

# 单侧双通道内镜下椎间融合术在腰椎退行性疾病中的应用现状

张晓春, 苏春, 张晋\*

昆明医科大学第五附属医院骨科, 云南 个旧

收稿日期: 2023年4月28日; 录用日期: 2023年5月21日; 发布日期: 2023年5月30日

## 摘要

[目的]对单侧双通道内镜下腰椎椎间融合术在腰椎退行性疾病中的应用现状进行综述。[方法]作者通过查阅中外关于单侧双通道内镜下腰椎椎间融合术治疗腰椎退行性疾病的相关文献, 综述其发展历程、应用现状、手术方式、并发症等。[结果]单侧双通道内镜下腰椎椎间融合术在腰椎退行性疾病中应用日益广泛, 主要应用于腰椎管狭窄症及腰椎滑脱患者, 发展出了数种手术方式, 其并发症主要包括硬膜撕裂、硬膜外血肿、神经损伤或刺激。[结论]单侧双通道内镜下腰椎椎间融合术在腰椎退行性疾病领域目前取得较为满意的疗效, 具有突出优势, 其发展前景广阔。

## 关键词

单侧双通道内镜, 腰椎退行性疾病, 腰椎椎间融合术

# Application Status of Unilateral Biportal Endoscopic Lumbar Interbody Fusion in Lumbar Degenerative Diseases

Xiaochun Zhang, Chun Su, Jin Zhang\*

Department of Orthopedics, Fifth Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Gejiu Yunnan

Received: Apr. 28<sup>th</sup>, 2023; accepted: May 21<sup>st</sup>, 2023; published: May 30<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

**Objective:** To review the application of Unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion in lumbar degenerative diseases.

**文章引用:** 张晓春, 苏春, 张晋. 单侧双通道内镜下椎间融合术在腰椎退行性疾病中的应用现状[J]. 临床医学进展, 2023, 13(5): 8708-8714. DOI: 10.12677/acm.2023.1351217

**lumbar degenerative diseases. Methods:** The author reviewed the literature on the treatment of lumbar degenerative diseases by Unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion at home and abroad, and summarized its development history, application status, surgical methods, and complications. **Results:** Unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion is increasingly widely used in lumbar degenerative diseases. It is mainly used in patients with lumbar spinal stenosis and lumbar spondylolisthesis. Several surgical methods have been developed. The complications mainly include dural tear, epidural hematoma, nerve injury or stimulation. **Conclusion:** Unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion has achieved satisfactory results in the field of lumbar degenerative diseases, with outstanding advantages and broad development prospects.

## Keywords

Unilateral Dual-Channel Endoscopy, Lumbar Degenerative Disease, Lumbar Interbody Fusion

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

腰椎椎间融合术(lumbar interbody fusion, LIF)经过长足的发展,作为脊柱外科成熟的技术在腰椎疾患中广泛应用,包括退行性病变、创伤、感染、肿瘤等领域,治疗效果确切[1]。更是发展出了后路椎体间腰椎融合术(posterior lumbar interbody fusion, PLIF)、经椎间孔腰椎椎体间融合术(transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)等多种技术。PLIF 及其相关的融合方法更是脊柱关节融合术的代表[2]。这些传统手术方式固然可以实现广泛的神经减压及融合固定,但造成的解剖结构破坏也较大,患者往往需要长时间的恢复,且在终板准备方面也具有难度[3]。1991年, Kambin [4]提出内镜下椎间盘切除术治疗椎间盘疾病安全、有效,应用于腰椎椎间融合术是可行的。内窥镜脊柱手术技术近年来应用于各个脊柱区域,并取得了良好的临床效果[5]。目前单侧双通道内镜技术(unilateral biportal endoscopic, UBE)发展迅猛,而单侧双通道内镜下腰椎椎间融合术(unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion, ULIF)的开展也越来越广泛,本文就 ULIF 在腰椎退行性疾病中的应用、术式及并发症等综述如下。

