doi:10.11659/jjssx.05E020028

·临床研究·

极外侧入路腰椎椎间融合术治疗单节段腰椎管狭窄症的疗效及安全性

卢宏伟,杨正伟,许建中,何清义 (陆军军医大学第一附属医院骨科,重庆 400038)

[摘 要] **目的** 观察极外侧入路腰椎椎间融合术(XLIF)治疗单节段腰椎管狭窄症的临床疗效及安全性。**方法** 纳入2012年1月至2017年12月在我院骨科行XLIF治疗的单节段腰椎管狭窄症患者43例。记录患者手术时间、术中出血量、住院时间、VAS评分、ODI、围手术期并发症发生情况,采用X射线片和CT三维重建测量手术前后腰椎间隙高度和椎管面积,并计算术后融合率,采用改良Macnab疗效评定标准评价手术效果。**结果** 术后随访12~36个月,平均(23.7±6.7)个月;手术时间(64.1±15.2)min,术中出血量(61.6±30.6)mL,住院时间(4.7±1.8)d;末次随访VAS评分和ODI均显著低于术前,差异具有极显著性统计学意义($P<0.01$);术后椎间隙高度、椎管面积均显著大于术前,差异具有极显著性统计学意义($P<0.01$);所有患者均未发生脑脊液漏、血肿、感染等并发症,术后切口均一期愈合;3例患者术后出现屈髋无力,6周内恢复正常。术后6个月融合率为93%,术后12个月融合率为100%。Macnab疗效评定结果显示优良率为100%。**结论** XLIF具有手术时间短、术中出血少、术后恢复快、住院时间短等优点,用于治疗单节段腰椎管狭窄可获得较高的术后椎间融合率,手术安全性较高。

[关键词] 微创手术;极外侧入路;腰椎椎间融合;腰椎管狭窄症;单节段;CT三维重建

[中图分类号] R681.5 [文献标识码] A [收稿日期] 2020-05-09

Efficacy and safety of extreme lateral interbody fusion in the treatment of single segment lumbar spinal stenosis

LU Hong-wei, YANG Zheng-wei, XU Jian-zhong, HE Qing-yi (Department of Orthopedics, First Affiliated Hospital of Army Medical University, Chongqing 400038, China)

Abstract: Objective To observe the clinical efficacy and safety of extreme lateral interbody fusion (XLIF) in the treatment of single segment lumbar spinal stenosis. **Methods** A total of 43 patients with single segment lumbar spinal stenosis who underwent XLIF treatment in the orthopedics department of our hospital from January 2012 to December 2017 were included. The operation time, intraoperative blood loss, hospitalization time, VAS score, ODI and perioperative complications were recorded. The lumbar intervertebral space height and spinal canal area before and after surgery were measured by X-ray and CT three-dimensional reconstruction, and the postoperative fusion rate was calculated. The surgical effect was evaluated by the modified Macnab efficacy evaluation standard. **Results** The postoperative follow-up period was 12 to 36 months, with an average of (23.7±6.7) months. The operation time was (64.1±15.2) minutes, the intraoperative blood loss was (61.6±30.6) mL, and the hospitalization time was (4.7±1.8) days. The VAS score and ODI at the last follow-up were significantly lower than those before surgery, and the differences were extremely significant ($P<0.01$). Postoperative intervertebral space height and spinal canal area were significantly greater than those before surgery, and the differences were extremely significant ($P<0.01$). There was no complication such as cerebrospinal fluid leakage, hematoma and infection occurred, and all the surgical incisions healed at the first stage after operation. There were 3 patients developed hip flexion weakness after surgery, and returned to normal within 6 weeks. The fusion rate was 93% at 6 months after surgery, and it was 100% at 12 months after surgery. The results of Macnab efficacy evaluation showed that the excellent and good rate was 100%. **Conclusion** XLIF has the advantages of shorter operation time, less intraoperative bleeding, more rapid postoperative recovery, and shorter hospitalization time. It can obtain higher postoperative intervertebral fusion rate for single segment lumbar spinal stenosis, and the operation is safe and the clinical effect is good.

