

· 综述 ·

单侧双通道脊柱内镜治疗腰椎退行性疾病的进展

官丙刚, 杨强

(天津市天津医院, 天津 300211)

摘要: 随着脊柱微创理念和技术的更新, 单侧双通道内镜 (unilateral biportal endoscopy, UBE) 技术因其通过单侧入路即可实现双侧减压等独特的优势, 受到脊柱外科医师的青睐, 被广泛应用于治疗腰椎间盘突出症、腰椎管狭窄症和腰椎滑脱症等腰椎退行性疾病, 取得良好临床效果。本文对相关文献进行综述。

关键词: 腰椎退行性疾病, 微创手术, 单侧双通道内镜

中图分类号: R681.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 13-1210-05

Progress in unilateral biportal endoscopy used for treatment of lumbar degenerative diseases // GUAN Bing-gang, YANG Qiang. Tianjin Hospital, Tianjin 300211, China

Abstract: With the update of minimally invasive spinal concepts and technologies, unilateral biportal endoscopy technology (UBE) had been favored by spinal surgeons due to its unique advantages of achieving bilateral decompression through a unilateral approach. It was widely used in the treatment of lumbar degenerative diseases, such as lumbar disc herniation, lumbar spinal stenosis, and lumbar spondylo-
listhesis, achieving good clinical results. This article provided a review of relevant literature on this field.

Key words: lumbar degenerative disease, minimally invasive surgery, unilateral biportal endoscopy

腰椎退行性疾病是指腰椎自然老化、退变的病理生理过程中出现的一系列病变, 主要包括腰椎间盘突出症 (lumbar disc herniation, LDH)、腰椎管狭窄症 (lumbar spinal stenosis, LSS) 和腰椎滑脱症 (lumbar spondylolisthesis, LS)^[1]。严重的腰椎退行性疾病可以引起腰腿痛甚至神经损害, 影响工作能力和生活质量, 如果保守治疗失败, 常需行外科手术治疗^[2]。与传统的开放性手术相比, 脊柱微创手术不仅具有切口小, 出血少, 并发症少等优点, 而且能实现早期快速康复, 因此, 近年来, 脊柱微创理念和技术得到飞速发展和改良^[3, 4]。单侧双通道内镜 (unilateral biportal endoscopy, UBE) 技术因其通过单侧入路即可实现双侧直接减压等独特的优势, 受到脊柱外科医生的青睐, 被广泛应用于治疗腰椎退行性疾病^[5-7]。通过查阅相关文献, 本文对单侧双通道脊柱内镜技术治疗腰椎退行性疾病的应用进行综述。

1 技术发展

UBE 技术是一种可以在单侧使用双通道治疗脊

柱疾病的微创内镜技术^[8]。它通过 2 个小切口建立 2 个通道, 其一是内镜通道, 即观察通道; 其二是器械通道, 即工作通道。2 个通道位于同侧, 所以操作范围及手术视野更大更开阔, 与单通道内镜技术相比优势更明显。

De Antoni 等^[9, 10]在 1996 年报道使用 UBE 治疗腰椎间盘突出症可以获得更宽阔的视野, 后又对其进行改良, 是 UBE 技术的先驱者。但随着更成熟的单通道同轴脊柱内镜操作技术 (Yeung Endoscopic Spine System, YESS)^[11]和经椎间孔镜 (transforaminal endoscopic spine system, TESSYS)^[12]技术的出现, 使得双通道内镜技术一度停滞不前。近年来, 为了摆脱单通道内镜技术手术视野的限制, 双通道内镜技术再次受到了脊柱外科医生的青睐。Soliman 等^[13]在 2013 年报道了使用 UBE 技术治疗腰椎间盘突出症的研究, 取得良好效果。Choi 等^[14]在 2016 年使用双通道内镜技术治疗腰椎管狭窄症, 并将其命名为双通道内镜脊柱手术 (biportal endoscopic spinal surgery, BESS)。Heo 等^[15]在 2017 使用 UBE 技术进行腰椎椎间融合术, 由此, UBE 技术受到快速的普及和飞速

的发展。

UBE 技术兼具开放手术和微创手术的优势^[16]。根据不同的疾病类型,可选择椎板间入路或椎间孔入路进行治疗,且由于其 2 个独特的观察通道和工作通道可以提供更开阔手术视野,使得有内镜技术经验的手术医师更容易掌握该技术。越来越多的脊柱外科医师将其应用到腰椎退行性疾病的治疗中^[17-19]。