## 2. UBE 曲折的发展历程

UBE 是近几年来脊柱外科领域的学术热点,并不是一项完全崭新的技术,其发展历程十分曲折。事实上,早在 1996 年 Antoni 等[6]就较为详细的报道了其解剖入路、手术方法及适应症。1999 年, Yeung 研发的脊柱内镜操作系统(Yeung Endoscopic Spine System, YESS) [7],成为了脊柱外科内镜技术的里程碑,自此单通道内镜技术不断完善,还发展出椎间孔镜脊柱系统(transforaminal endoscopic spine system, TESSY) [8],导致 UBE 技术暂时被遗忘。至 2013 年, Soliman [9]发表单侧双通道关节镜下腰椎间盘切除术前瞻性研究,重新引起学术界的关注,随后 Heo DH 团队[10] [11] 2016 年发表了 UBE 技术应用于腰椎管狭窄症及 2017 年发表 ULIF 技术治疗腰椎退行性病变的研究,均取得较为满意的疗效,认为其可能是腰椎退行性病变手术治疗的发展趋势。至此,UBE 才重新回归大众视野。

## 3. ULIF 在腰椎退行性病变中的应用

腰椎退行性病变中, ULIF 应用于合并腰椎不稳或减压术后可能腰椎不稳的病例,主要为腰椎滑脱症、

腰椎管狭窄症患者。

### 3.1. 腰椎间盘突出症

单纯的腰椎间盘突出症患者通过 UBE 下减压手术往往可获得较为满意的疗效[12] [13] [14]，对复发性腰椎间盘突出症也有报道 ULIF 取得良好的疗效[15]。ULIF 治疗腰椎间盘突出伴腰椎不稳的研究报道较少[16] [17] [18]。目前报道的该类患者行 ULIF 治疗效果满意，与传统术式疗效相似，但与腰椎管狭窄症及腰椎滑脱症相比样本量很少，需要更多的实验研究证明其疗效及安全性。

### 3.2. 腰椎管狭窄症

Aizawa 等[19]一项 25 年间的 400 万人口大样本数据统计分析指出，针对 LIF 组的术后第一天肌酸激酶水平显著低于 TLIF 组，说明 ULIF 对于肌肉组织的损伤的确更少。退行性疾病进行的脊柱手术数量从 705 例增加到 3448 例，增加了约 5 倍，其中腰椎管狭窄症者占比最高(35.9%)。随着 UBE 技术的发展，ULIF 应用于腰椎管狭窄症的减压已经十分广泛[20]，对腰椎管狭窄症患者行 ULIF 手术的研究也在逐步开展。最近，Wang 等[21]发表了一项 ULIF 治疗腰椎管狭窄症的单臂研究，所有患者术后 MRI 均显示减压效果满意，术后腰腿痛 VAS、JOA、ODI 评分较术前明显改善。随访改良 Macnab 标准，优良率为 87.67%，并发症发生率为 12.33%，末次随访中骨融合率 100%，作者认为 UBE-TLIF 手术有创伤小、术后恢复快等优点，是一种有效、安全的微创融合手术，可作为 LSS 的治疗方案。郭文龙[22]发表的研究中，33 例椎管狭窄症患者术后腰腿痛 VAS 评分、ODI 评分、SF-36 量表评分均显著改善，仅 1 例出现一过性神经根症状，术后随访融合器位置均良好，表现出减轻早期疼痛、利于功能恢复的优势，作者还强调了准确建立初始工作间隙在该手术中的重要性。倪双洋团队[23]发表的 UBE-PLIF 与 MIS-TLIF 治疗腰椎退行性疾病对比研究中也取得满意的疗效，认为 UBE-PLIF 可以作为手术方案的新选择，研究包括 12 例腰椎管狭窄症患者，结果显示术中失血量、术后引流量、术后 3 个月腰腿痛 VAS 评分均优于 MIS-TLIF 组，未发生并发症，术后 6 月随访融合率达 100% (含 I、II 级融合)。陈栎昀等[24]报道的 ULIF 与 TLIF 对比中，ULIF 组在手术时间、术中出血量、术后住院时间、术后 1 周的背部 VAS 评分均优于 TLIF 组，两组融合率都为 100%，认为虽然 ULIF 适应症范围较小，但能更好的缓解早期疼痛。江潮[25]比较了 ULIF 与 MIS-TLIF 组取得相似疗效，作者认为 ULIF 学习难度大，有关节镜手术经验的医师会具备一定优势。孔凡国[26]与朱剑[27]都报道了 ULIF 组治疗腰椎管狭窄症与对照组的融合率没有明显差异，指出镜下植骨床准备环节能完整去除软骨终板，为植骨融合提供了有利条件。