Keywords: minimally invasive surgery; extreme lateral approach; lumbar interbody fusion; lumbar spinal stenosis; single segment; CT three-dimensional reconstruction

腰椎管狭窄是一种常见疾病,患病率随着年龄的增长而增加,在60~69岁患者中发病率达47.2%[1]。腰椎管狭窄是65岁以上患者腰椎手术最常见的原因,对于保守治疗无效的腰椎管狭窄,手术是目前有效的治疗方法[2]。传统的经椎间孔腰椎椎间融合术(transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)是通过切除后方关节突及部分椎板、扩大椎管来解除椎管狭窄,但该术式存在软组织剥离多、出血多、易损伤神经根和脑脊液漏概率相对较高、术后恢复时间较长等缺点[3]。尽

[基金项目]陆军军医大学第一附属医院临床创新基金(SWH2016JCZD-05)

[通信作者] 何清义,E-mail:qingyihe18625@163.com

管 TLIF 术后的融合率为 90% ~95%,但患者的满意度只有 63% ~83%[4]。此外,TLIF 术中硬膜破裂的发生率高达 8.11%,这也在一定程度上影响了其临床应用[5]。极外侧入路腰椎椎间融合术(extreme lateral interbody fusion,XLIF)是一种新型的微创手术方式,通过 2 ~3 cm 的切口经腹膜外入路进入椎管狭窄的目标椎间隙,再间接减压解除椎管狭窄[6]。相对于传统的脊柱手术入路,该术式避免了破坏脊柱后方结构,而横跨椎体皮质骨环的巨大椎间融合器(cage)不仅提高了椎间融合率,还有利于分散终板应力防止 cage 下沉[7]。在单节段腰椎管狭窄症的手术治疗中,尚无研究对 XLIF 的临床疗效、融合效果和并发症发生率进行探讨。本研究回顾性分析我院骨科行 XLIF 治疗单节段腰椎管狭窄患者的临床资料,探讨手术疗效和安全性,以期为单节段腰椎管狭窄症患者的手术治疗提供参考。

1 资料与方法

1.1 临床资料

纳入 2012 年 1 月至 2017 年 12 月我院行 XLIF 的腰椎管狭窄症患者 43 例,其中男 24 例,女 19 例;年龄 44 ~75 岁,平均(59.7 ±9.3)岁;狭窄节段 L_2/L_3 有 3 例,L_3/L_4 有 11 例,L_4/L_5 有 29 例。所有患者手术均由同一组医师完成。纳入标准:①成人 L_1/L_2 ~ L_4/L_5 的单节段腰椎管狭窄为第一诊断;②以下肢疼痛、麻木、神经性间歇性跛行等症状为主,伴或不伴腰背痛;③保守治疗 6 个月以上无效;④神经定位与影像学检查吻合。排除标准:①先天性、医源性腰椎管狭窄;②腰椎管狭窄主要由黄韧带增厚或小关节突增生导致;③合并腰椎骨折、滑脱、肿瘤、结核、感染,合并脊柱畸形;④合并严重的腰椎间盘突出或髓核脱出;⑤高位髂骨遮挡 L_4/L_5 椎间隙,不适宜行 XLIF[8];⑥既往有腰椎或腹部手术病史。