2 UBE 技术在腰椎退行性疾病的应用

2.1 LDH

LDH 是较为常见的腰椎退行性疾病之一,主要因纤维环破裂,髓核突出,刺激或压迫相邻脊神经根,从而引起腰部或下肢疼痛、麻木等一系列临床症状^[20]。对于保守治疗无效的患者,常常需通过行椎间盘切除术以缓解长期持续的症状^[21]。微创脊柱外科技术已广泛应用于 LDH 的治疗。UBE 技术可以提供清晰的手术视野,提高手术的灵活性,帮助手术医生进行精确而广泛的减压。Yuan 等^[22]分别采用 UBE 技术和经皮脊柱内镜下行腰椎间盘摘除术治疗 LDH 患者 50 例,结果表明在手术切口长度、手术时间、术后住院时间以及 VAS 评分的改善方面二者没有显著差异,但术后髓核残余率和术后复发率,UBE 组明显优于经皮脊柱内镜组。Wu 等^[23]通过对 96 例脱垂型 LDH 患者进行研究发现:在治疗重度椎间盘突出症时,UBE 双通道内镜技术比椎间孔单通道内镜具有复发率低、髓核残留率低、学习曲线短、视野好等优点。故采用 UBE 治疗复杂型的 LDH 是安全的和创新的,是对单通道脊柱内镜技术的很好补充。Li 等^[24]通过三维重建技术建立了 UBE 手术中同侧入路和对侧入路的术后腰椎模型,通过对模型终板上应力、纤维环上的剪切力、椎间盘内的压力和 L₅ 节段的运动范围进行生物力学研究,结果表明同侧入路使术后腰椎大多数生物力学指标变差,可能引起术后腰椎不稳定,采用对侧入路 UBE 脊柱内镜手术,可被视为治疗椎间盘突出症的理想手术选择。

2.2 LSS

LSS 是由黄韧带肥厚、小关节肥大、椎间盘突出和腰椎滑脱等多种因素导致的椎管容积改变,常引起腰腿痛、间歇性跛行及一系列神经症状,其中间歇性跛行是其主要特征^[25]。退行性 LSS 最常见于老年人,首选保守治疗,而对保守治疗无效的严重神经根性疼痛和行走障碍患者可考虑手术治疗。传统的手术方法包括椎板开窗、半椎板切除、全椎板切除

等^[26, 27]。传统的开放式手术具有减压充分、神经结构清晰可见的优点,但手术对椎旁肌肉和软组织的广泛剥离可能会导致一系列问题,如术后腰痛、脊柱不稳,以及延长住院时间和术后恢复慢。因此,微创脊柱手术近年来越来越受欢迎。He 等^[28]分别采用 UBE 技术和单通道脊柱内镜技术治疗 65 例腰椎管狭窄症患者,其中 33 例患者接受 UBE 技术手术,32 例患者接受单通道脊柱内镜技术,并随访至少 1 年。结果显示两组术后 ODI、VAS 评分和改良 Macnab 评分无明显差异,但 UBE 组手术时间更短、术后硬膜囊横截面积扩张更大 [(85.6±3.6) mm² vs (71.4±3.4) mm², *P*<0.001],对侧面切除角度更大 [(64.0±3.34)° vs (57.8±3.4)°, *P*<0.001]。Wang 等^[29]采用 UBE 技术行腰椎融合术治疗 73 例退行性 LSS 患者,术后复查 MRI 显示神经减压彻底,术后腰痛和腿痛、JOA、ODI 及 VAS 评分均显著改善,术后 6 个月的影像学检查显示,37 例 (50.7%) 出现节段融合,30 例 (41.1%) 出现不完全融合,6 例 (8.2%) 没有融合迹象。然而在术后 1 年的随访中,所有病例都实现了骨性融合。Jia 等^[30]回顾性分析 26 名采用 UBE 技术治疗的多节段腰椎管狭窄症患者,术后腰腿痛症状缓解明显,术后 7 d VAS 评分及 ODI 评分明显改善,术后 6 个月随访腰椎 CT 矢状径与术前比改善明显。基于此,他们认为 UBE 技术是一种安全可靠的治疗多节段腰椎管狭窄症的微创术式。