### 3.3. 腰椎滑脱症

ULIF 目前仅应用于 Meyerding 腰椎滑脱分度为 I 度、II 度的腰椎滑脱症患者，尚无用于治疗重度腰椎滑脱的报道。在美国全国腰椎择期手术数据统计分析中，腰椎滑脱症占择期腰椎融合术的首位[28]。Heo 团队[11]率先报道了 ULIF 应用于腰椎滑脱症患者，其中退行性滑脱 51 例，峡部滑脱 9 例，研究随访平均 13.5 个月，术后 MRI 均显示神经根减压良好，患者术后 VAS 和 ODI 评分显著改善，术后出现硬膜囊撕裂、硬膜外血肿的病例，没有出现神经损伤症状，并发症发生率为 7.04%，保守治疗后均治愈。Park [29]的研究较为系统的报道了 ULIF 在腰椎退行性疾病患者中的应用，研究对象主要为腰椎滑脱症患者。作者从手术技术、临床指标、并发症、放射学结果 4 个方面与传统 PLIF 进行疗效比较。结果两组术后一年的疼痛、ODI 评分、腰椎融合率及手术并发症发生率无显著差异，但 ULIF 组输血率为 0 明显低于 PLIF 组 20%，术后一周时 ULIF 组的背部疼痛也更轻，并发症方面虽然总体发生率近似，但 ULIF 组主要为硬膜囊撕裂，而 PLIF 组神经损伤及感染各 1 例，进行为期 1 年的随访，两组的融合率均 $\geq 90\%$ ，该研究表明 ULIF 具有与 PLIF 在减压与稳定方面相似的疗效外更微创，有失血量小、早期疼痛减轻的优

势。宋鑫[30]的 ULIF 治疗腰椎滑脱症与 MIS-TLIF 相比较,取得相似的治疗效果,同时 ULIF 切口小、出血少,减少了对脊柱结构包括骨质、肌肉损伤,可以作为腰椎滑脱患者的手术方案。Bo Zheng [16]的研究中包含了 32 例行 ULIF 治疗的腰椎滑脱症患者,取得满意的早期疗效及融合率,还重点关注了患者的肌酸激酶水平,结果显示 ULIF 组的术后第一天肌酸激酶水平( $205.94 \pm 8.59$ ) U/L 显著低于 TLIF 组( $312.24 \pm 7.19$ ) U/L ( $P < 0.001$ ),说明 ULIF 对于肌肉组织的损伤的确更少。