1.2 方法

患者全身麻醉后,分别在双侧股内侧肌、胫前肌、股二头肌、腓肠肌安置电极,进行 L_2 ~ S_1 神经根的肌电图监测。根据患者腹腔脏器及大血管的位置选择左侧或者右侧入路,患者侧卧位,屈髋屈膝固定于手术床上。折叠手术床,使腰椎侧弯、目标椎间隙充分张开,以利于放置工作通道。正位和侧位 X 射线透视证实目标椎间隙与地面垂直、相应节段棘突与地面平行,标记目标椎间隙的正中线及邻近上下椎体的前后缘。采用双切口技术,分别在竖脊肌和腹外斜肌作 2 ~3 cm 的纵切口。手术操作者一只手示指由竖脊肌切口钝性分离至目标椎的横突,另一只手从腹外斜肌切口钝性分离肌层,到达腹膜外脂肪层,将腹腔内容物推向前方,在竖脊肌切口的引导下,确保从腹膜后间隙放入定位针,然后正侧位透视证实定位针位于目标椎间隙的中心,再逐级放置扩张管道以及最后的工作通道。上述所有步骤均在肌电图监测下进行,以防止损伤腰丛神经和生殖股神经。从侧方切除椎间盘并刮除软骨终板,同时松解对侧纤维环,勿损伤前、后纵韧带。试模确定 cage 型号,异体骨紧密填充 cage,将 cage 置入椎间隙内,并确保 cage 横跨双侧椎体皮质骨环。留置引流管,逐层缝合切口。因本研究中患者均行单节段手术,故未附加后路椎弓根螺钉固定。

1.3 观察指标

记录患者的手术时间、术中出血量、住院时间、手术并发症、手术前后疼痛视觉模拟评分(visual analogue scores,VAS)、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index,ODI)。根据 X 射线片和 CT 三维重建测量手术前后的腰椎间隙高度和椎管面积。术后 6 个月、12 个月进行 CT 三维重建检查,采用 Siepe 等的方法判断是否为影像学骨性融合,其中 1 级为完全融合,2 级为坚强融合,3 级为可能没有坚强融合,4 级为未融合,并计算术后融合率[融合率 =(1 级例数 +2 级例数 +3 级例数)/总病例数 ×100%][9-10]。采用改良 MacNab 标准评价手术效果,优:症状完全消失,恢复原来的工作和生活;良:有稍微症状,活动轻度受限,对工作生活无影响;可:症状减轻,活动受限,影响正常工作和生活;差:治疗前后无差别,甚至加重。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 22.0 统计学软件,计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,对手术前后的 VAS 评分、ODI 采用重复测量的方差分析,$P<0.05$ 为差异有统计学意义,$P<0.01$ 为差异具有极显著性统计学意义。

2 结果

2.1 手术前后疼痛、功能恢复情况及影像测量数据比较

术后随访 12 ~36 个月,平均(23.7 ±6.7)个月;手术时间为(64.1 ±15.2)min,术中出血量为(61.6 ±30.6)mL,住院时间为(4.7 ±1.8)d。术后 6 个月、术后 12 个月、末次随访 VAS 评分、ODI 均低于术前,差异均具有极显著性统计学意义($P<0.01$);术后各时间点 VAS 评分、ODI 比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。术后 6 个月与术后 12 个月椎间隙高度、椎管面积均显著大于术前,差异均具有极显著性统计学意义($P<0.01$);术后 6 个月、术后 12 个月椎间隙高度、椎管面积比较,差异均

无统计学意义($P>0.05$),见表1。所有患者均未发生脑脊液漏、血肿、感染等并发症,术后切口均一期愈合,3例患者术后出现屈髋无力,6周内恢复正常。术后6个月椎间融合情况为:1级4例,2级27例,3级9例,4级3例,融合率93%;术后12个月椎间融合情况为:1级29例,2级11例,3级3例,4级0例,融合率100%。改良Macnab疗效评定结果显示:优36例,良7例,可0例,差0例,优良率100%。

表1 手术前后疼痛、功能恢复情况及影像测量数据比较($\bar{x}\pm s$)

时间	VAS评分(分)	ODI(%)	椎间隙高度(mm)	椎管面积(mm^2)
术前	6.8±1.2	71.8±12.9	8.7±1.4	103.9±24.1
术后6个月	1.9±0.8	12.4±5.8	12.5±1.3	143.5±31.6
术后12个月	1.1±0.9	7.7±5.3	12.3±1.2	141.3±30.4
末次随访	0.9±0.8	6.2±4.3		
P	0.000	0.000	0.000	0.000