2.3 LS

LS 是指两个椎体的相对移位,导致脊柱不稳定,并压迫相应的神经,从而产生慢性和持续的腰腿痛或神经症状。而退变因素致腰椎滑脱者占 60% 以上^[31]。如果保守治疗失败,通常会考虑手术治疗。腰椎融合术被认为是治疗 LS 的常用手术方法^[32]。然而,传统的开放式融合术破坏了椎旁软组织正常的解剖结构,会造成更大的损伤和更多的出血,术后恢复困难。随着微创脊柱技术的发展和理念的更新,基于 UBE 技术的腰椎融合术 (UBE-TLIF) 以其开阔的视野,创伤小、术中出血少、临床效果好等优点,越来越多的研究报道了其良好治疗效果。Sakhrekar 等^[33]报道了采用 UBE-TLIF 治疗 1 例 66 岁 LS 女患者,术后效果良好,他认为 UBE-TLIF 作为一种脊柱微创手术的优势明显。Guo 等^[34]回顾性分析 49 例 LS 患者,其中 26 例接受 UBE-TLIF,23 例接受 MIS-TLIF,术后两组患者 VAS、ODI 评分均较术前有明显改善,术后 2 年随访影像学检查提示腰椎前凸角、椎间盘高度和腰椎间融合率均较术前有明显改善,且两

组术后并发症无明显差异, 因此他们认为 UBE 技术可以作为治疗 LS 的一种安全有效的选择。

3 UBE 技术的常见并发症

3.1 硬脊膜撕裂

硬脊膜撕裂是 UBE 手术的常见并发症之一。UBE 技术可提供更开阔的手术视野, 且术中持续冲洗的液体可以轻微压迫硬脊膜, 相当于变相地扩大了对侧硬膜外间隙。因此, 采用 UBE 技术行对侧减压会相对更容易进行, 硬脊膜撕裂的风险会更低, 但关于 UBE 技术导致的硬脊膜撕裂仍时有报道。Kim 等^[35]指出硬脊膜背侧撕裂的主要原因可能是术中膜椎韧带剥离不足, 在没有找到各组织结构边缘的情况下切除黄韧带时撕裂硬脊膜。Park 等^[36]发现椎管内钙化的存在与硬膜撕裂的发生显著相关, 因此当存在钙化时需要更仔细的操作。预防损伤的前提是保持生理盐水输出的畅通, 控制硬膜外小血管出血和骨表面出血, 从而获得清晰的视野, 帮助医师看清结构边界。硬膜外粘连需要提前评估, 轻轻切除可以降低硬膜撕裂的发生率。此外, 黄韧带是底层神经组织的完美保护器, 在椎板切除术完成之前, 它可以有效地保护硬脊膜免受损伤。对于 UBE 技术的初学者来说, 在操作不熟练或解剖结构不清楚的情况下, 使用神经剥离子要安全得多。需要强调的是, 硬膜撕裂后应尽快结束手术, 因为静水压力会通过硬膜撕裂处向上传播, 导致继发性中枢神经系统损伤。Choi 等^[37]研究指出: 硬脊膜撕裂 $<4\text{ mm}$ 时, 术中无需任何干预, 术后需卧床休息 24 h; $4\sim 12\text{ mm}$ 时, 可用纤维蛋白补片修复, 住院期间需密切观察; $>12\text{ mm}$ 时, 需进行缝合, 边缘规则的可用纤维蛋白补片进行封闭。

3.2 硬膜外血肿

硬膜外血肿一旦发生可能压迫神经, 严重的会引起马尾综合征甚至瘫痪^[38, 39]。硬膜外血肿的发生与术中止血不足密切相关, 因为使用输液泵连续输注生理盐水可以保持术中视野畅通。当静水压高时, 这可能会掩盖出血部位, 并导致术中止血不完全, 当静水压力停止时, 仍存在小的出血点。因此, 当静水压力降低时需要再次检查出血点, 对背部肌肉层小出血灶、椎板切除术部位骨出血和硬膜外小血管进行细致止血, 可以降低硬膜外血肿的发生率。通常, 30 mmHg 的盐水压力可以保持清晰的手术视野, 并且还将降低鞘囊上的压力。硬膜外血肿发生时, 无神经损伤症状者可保守治疗 3 周, 一旦症状逐渐恶化, 需要

立即识别血肿, 并通过 UBE 或开放手术尽快进行手术清除。

3.3 不完全减压和医源性腰椎不稳定

不完全减压使得术后仍存在部分神经压迫症状, 这可能与初学者缺乏经验或术中减压困难有关。因此, 对于每一个病例, 都需要选择合适的手术方式。术前需进行充分的评估, 通过仔细阅片, 判断椎间盘突出或椎管狭窄的严重程度和神经压迫位置, 确定术中应达到减压范围。术后腰椎不稳定可进展为腰椎滑脱, 严重者甚至需再次手术。预防医源性不稳定的关键是减少骨性结构破坏。单侧峡部裂无神经损伤症状和单侧关节突关节损伤可随访观察; 但进行性腰椎滑脱伴剧烈腰痛或神经压迫症状者, 需行椎间融合手术。