#### 4. ULIF 的术式

腰椎椎间融合术治疗腰椎退行性疾病疗效确切,随着 UBE 发展,基于已有的技术发展出了数种手术方式,其中 UBE-TLIF 应用最广泛。UBE-TLIF [3] [31]其麻醉方式及体位与 TLIF 相同,切口定位于责任节段症状较重一侧,正面观于椎间盘水平上下各约 1 cm 的椎弓根处,做长约 1 cm 横行切口,通常以术者左侧作为观察通道,右侧(优势手)作为工作通道。切开皮肤、皮下组织,深筋膜后,扩张器逐级扩张至椎板骨性表面,连接冲洗系统检查通畅性,镜下清理椎板表面组织,显露棘突与上位椎板下缘连接处的骨性标志,利用磨钻、骨凿、咬骨钳等切除同侧椎板后,切除部分关节突关节,扩大出口根与行走根的空间,切除骨质用于椎间植骨。切除压迫覆盖于硬膜囊、神经根的黄韧带完成减压。如需完成对侧减压,则用磨钻等沿棘突根部、对侧椎板内侧磨除骨质,咬除黄韧带,显露对侧硬膜,找到上、下关节突部分切除并减压。牵开并保护硬膜囊,应用髓核钳等器械进行椎间盘切除,显露终板。镜下刮匙彻底刮除软骨终板,暴露软骨下骨,在内镜与透视辅助下将上述自体骨质(必要时加入同种异体骨)经套管植入并夯实,植入合适的椎间融合器,透视融合器位置满意后,对侧做两个同位置切口,经皮行椎弓根螺钉固定。

由于 UBE-TLIF 因植入 Cage 尺寸小,会受到融合器下沉的困扰,Heo [32]改进出改良远外侧入路,其两个通道切口需扩大至 2 cm,此外还需做关节突全切除,在植入融合器时,在原切口外侧椎间隙水平再做 1 切口,作为大号融合器插入通道,但该技术由于融合器较大,有损伤神经根的可能,作者建议在距离更宽的腰椎下段(L4-5 和 L5-S1)使用该技术。UBE-PLIF 的切口定位于责任节段椎间盘水平上下 1 cm,椎弓根外侧约 2 cm 处,建立通道后手术技术与 PLIF 基本一致[23]。

#### 5. ULIF 的并发症

目前已发表的研究中,ULIF 的并发症发生率在 0%~12.33%之间[21] [33]。ULIF 的术后并发症与 UBE 技术相关,主要为硬膜囊撕裂、硬膜外血肿、神经刺激或损伤症状,其余为减压不充分、术后头痛[34] [35]。也可发生椎间融合相关的并发症(融合器下沉、内固定松动、植骨不融合) [29]。后者发生率较低且与传统手术类似,以下主要阐述与 UBE 技术相关的主要并发症。

硬膜囊撕裂作为 ULIF 的首位并发症,尤其在腰椎管狭窄症患者中最多见[36]。该并发症常发生于黄韧带切除过程中,主要是由于增生的黄韧带与硬膜粘连以及未控制的出血导致视野模糊,开展早期因为对技术和视野的不熟悉更容易发生[37] [38],所以术前控制血压,术中仔细分离粘连并及时止血显得尤为重要。如果在 UBE 手术中硬膜撕裂很小(<4 mm)无法修复,选择保守治疗卧床休息可以治愈,但发生大面积硬膜撕裂或缺损时,应中转显微手术或开放手术行硬膜修复。对于术中发现的硬膜囊撕裂,Heo 和 Gatam 分别尝试使用非穿透硬膜夹和硬膜囊补片修复硬膜囊撕裂均取得满意疗效[39] [40]。为开展 ULIF 的脊柱外科医师提供了一定参考。

ULIF 手术中的硬膜外血肿包括有症状(常表现为神经压迫)和无症状硬膜外血肿。可能是因为盐水持续冲洗引流形成的压力使骨面微小出血点被忽视,没有达到精细止血导致硬膜外血肿的形成,进行了双侧椎板切除的比单侧椎板切除更容易发生该情况[41]。对于 ULIF 中的无症状硬膜外血肿,多数经保守治疗后治愈[11] [21]。有症状硬膜外血肿的诊断需要将临床症和与 MRI 结合,对于无症状的硬膜外血

肿, MRI 也可以将凝固血块与均匀的组织液(或生理盐水)区别。如果证实有压迫性血肿, 应尽快进行手术清除。患者神经功能的预后取决于清除的时间早晚和神经功能损伤程度[42]。