2.2 典型病例

患者,男,55岁,以"腰痛伴左下肢放射痛5年,加重伴跛行15 d"入院,间歇性跛行约100 m,口服"塞来昔布+甲钴胺"2周症状无缓解。诊断为"L_4/L_5椎管狭窄症"。术前VAS评分8分,ODI为80%,椎间隙高度11.8 mm,椎管面积95.5 mm^2。行"极外侧入路L_4/L_5椎间融合术",术后腰痛及左下肢放射痛显著缓解。术后12个月随访VAS评分1分,ODI为0,椎间隙高度13.8 mm,椎管面积151.8 mm^2(图1)。

3 讨论

XLIF可以通过间接减压使椎管狭窄得到明显改善,效果较好。Lang等[11]对20篇XLIF相关文献进行系统性分析,共纳入1 080例患者,结果显示术后通过X射线片、CT及MRI进行评估,椎间孔面积增加了31.6 mm^2(36.4%),椎间孔高度增加了4.3 mm(29.5%),椎管面积增加了28.5 mm^2(25.4%),椎管直径增加了2.4 mm(33.1%)。Isaacs等[12]对行XLIF的患者术后随访2年,其术后VAS评分和ODI较术前分别改善了79%和53%,患者末次随访时满意率达92%。XLIF治疗合并多种疾病的腰椎椎管狭窄和滑脱,同样能够显著改善患者ODI和腰腿VAS评分,纠正腰椎侧弯和腰椎前凸[13]。XLIF术后1年的椎间融合率为80%~100%,而且,从现有文献报道来看,对于单节段腰椎疾病,单纯的XLIF和辅助后方椎弓根螺钉内固定的XLIF比较,两者椎间融合率无显著差异[14-17]。XLIF是一种特征鲜明的微创手术,以小切口从侧方经腹膜后到达目标椎间隙,维持了前纵韧带及后纵韧带的完整性,不会损伤后路肌肉韧带系统,也不会因后路减压破坏椎板以及小关节突结构,从而可维持脊柱运动单元前后张力带系统的完整性[7]。XLIF的cage体积较大,能够容纳较多植骨填充,并且此类



a:术前腰椎正位X射线片;b:术前腰椎侧位X射线片;c:术前矢状位核磁共振;d:术前横断位核磁共振;e:术前矢状位CT;f:术前横断位CT;g:术后12个月腰椎正位X射线片;h:术后12个月腰椎侧位X射线片;i:术后12个月矢状位CT;j:术后12个月冠状位CT;k:术后12个月横断位CT

图1 XLIF治疗L_4/L_5腰椎管狭窄症患者影像资料

cage 能够横跨椎体的双侧皮质环,即使不附加后路椎弓根螺钉系统,单独置放 cage 也完全能够达到力学上的稳定性[18]。

XLIF 作为一种微创术式具有手术时间短、术中出血量少等优点。微创 TLIF 治疗单节段 1°退行性滑脱平均手术时间为228.2 min,平均术中出血量为108.8 mL;开放 TLIF 治疗单节段 1°退行性滑脱平均手术时间为189.6 min,平均术中出血量为299.6 mL[19]。本研究采用 XLIF 治疗 43 例单节段腰椎管狭窄患者,每个节段的平均手术时间和出血量分别为 64.1 min 和 61.6 mL,此结果明显优于前述单节段微创 TLIF 和单节段开放 TLIF。因 XLIF 经腰椎侧方、腹膜后抵达椎间隙,避免了椎旁肌分离、关节突切除、神经牵拉等操作,可显著缩短手术时间,且 XLIF 不需要进入椎管内,避免了对椎旁静脉丛的侵犯,故术中出血量也明显减少。此外,本研究中末次随访发现患者的腰椎管狭窄症状均得到有效缓解,VAS 评分和 ODI 均较术前显著改善,说明 XLIF 治疗单节段腰椎管狭窄症能获得良好的临床疗效。