3.4 神经根损伤

神经根损伤较少见, 但仍可能发生于 UBE 手术中。其原因通常是初学者不熟练或不规范操作, 术中操作时间过久、持续灌注时间长或操作器械挤压刺激神经根所致。因此要规范操作, 术前多练习, 熟练掌握 UBE 器械操作, 缩短手术时间, 尽量避免损伤神经根。

3.5 感染和贫血

与开放性手术相比, UBE 手术后感染率很低, 其原因归功于术中持续使用生理盐水冲洗。UBE 手术的出血量通常难以准确计算, 其原因为术中大量隐性失血存在, 一旦忽视, 极易引起贫血, 因此要尽量缩短手术时间, 规范操作, 仔细止血, 加强围手术期管理。

4 总结及展望

UBE 技术并不是一种新的手术方法, 而是随着微创理念和脊柱内镜技术的持续发展和更新, 再次被广泛应用于腰椎退行性疾病的治疗。随着 UBE 技术在腰椎退行性疾病的临床应用越来越广泛, 其学习曲线将更加平坦, 疗效会越来越好, 术后并发症会越来越少。对于采用单通道内镜技术存在局限性和不确定性的复杂腰椎退行性疾病, UBE 技术提供一种新的选择和治疗思路。目前关于 UBE 技术治疗腰椎退行性疾病的高质量随机对照研究较少, 且随访年限不足, 其安全性和有效性仍需进一步研究。总之, 脊柱外科医生应结合自身的手术水平与腰椎退行性疾病的特点, 选择合适的手术方式以获得最佳的临床效果。