ULIF 术中神经刺激或损伤可表现为患者术后同侧或(和)对侧的腰臀部或腰腿部麻痹、疼痛的神经根症状。术中不规范操作是造成该并发症的原因之一, 而传统关节镜的射频消融器电压过高造成可能造成热损伤, 可以使用低压射频电凝器代替以减少热损伤发生[34] [43]。多数患者表现为短暂性的神经根性麻痹或疼痛, 往往经保守治疗能迅速好转。若患者出现持续不缓解的肌力下降、麻痹症状, 需要门诊随访进行康复治疗[3]。

## 6. 总结与展望

综上, ULIF 在腰椎退行性疾病中的应用取得满意的疗效, 具有其特殊优势, 使腰椎退行性疾病的椎间融合手术又多了一个选择。结合目前发表文献及病例数量, ULIF 在韩国及我国均蓬勃发展。ULIF 相较于传统手术, 能极大地降低感染风险, 目前尚无关于 ULIF 术后感染的报道, 镜下行终板制备更有利于椎间的植骨融合, 对椎旁肌肉、骨质等损伤更小, 保留了脊柱结构, 更有利于患者早期康复[31] [44]。ULIF 目前只在腰椎单节段进行, 对于重度滑脱、侧凸畸形、椎间隙严重狭窄等难以正确建立通道的患者无法开展, UBE 技术学习曲线也相对陡峭[45] [46]。

总而言之, ULIF 作为镜下融合的一种类型, 对腰椎退行性疾病的疗效是值得肯定的, 也是脊柱内镜技术发展的趋势。但还需要更多长期随访的队列研究和随机临床试验验证其安全性及有效性[47]。这也意味着目前 ULIF 在腰椎退行性疾病中的应用研究热度将会保持甚至更高, 其应用范围随着研究深入也将更广。

## 参考文献

- [1] Mobbs, R.J., Phan, K., Malham, G., Seex, K. and Rao, P.J. (2015) Lumbar Interbody Fusion: Techniques, Indications and Comparison of Interbody Fusion Options Including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. *Journal of Spine Surgery*, **1**, 2-18.
- [2] Fenton-White, H.A. (2021) Trailblazing: The Historical Development of the Posterior Lumbar Interbody Fusion (PLIF). *The Spine Journal*, **21**, 1528-1541. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2021.03.016>
- [3] Kim, J.-E. and Choi, D.-J. (2018) Biptoral Endoscopic Transforaminal Lumbar Interbody Fusion with Arthroscopy. *Clinics in Orthopedic Surgery*, **10**, 248-252. <https://doi.org/10.4055/cios.2018.10.2.248>
- [4] Kambin, P. (1991) Arthroscopic Microdiscectomy. *The Mount Sinai Journal of Medicine*, **58**, 159-164.
- [5] Kim, H.S., Wu, P.H. and Jang, I.-T. (2020) Current and Future of Endoscopic Spine Surgery: What Are the Common Procedures We Have Now and What Lies Ahead? *World Neurosurgery*, **140**, 642-653. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.03.111>
- [6] De Antoni, D.J., Claro, M.L., Poehling, G.G. and Hughes, S.S. (1996) Translaminar Lumbar Epidural Endoscopy: Anatomy, Technique, and Indications. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, **12**, 330-334. [https://doi.org/10.1016/S0749-8063\(96\)90069-9](https://doi.org/10.1016/S0749-8063(96)90069-9)
- [7] Yeung, A.T. (1999) Minimally Invasive Disc Surgery with the Yeung Endoscopic Spine System (YESS). *Surgical Technology International*, **8**, 267-277.
- [8] Hoogland, T., Schubert, M., Miklitz, B. and Ramirez, A. (2006) Transforaminal Posterolateral Endoscopic Discectomy with or without the Combination of a Low-Dose Chymopapain: A Prospective Randomized Study in 280 Consecutive Cases. *Spine*, **31**, E890-E897. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000245955.22358.3a>
- [9] Soliman, H.M. (2013) Irrigation Endoscopic Discectomy: A Novel Percutaneous Approach for Lumbar Disc Prolapse. *European Spine Journal*, **22**, 1037-1044. <https://doi.org/10.1007/s00586-013-2701-0>
- [10] Eum, J.H., Heo, D.H., Son, S.K. and Park, C.K. (2016) Percutaneous Biptoral Endoscopic Decompression for Lumbar Spinal Stenosis: A Technical Note and Preliminary Clinical Results. *Journal of Neurosurgery: Spine*, **24**, 602-607. <https://doi.org/10.3171/2015.7.SPINE15304>
- [11] Heo, D.H., Son, S.K., Eum, J.H. and Park, C.K. (2017) Fully Endoscopic Lumbar Interbody Fusion Using a Percutaneous Unilateral Biptoral Endoscopic Technique: Technical Note and Preliminary Clinical Results. *Neurosurgical Fo-*