XLIF 的并发症包括神经损伤、血管损伤、腹膜损伤、cage 下沉或移位、椎体骨折、椎间植骨不融合、椎间隙感染、内固定断裂等,其中血管、神经损伤是 XLIF 最主要和最严重的并发症。尸体研究证实,腰丛的所有分支都要进入腰大肌,而 XLIF 操作通道也要穿过腰大肌,这很可能造成腰丛神经损伤,因此推荐在 XLIF 操作时进行全程神经电生理监测[20]。除此之外,Regev 等[21]根据腰丛在腰椎椎体侧方的分布由前向后分为Ⅰ~Ⅳ区,其中在椎体侧方中央的Ⅱ、Ⅲ区为手术操作相对安全的区域。安全区对于手术操作具有重要的指导意义,对预防神经损伤非常关键。腰椎节段越靠下(如 L_4、L_5),神经在椎体侧方行走就越靠前,术中操作损伤神经的风险就越大[21]。为避免损伤神经,在下腰椎手术中操作通道应放置于椎间隙的前中份,但不能超出椎体前缘,以防损伤前方的大血管。若术中并发腰丛神经损伤,患者最常见的症状为大腿前方疼痛和屈髋无力,文献报道患者 XLIF 术后出现大腿前方疼痛、麻木、屈髋无力的比例达 10%,但是此并发症大多为短暂且可逆的,其中 84% 的患者症状在 6 周内缓解,90% 以上的患者症状在 1 年内消失[22-24]。本研究中 3 例患者术后出现屈髋无力,并发症发生率为 7%(3/43),3 例患者均在 6 周内完全恢复正常,此并发症的发生主要与腰大肌损伤和腰丛损伤有关,且为一过性损伤。

综上,XLIF 治疗单节段腰椎管狭窄具有手术时间短、出血量少、术后恢复快、住院时间短等优点,术后椎间融合率高,手术安全性较高,并能获得良好的临床疗效,临床应用前景较好。

[参考文献]

[1] Kalichman L, Cole R, Kim DH, et al. Spinal stenosis prevalence and association with symptoms: the Framingham study[J]. Spine J, 2009, 9(7): 545-550. doi: 10.1016/j.spinee.2009.03.005.

[2] Omidi-Kashani F, Hasankhani EG, Ashjazadeh A. Lumbar spinal stenosis: who should be fused? An updated review[J]. Asian Spine J, 2014, 8(4): 521-530. doi: 10.4184/asj.2014.8.4.521.

[3] Malmivaara A, Slatis P, Heliovaara M, et al. Surgical or nonoperative treatment for lumbar spinal stenosis? A randomized controlled trial[J]. Spine, 2007, 32(1): 1-8. doi: 10.1097/01.brs.0000251014.81875.6d.

[4] Faundez AA, Schwender JD, Safriel Y, et al. Clinical and radiological outcome of anterior-posteriorfusion versus transforaminal lumbar interbody fusion for symptomatic disc degeneration: a retrospective comparative study of 133 patients[J]. Eur Spine J, 2009, 18(2): 203-211. doi: 10.1007/s00586-008-0845-0.

[5] Ghobrial GM, Theofanis T, Darden BV, et al. Unintended durotomy in lumbar degenerative spinal surgery: a 10 year systematic review of the literature[J]. Neurosurg Focus, 2015, 39(4): E8. doi: 10.3171/2015.7.focus15266.

[6] Ozgur BM, Aryan HE, Pimenta L, et al. Extreme lateral interbody fusion (XLIF): a novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion[J]. Spine J, 2006, 6(4): 435-443. doi: 10.1016/j.spinee.2005.08.012.

