术医生需严格遵循 PE-TLIF 的手术的适应证与禁忌证。适应证: (1) 椎间盘源性腰痛, 腰痛 VAS 评分大于 5 分 (10 分制); (2) 以椎间盘、上关节突增生以及黄韧带肥厚为主要病理因素的腰椎管狭窄症; (3) 退变性腰椎滑脱症 (I ~ II 度); (4) 伴有节段不稳的腰椎退行性疾病; (5) 其他原因造成需要减压融合或单纯稳定融合的腰椎疾病。禁忌证: (1) 发育性腰椎管狭窄症; (2) 多个节段 (>3 个) 腰椎管狭窄症; (3) 椎管狭窄合并有中、重度脊柱侧凸和脊柱后凸畸形等需要进行长节段矫形; (4) 合并其他原因 (例如严重心肺疾病) 不能耐受手术的; (5) 腰椎管狭窄责任节段定位不明确, 影像学资料改变与患者症状、体征定位不一致。为优化 PE-TLIF 学习曲线、缩短手术时间, 我们建议手术医生拥有与时俱进的微创理念, 掌握先进的经皮椎弓根螺钉内固定技术以及具备丰富的脊柱内镜手术经验。

PE-TLIF 系统入路切口、减压与置钉通道较小, 肌纤维排列顺序不会有明显改变, 从而保留了椎旁肌和软组织的基本生理功能, 因此 PE-TLIF 术式有利于患者术后腰背疼痛症状的缓解。在对多裂肌的损伤方面, 本研究发现在术后 1d 的 CK 水平以及术后 7d 的 MaxCSA 与 PI 水平均高于术前, 这可能与术后腰椎多裂肌的术后早期的充血、水肿有关。但是, 患者血清 CK 在术后 7d 恢复至术前水平, 术后 3 个月、6 个月的 MaxCSA 与 PI 也与术前比较无明显差异, 我们认为虽然腰椎多裂肌在 PE-TLIF 术后早期会产生水肿, 但随后可恢复术前形态与血供。关于手术时间, 由于 PE-TLIF 学习曲线陡峭, 目前该术式仍处于初期临床应用阶段, 本研究中 292.5±54.0min 的单节段 PE-TLIF 手术时间并不理想。PE-TLIF 术式采用逐级扩张通道的方法来建立内镜减压以及经皮置钉通道, 故 PE-TLIF 术中不存在因对椎旁肌长时间牵

拉而导致肌肉损伤变性的风险。较长的手术时间虽然会增加 PE-TLIF 手术的麻醉风险,但不会使肌纤维排列顺序发生明显改变。因此,PE-TLIF 对腰椎多裂肌的损伤微乎其微。

本研究存在一定的局限性。首先,本研究患者随访时间较短,无法对术后远期失用性肌萎缩等因素做出解释说明;其次,患者样本量较小,缺乏对照组设立以增强实验结果的可信度;最后,本研究中的患者选择单一,多节段腰椎管狭窄症和腰椎滑脱症患者需要进一步研究。

综上所述,PE-TLIF 在治疗单节段腰椎管狭窄症中取得良好的早期临床疗效。虽然 PE-TLIF 会导致多裂肌的术后早期充血与水肿,但可有效避免因术中必要剥离而导致的术后腰椎多裂肌血供减少与萎缩。

4 参考文献

- Djurasovic M, Glassman SD, Carreon LY, et al. Contemporary management of symptomatic lumbar spinal stenosis[J]. *Orthop Clin North Am*, 2010, 41(2): 183-191.
- 苏少亭,周红海,梁栋,等. 腰椎关节突关节的生物力学研究进展[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2017, 27(5): 474-479.
- 吕国华,周跃. 正确引导我国微创脊柱外科健康持续发展[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2014, 24(5): 385-386.
- De Kunder SL, Van Kuijk SM, Rijkers K, et al. Transforaminal lumbar interbody fusion(TLIF) versus posterior lumbar interbody fusion(PLIF) in lumbar spondylolisthesis: a systematic review and meta-analysis[J]. *Spine J*, 2017, 17(11): 1712-1721
- Dipaola CP, Molinari RW. Posterior lumbar interbody fusion [J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2008, 16(7): 130-139.
- Fan SW, Hu ZJ, Fang XQ, et al. Comparison of paraspinal muscle injury in one-level lumbar posterior inter-body fusion: modified minimally invasive and traditional open approaches [J]. *Orthop Surg*, 2010, 2(3): 194-200.
- Hu ZJ, Fang XQ, Zhou ZJ, et al. Effect and possible mechanism of muscle-splitting approach on multifidus muscle injury and atrophy after posterior lumbar spine surgery [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2013, 95(24): e1921-e1929.
- Kim K, Isu T, Sugawara A, et al. Comparison of the effect of 3 different approaches to the lumbar spinal canal on postoperative paraspinal muscle damage[J]. *Surg Neurol*, 2008, 69(2): 109-113.
- Thomson S. Failed back surgery syndrome - definition, epidemiology and demographics[J]. *Br J Pain*, 2013, 7(1): 56-59.
- 刘宪义,李淳德,岳晓东,等. 与腰椎椎弓根钉相关的顽固性腰痛[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2011, 21(12): 1033-1034.
- Leonid K, Paul H, Ling L, et al. Changes in paraspinal muscles and their association with low back pain and spinal degeneration: CT study[J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(7): 1136-1144.
- Khan AB, Weiss EH, Khan AW, et al. Back muscle morphometry: effects on outcomes of spine surgery [J]. *World Neurosurgery*, 2017, 103: 174-179. doi: 10.1016/j.wneu.2017.03.097.
- Ranger TA, Cicuttini FM, Jensen TS, et al. Are the size and composition of the paraspinal muscles associated with low back pain? a systematic review[J]. *Spine J*, 2017, 17(11): 1729-1748.
- Osman SG. Endoscopic transforaminal decompression, interbody fusion, and percutaneous pedicle screw implantation of the lumbar spine: a case series report[J]. *Int J Spine Surg*, 2012, 6(1): 157-166.
- Phan K, Rao PJ, Kam AC, et al. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion for treatment of degenerative lumbar disease: systematic review and meta-analysis[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(5): 1017-1030.
- Youn MS, Shin JK, Goh TS, et al. Full endoscopic lumbar interbody fusion (FELIF): technical note [J]. *Eur Spine J*, 2018, 27(6): 1-7.
- Wu J, Liu H, Ao S, et al. Percutaneous endoscopic lumbar interbody fusion: technical note and preliminary clinical experience with 2-year follow-up [J]. *Biomed Res Int*, 2018, 2018: 5806037.

(收稿日期:2019-04-04 修回日期:2019-06-30)

(英文编审 庄乾宇/谭 啸)

(本文编辑 姜雅浩)