- cus*, **43**, E8. <https://doi.org/10.3171/2017.5.FOCUS17146>
- [12] Hao, J., Cheng, J., Xue, H. and Zhang, F. (2017) Clinical Comparison of Unilateral Biportal Endoscopic Discectomy with Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy for Single L4/5-Level Lumbar Disk Herniation. *Pain Practice*, **22**, 191-199. <https://doi.org/10.1111/papr.13078>
- [13] Kim, S.-K., Kang, S.-S., Hong, Y.-H., Park, S.-W. and Lee, S.-C. (2108) Clinical Comparison of Unilateral Biportal Endoscopic Technique versus Open Microdiscectomy for Single-Level Lumbar Discectomy: A Multicenter, Retrospective Analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **13**, Article No. 22. <https://doi.org/10.1186/s13018-018-0725-1>
- [14] Yuan, C., Wen, B. and Lin, H. (2022) Clinical Analysis of Minimally Invasive Percutaneous Treatment of Severe Lumbar Disc Herniation with UBE Two-Channel Endoscopy and Foraminal Single-Channel Endoscopy Technique. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, **2022**, Article ID: 9264852. <https://doi.org/10.1155/2022/9264852>
- [15] Gao, X., Gao, L., Chang, Z., Hao, D., Du, J., Wu, J., Zhao, Z., Yang, X., Hui, H., He, B. and Yan, L. (2022) Unilateral Biportal Endoscopic Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: Technique, Variants, and Navigation. In: Quillo-Olvera, J., Quillo-Olvera, D., Quillo-Reséndiz, J. and Mayer, M., Eds., *Unilateral Biportal Endoscopy of the Spine: An Atlas of Surgical Techniques*, Vol. 14, Springer International Publishing, Cham, 2383-2392.
- [16] Zheng, B., Zhang, X.-L. and Li, P. (2023) Transforaminal Interbody Fusion Using the Unilateral Biportal Endoscopic Technique Compared with Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for the Treatment of Lumbar Spine Diseases: Analysis of Clinical and Radiological Outcomes. *Operative Neurosurgery*, **24**, e395-e401. <https://doi.org/10.1227/ons.0000000000000641>
- [17] 吕剑伟, 朱斌, 钟华璋, 刘建军, 尤星宇, 余航, 赵庆中, 田大胜. 单侧双通道内镜下经椎间孔腰椎椎间融合术治疗腰椎退行性疾病的早期疗效分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2022, 32(7): 586-594.
- [18] Liu, G., Liu, W., Jin, D., Yan, P., Yang, Z. and Liu, R. (2023) Clinical Outcomes of Unilateral Biportal Endoscopic Lumbar Interbody Fusion (ULIF) Compared with Conventional Posterior Lumbar Interbody Fusion (PLIF). *The Spine Journal*, **23**, 271-280. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2022.10.001>