参考文献

- [1] 潘渝浩, 万颢, 邓轩赓, 等. 两种微创融合术治疗腰退行性疾病比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31 (17): 1555-1560. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.17.04.
Pan YH, Wan D, Deng XG, et al. Comparison of two minimally invasive fusion procedures for lumbar degenerative diseases [J]. Orthopedic Journal of China, 2023, 31 (17): 1555-1560. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.17.04.
- [2] Bjerkeset T, Johnsen LG, Kibsgaard L, et al. Surgical treatment of degenerative lumbar diseases [J]. Tidsskr Nor Laegeforen, 2005, 125 (13): 1817-1819.
- [3] Sarwahi V, Visahan K, Hasan S, et al. Single long-incision minimally invasive surgery [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2024, 49 (5): 356-363. DOI: 10.1097/BRS.00000000000004752.
- [4] Patel K, Harikar MM, Venkataram T, et al. Is Minimally invasive spinal surgery superior to endoscopic spine surgery in postoperative radiologic outcomes of lumbar spine degenerative disease? A systematic review [J]. J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg, 2024, 85 (2): 182-191. DOI: 10.1055/a-2029-2694.
- [5] Bui AT, Trinh GM, Wu MH, et al. Indications for and outcomes of three unilateral biportal endoscopic approaches for the decompression of degenerative lumbar spinal stenosis: a systematic review [J]. Diagnostics (Basel), 2023, 13 (6): 1092. DOI: 10.3390/diagnostics13061092.
- [6] Zheng B, Xu S, Guo C, et al. Efficacy and safety of unilateral biportal endoscopy versus other spine surgery: a systematic review and meta-analysis [J]. Front Surg, 2022, 9: 911914. DOI: 10.3389/fsurg.2022.911914.
- [7] Chu PL, Wang T, Zheng JL, et al. Global and current research trends of unilateral biportal endoscopy/biportal endoscopic spinal surgery in the treatment of lumbar degenerative diseases: a bibliometric and visualization study [J]. Orthop Surg, 2022, 14 (4): 635-643. DOI: 10.1111/os.13216.
- [8] Yu Z, Ye C, Alhendi MA, et al. Unilateral biportal endoscopy for the treatment of lumbar disc herniation [J]. J Vis Exp, 2023, 202: E65497. DOI: 10.3791/65497.
- [9] De Antoni DJ, Claro ML, Poehling GG, et al. Translaminar lumbar epidural endoscopy: anatomy, technique, and indications [J]. Arthroscopy, 1996, 12 (3): 330-334. DOI: 10.1016/s0749-8063 (96) 90069-9.
- [10] DeAntoni DJ, Claro ML, Poehling GG, et al. Translaminar lumbar epidural endoscopy: technique and clinical results [J]. J South Orthop Assoc, 1998, 7 (1): 6-12.
- [11] Yeung AT. Minimally invasive disc surgery with the yeung endoscopic spine system (YESS) [J]. Surg Technol Int, 1999, 8: 267-277.
- [12] Hoogland T, Schubert M, Miklitz B, et al. Transforaminal posterolateral endoscopic discectomy with or without the combination of a low-dose chymopapain: a prospective randomized study in 280 consecutive cases [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2006, 31 (24): E890-E897. DOI: 10.1097/01.brs.0000245955.22358.3a.
- [13] Soliman HM. Irrigation endoscopic discectomy: a novel percutaneous approach for lumbar disc prolapse [J]. Eur Spine J, 2013, 22 (5): 1037-1044. DOI: 10.1007/s00586-013-2701-0.
- [14] Choi CM, Chung JT, Lee SJ, et al. How I do it? Biportal endoscopic spinal surgery (BESS) for treatment of lumbar spinal stenosis [J]. Acta Neurochir (Wien), 2016, 158 (3): 459-463. DOI: 10.1007/s00701-015-2670-7.
- [15] 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 [J]. Neurosurg Focus, 2017, 43 (2): E8. DOI: 10.3171/2017.5.FOCUS.17146.
- [16] Xie X, Zhang G, Liu N. Clinical effect of unilateral biportal endoscopy in the treatment of lumbar diseases: a systematic review and meta-analysis [J]. Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne, 2022, 17 (1): 61-68. DOI: 10.5114/wiitm.2021.110413.
- [17] Zhang Y, Feng B, Hu P, et al. One-hole split endoscopy technique versus unilateral biportal endoscopy technique for L5-S1 lumbar disk herniation: analysis of clinical and radiologic outcomes [J]. J Orthop Surg Res, 2023, 18 (1): 668. DOI: 10.1186/s13018-023-04159-9.
- [18] Park DK, Weng C, Zakko P, et al. Unilateral biportal endoscopy for lumbar spinal stenosis and lumbar disc herniation [J]. JBJS Essent Surg Tech, 2023, 13 (2): e22.00020. DOI: 10.2106/JBJS.ST.22.00020.
- [19] 仲新宇, 李大鹏, 张懿明, 等. 单侧双通道内镜治疗重度游离型腰椎间盘突出 [J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31 (11): 1039-1041. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.11.16.
Zhong XY, Li DP, Zhang YM, et al. Unilateral biportal endoscopy for severe sequestered lumbar disc herniation [J]. Orthopedic Journal of China, 2023, 31 (11): 1039-1041. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.11.16.
- [20] Zhang AS, Xu A, Ansari K, et al. Lumbar disc herniation: diagnosis and management [J]. Am J Med, 2023, 136 (7): 645-651. DOI: 10.1016/j.amjmed.2023.03.024.
- [21] 李凯华, 李玉民, 闫龙涛, 等. 两种内镜术式治疗腰椎巨大椎间盘突出比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31 (13): 1232-1234. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.13.16.
Li KH, Li YM, Yan LT, et al. Percutaneous endoscopic interlaminar discectomy versus percutaneous endoscopic transforaminal discectomy for huge lumbar disc herniation [J]. Orthopedic Journal of China, 2023, 31 (13): 1232-1234. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.13.16.
- [22] Yuan C, Wen B, Lin H. Clinical analysis of minimally invasive percutaneous treatment of severe lumbar disc herniation with UBE two-channel endoscopy and foraminal single-channel endoscopy technique [J]. Oxid Med Cell Longev, 2022, 2022: 9264852. DOI: 10.1155/2022/9264852.
- [23] Wu S, Zhong D, Zhao G, et al. Comparison of clinical outcomes between unilateral biportal endoscopic discectomy and percutaneous