[7] Costanzo G, Zoccali C, Maykowski P, et al. The role of minimally invasive lateral lumbar interbody fusion in sagittal balance correction and spinal deformity[J]. Eur Spine J, 2014, 23(6): 699-704. doi: 10.1007/s00586-014-3561-y.

[8] 刘希麟,席焱海,马 俊,等. 微创极外侧入路腰椎椎间融合术治疗退行性腰椎椎管狭窄症的初步应用和早期疗效分析[J]. 脊柱外科杂志, 2015, 13(4): 198-202. doi: 10.3969/j.issn.1672-2957.2015.04.002.

[9] Siepe CJ, Stosch-Wiechert K, Heider F, et al. Anterior stand-alone fusion revisited: a prospective clinical, X-ray and CT investigation[J]. Eur Spine J, 2015, 24(6): 838-851. doi: 10.1007/s00586-014-3642-y.

[10] 高志强,李 洋,罗 飞. 对脊柱椎间融合的影像学评价策略[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(48): 7825-7830. doi: 10.3969/j.issn.2095-4344.2015.48.020.

[11] Lang G, Perrech M, Navarro-Ramirez R, et al. Potential and limitations of neural decompression in extreme lateral interbody fusion: a systematic review[J]. World Neurosurg, 2017, 101: 99-113. doi: 10.1016/j.wneu.2017.01.080.

[12] Isaacs RE, Sembrano JN, Tohmeh A, et al. Two-year comparative outcomes of MIS lateral and MIS transforaminal interbody fusion in the treatment of degenerative spondylolisthesis: part Ⅱ: radiographic findings[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, 41(Suppl 8): S133-S144. doi: 10.1097/BRS.0000000000001472.

doi:10.11659/jjssx.05E020018

·临床研究·

超声联合神经刺激仪引导腰丛-坐骨神经阻滞在高龄股骨手术患者中的应用

杨传信[1],鲍 方[1],邓利兵[1],张美琴[2],张 龙[1],周海洲[1],蒋 晖[1] (1.复旦大学附属中山医院青浦分院麻醉科,上海 201700;2.上海中医药大学附属龙华医院骨科,上海 201203)

[摘 要] **目的** 探讨超声联合神经刺激仪引导腰丛-坐骨神经阻滞在高龄股骨手术患者中的应用效果。**方法** 选取2017年2月至2019年7月复旦大学附属中山医院青浦分院收治的行股骨手术的高龄患者86例,根据患者意愿分为对照组(采用神经刺激仪引导腰丛-坐骨神经阻滞)和观察组(采用超声联合神经刺激仪引导腰丛-坐骨神经阻滞),每组43例。记录2组患者围手术期的收缩压、舒张压、心率、阻滞完成时间、阻滞起效时间、阻滞持续时间;比较2组患者视觉模拟疼痛(VAS)评分、Ramsay镇静评分、简易智能精神状态检查量表(MMSE)评分、蒙特利尔认知评估量表(MoCA)评分及并发症发生率。**结果** 患者麻醉前、麻醉后10 min、麻醉后30 min及术毕的收缩压、舒张压、心率组间及组内不同时间点间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。观察组阻滞完成时间、阻滞起效时间均短于对照组,阻滞持续时间长于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。术后6 h、12 h、24 h,观察组VAS评分均低于对照组差异均有统计学意义($P<0.05$)。术后6 h、12 h、24 h,2组患者Ramsay评分比较差异均无统计意义($P>0.05$)。术后12 h,2组患者VAS评分均高于同组术后6 h,Ramsay评分均低于同组术后6 h,差异有统计学意义($P<0.05$)。术后24 h,2组患者VAS评分和Ramsay评分均低于同组术后6 h、12 h,差异有统计学意义($P<0.05$)。患者手术前后MMSE、MoCA评分组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),但术后MMSE、MoCA评分均低于同组术前,差异有统计学意义($P<0.05$)。患者并发症发生率组间比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 超声联合神经刺激仪引导腰丛-坐骨神经阻滞应用于高龄股骨手术患者可以缩短阻滞完成时间和起效时间,延长阻滞持续时间,提高阻滞效果和术后镇痛效果,且不影响患者术中的血流动力学稳定和术后认知功能。