- [19] Aizawa, T., Kokubun, S., Ozawa, H., Kusakabe, T., Tanaka, Y., Hoshikawa, T., Hashimoto, K., Kanno, H., Morozumi, N., Koizumi, Y., Sato, T., Hyodo, H., Kasama, F., Ogawa, S., Murakami, E., Kawahara, C., Yahata, J., Ishii, Y. and Itoi, E. (2016) Increasing Incidence of Degenerative Spinal Diseases in Japan during 25 Years: The Registration System of Spinal Surgery in Tohoku University Spine Society. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, **238**, 153-163. <https://doi.org/10.1620/tjem.238.153>
- [20] Choi, D.-J. and Kim, J.-E. (2019) Efficacy of Biportal Endoscopic Spine Surgery for Lumbar Spinal Stenosis. *Clinics in Orthopedic Surgery*, **11**, 82-88. <https://doi.org/10.4055/cios.2019.11.1.82>
- [21] Wang, X., Tian, Z., Mansuerjiang, M., Younusi, A., Xu, L., Xiang, H., Cao, L. and Wang, C. (2022) A Single-Arm Retrospective Study of the Clinical Efficacy of Unilateral Biportal Endoscopic Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for Lumbar Spinal Stenosis. *Frontiers in Surgery*, **9**, Article 1062451. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.1062451>
- [22] 郭文龙, 樊效鸿. 单侧双通道内镜下腰椎融合术治疗退行性腰椎管狭窄症 33 例[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2022, 30(12): 45-49.
- [23] 倪双洋, 张永远, 孙宏慧, 陈彦飞, 胡薇, 郝定均. 单侧双通道内镜辅助后路腰椎椎间融合术与微创经椎间孔腰椎椎间融合术治疗腰椎退变性疾病临床疗效比较[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2022, 32(9): 805-813.
- [24] 陈栋昀, 方煌, 王欢. 单侧双通道内镜下融合术治疗单节段腰椎椎管狭窄症的短期临床疗效[J]. 骨科, 2022, 13(5): 395-399.
- [25] 江潮, 黄永辉, 左华, 孙焱, 孙继芾. 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(4): 563-569.
- [26] 孔凡国, 周全, 乔杨等. 单侧双通道内镜下与微创通道下经椎间孔腰椎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(5): 592-599.
- [27] 朱剑, 镐英杰, 任志楠, 朱广铎, 于磊, 张盼可, 曹书严, 宋鑫. 单侧双通道内镜下腰椎融合术治疗腰椎退行性疾病的初步研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2021, 31(11): 1026-1033.
- [28] Martin, B.I., Mirza, S.K., Spina, N., Spiker, W.R., Lawrence, B. and Brodke, D.S. (2019) Trends in Lumbar Fusion Procedure Rates and Associated Hospital Costs for Degenerative Spinal Diseases in the United States, 2004 to 2015. *Spine*, **44**, 369-376. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002822>
- [29] Park, M.-K., Park, S.-A., Son, S.-K., Park, W.-W. and Choi, S.-H. (2019) Clinical and Radiological Outcomes of Unilateral Biportal Endoscopic Lumbar Interbody Fusion (ULIF) Compared with Conventional Posterior Lumbar Interbody Fusion (PLIF): 1-Year Follow-up. *Neurosurgical Review*, **42**, 753-761. <https://doi.org/10.1007/s10143-019-01114-3>