- endoscopic interlaminar discectomy for migrated lumbar disc herniation at lower lumbar spine: a retrospective controlled study [J]. *J Orthop Surg Res*, 2024, 19 (1) : 21. DOI: 10.1186/s13018-023-04484-z.
- [24] Li W, Han J, Xin Q, et al. Finite element mechanical analysis of ipsilateral approach and contralateral approach in unilateral bilateral endoscopic spine surgery [J]. *J Orthop Surg Res*, 2023, 18 (1) : 979. DOI: 10.1186/s13018-023-04476-z.
- [25] Lurie J, Tomkins-Lane C. Management of lumbar spinal stenosis [J]. *BMJ*, 2016, 352 : h6234. DOI: 10.1136/bmj.h6234.
- [26] Zaina F, Tomkins-Lane C, Carragee E, et al. Surgical versus non-surgical treatment for lumbar spinal stenosis [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2016, 2016 (1) : D10264. DOI: 10.1002/14651858.CD010264.pub2.
- [27] Katz JN, Zimmerman ZE, Mass H, et al. Diagnosis and management of lumbar spinal stenosis: a review [J]. *JAMA*, 2022, 327 (17) : 1688-1699. DOI: 10.1001/jama.2022.5921.
- [28] He BL, Zhu ZC, Lin LQ, et al. Comparison of biportal endoscopic technique and uniportal endoscopic technique in unilateral laminectomy for bilateral decompression (ULBD) for lumbar spinal stenosis [J]. *Asian J Surg*, 2024, 47 (1) : 112-117. DOI: 10.1016/j.asjsur.2023.05.068.
- [29] Wang X, Tian Z, Mansuerjiang M, et al. A single-arm retrospective study of the clinical efficacy of unilateral biportal endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion for lumbar spinal stenosis [J]. *Front Surg*, 2022, 9 : 1062451. DOI: 10.3389/fsurg.2022.1062451.
- [30] Jia D, Qiao X, Wang X, et al. Early efficacy observation of the unilateral biportal endoscopic technique in the treatment of multi-level lumbar spinal stenosis [J]. *J Orthop Surg Res*, 2024, 19 (1) : 117. DOI: 10.1186/s13018-024-04575-5.
- [31] Bydon M, Alvi MA, Goyal A. Degenerative lumbar spondylolisthesis: definition, natural history, conservative management, and surgical treatment [J]. *Neurosurg Clin N Am*, 2019, 30 (3) : 299-304. DOI: 10.1016/j.nec.2019.02.003.
- [32] Akkawi I, Zmerly H. Degenerative spondylolisthesis: a narrative review [J]. *Acta Biomed*, 2022, 92 (6) : e2021313. DOI: 10.23750/abm.v92i6.10526.
- [33] Sakhrekar R, Ha JS, Han HD, et al. The past, present, and future of unilateral biportal endoscopy with a technical note on novel endoscopic visualization pedicle screw insertion technique and UBE-transforaminal lumbar interbody fusion technique with literature review [J]. *J Orthop Case Rep*, 2023, 13 (12) : 165-171. DOI: 10.13107/jocr.2023.v13.i12.4120.
- [34] Guo W, Li T, Feng C, et al. Clinical comparison of unilateral biportal endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion versus 3D microscope-assisted transforaminal lumbar interbody fusion in the treatment of single-segment lumbar spondylolisthesis with lumbar spinal stenosis: a retrospective study with 24-month follow-up [J]. *J Orthop Surg Res*, 2023, 18 (1) : 943. DOI: 10.1186/s13018-023-04401-4.
- [35] Kim JE, Choi DJ, Park EJ. Risk factors and options of management for an incidental dural tear in biportal endoscopic spine surgery [J]. *Asian Spine J*, 2020, 14 (6) : 790-800. DOI: 10.31616/asj.2019.0297.
- [36] Park HJ, Kim SK, Lee SC, et al. Dural tears in percutaneous biportal endoscopic spine surgery: anatomical location and management [J]. *World Neurosurg*, 2020, 136 : e578-e585. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.01.080.
- [37] Choi DJ, Jung JT, Lee SJ, et al. Biportal endoscopic spinal surgery for recurrent lumbar disc herniations [J]. *Clin Orthop Surg*, 2016, 8 (3) : 325-329. DOI: 10.4055/cios.2016.8.3.325.
- [38] Xu J, Wang D, Liu J, et al. Learning curve and complications of unilateral biportal endoscopy: cumulative sum and risk-adjusted cumulative sum analysis [J]. *Neurospine*, 2022, 19 (3) : 792-804. DOI: 10.14245/ns.2143116.558.
- [39] Li YS, Chen CM, Hsu CJ, et al. Complications of unilateral biportal endoscopic lumbar discectomy: a systematic review [J]. *World Neurosurg*, 2022, 168 : 359-368. DOI: 10.1016/j.wneu.2022.10.038.

(收稿:2024-02-05 修回:2024-03-12)
(同行评议专家:夏群,徐天同)
(本文编辑:宁桦)