[关键词] 股骨手术;超声;神经刺激仪;腰丛-坐骨神经阻滞;术后镇痛

[中图分类号] R445.1;R614.4 [文献标识码] A [收稿日期] 2020-05-08

[通信作者] 蒋 晖,E-mail:13917351884@163.com

[13] Pereira EA, Farwana M, Lam KS. Extreme lateral interbody fusion relieves symptoms of spinal stenosisand low-grade spondylolisthesis by indirect decompression in complex patients[J]. J Clin Neurosci, 2017, 35:56-61. doi:10.1016/j.jocn.2016.09.010.

[14] Lehmen JA, Gerber EJ. MIS lateral spine surgery: a systematic literature review of complications, outcomes, and economics[J]. Eur Spine J, 2015, 24(suppl3):287-313. doi:10.1007/s00586-015-3886-1.

[15] Rodgers WB, Gerber EJ, Patterson JR. Fusion after minimally disruptive anterior lumbar interbody fusion: analysis of extreme lateral interbody fusion by computed tomography[J]. SAS J, 2010, 4(2):63-66. doi:10.1016/j.esas.2010.03.001.

[16] Malham GM, Ellis NJ, Parker RM, et al. Clinical outcome and fusion rates after the first 30 extreme lateral interbody fusions[J]. Sci World J, 2012, 2012:246989. doi:10.1100/2012/246989.

[17] Berjano P, Balsano M, Buric J, et al. Direct lateral access lumbar and thoracolumbar fusion: preliminary results[J]. Eur Spine J, 2012, 21(1):37-42. doi:10.1007/s00586-012-2217-z.

[18] Pimenta L, Turner AW, Dooley ZA, et al. Biomechanics of lateral interbody spacers: going wider for going stiffer[J]. Sci World J, 2012, 2012:381814. doi:10.1100/2012/381814.

[19] Chan AK, Bisson EF, Mohamad B, et al. A comparison of minimally invasive and open transforaminal lumbar interbody fusion for grade 1 degenerative lumbar spondylolisthesis: an analysis of the prospective quality outcomes database[J]. Neurosurgery, 2020, 87(3):555-562. doi: 10.1093/neuros/nyaa097.

[20] Uribe JS, Arredondo N, Dakwar E, et al. Defining the safe working zones using the minimally invasive lateral retroperitoneal transpsoas approach: an anatomical study[J]. J Neurosurg Spine, 2010, 13(2):260-266. doi:10.3171/2010.3.SPINE09766.

[21] Regev GJ, Chen L, Dhawan M, et al. Morphometric analysis of the ventral nerve roots and retroperitoneal vessels with respect to the minimally invasive lateral approach in normal and deformed spines[J]. Spine, 2009, 34(12):1330-1335. doi:10.1097/BRS.0b013e3181a029e1.

[22] Cummock MD, Vanni S, Levi AD, et al. An analysis of postoperative thigh symptoms after minimally invasive transpsoas lumbar interbody fusion[J]. J Neurosurg Spine, 2011, 15(1):11-18. doi:10.3171/2011.2.SPINE10374.

[23] Moller DJ, Slimack NP, Acosta FL Jr, et al. Minimally invasive lateral lumbar interbody fusion and transpsoas approach-related morbidity[J]. Neuro Surg Focus, 2011, 31(4):E4. doi:10.3171/2011.7.focus11137.

[24] Le TV, Burkett CJ, Deukmedjian AR, et al. Postoperative lumbar plexus injury after lumbar retroperitoneal transpsoas minimally invasive lateral interbody fusion[J]. Spine, 2013, 38(1):13-20. doi:10.1097/BRS.0b013e318278417c.

(编辑:刘 艺)