- [30] 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.
- [31] Xie, Y.Z., Shi, Y., Zhou, Q., Feng, C.Q., Zhou, Y., Li, T., Yu, Y. and Fan, X.H. (2022) Comparison of the Safety and Efficacy of Unilateral Biportal Endoscopic Lumbar Interbody Fusion and Uniportal Endoscopic Lumbar Interbody Fusion: A 1-Year Follow-up. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **17**, Article No. 360. <https://doi.org/10.1186/s13018-022-03249-4>
- [32] Heo, D.H., Eum, J.H., Jo, J.Y. and Chung, H. (2021) Modified Far Lateral Endoscopic Transforaminal Lumbar Interbody Fusion Using a Biportal Endoscopic Approach: Technical Report and Preliminary Results. *Acta Neurochirurgica*, **163**, 1205-1209. <https://doi.org/10.1007/s00701-021-04758-7>
- [33] Kim, J.-E., Yoo, H.-S., Choi, D.-J., Park, E.J. and Jee, S.-M. (2021) Comparison of Minimal Invasive versus Biportal Endoscopic Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for Single-Level Lumbar Disease. *Clinical Spine Surgery*, **34**, E64-E71. <https://doi.org/10.1097/BSD.0000000000001024>
- [34] Liang, J., Lian, L., Liang, S., Zhao, H., Shu, G., Chao, J., Yuan, C. and Zhai, M. (2022) Efficacy and Complications of Unilateral Biportal Endoscopic Spinal Surgery for Lumbar Spinal Stenosis: A Meta-Analysis and Systematic Review. *World Neurosurgery*, **159**, e91-e102. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.12.005>
- [35] Wang, B., He, P., Liu, X., Wu, Z. and Xu, B. (2023) Complications of Unilateral Biportal Endoscopic Spinal Surgery for Lumbar Spinal Stenosis: A Systematic Review of the Literature and Meta-Analysis of Single-Arm Studies. *Orthopaedic Surgery*, **15**, 3-15. <https://doi.org/10.1111/os.13437>
- [36] Hong, Y.-H., Kim, S.-K., Suh, D.-W. and Lee, S.-C. (2020) Novel Instruments for Percutaneous Biportal Endoscopic Spine Surgery for Full Decompression and Dural Management: A Comparative Analysis. *Brain Sciences*, **10**, Article No. 516. <https://doi.org/10.3390/brainsci10080516>
- [37] Lee, H.G., Kang, M.S., Kim, S.Y., Cho, K.C., Na, Y.C., Cho, J.M. and Jin, B.H. (2021) Dural Injury in Unilateral Biportal Endoscopic Spinal Surgery. *Global Spine Journal*, **11**, 845-851. <https://doi.org/10.1177/2192568220941446>
- [38] Park, H.-J., Kim, S.-K., Lee, S.-C., Kim, W., Han, S. and Kang, S.-S. (2020) Dural Tears in Percutaneous Biportal Endoscopic Spine Surgery: Anatomical Location and Management. *World Neurosurgery*, **136**, e578-e585. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.01.080>
- [39] Heo, D.H., Ha, J.S., Lee, D.C., Kim, H.S. and Chung, H.J. (2022) Repair of Incidental Durotomy Using Sutureless Nonpenetrating Clips via Biportal Endoscopic Surgery. *Global Spine Journal*, **12**, 452-457. <https://doi.org/10.1177/2192568220956606>
- [40] Gatam, A.R., Gatam, L., Mahadhipta, H., Ajiantoro, A., Luthfi, O. and Aprilya, D. (2021) Unilateral Biportal Endoscopic Lumbar Interbody Fusion: A Technical Note and an Outcome Comparison with the Conventional Minimally Invasive Fusion. *Orthopedic Research and Reviews*, **13**, 229-239. <https://doi.org/10.2147/ORR.S336479>
- [41] Ahn, D.K., Lee, J.S., Shin, W.S., Kim, S. and Jung, J. (2021) Postoperative Spinal Epidural Hematoma in a Biportal Endoscopic Spine Surgery. *Medicine*, **100**, e24685. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000024685>
- [42] Djurasovic, M., Campion, C., Dimar II, J.R., Glassman, S.D. and Gum, J.L. (2022) Postoperative Epidural Hematoma. *Orthopedic Clinics*, **53**, 113-121. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2021.08.006>
- [43] Choi, C.-M. (2020) Biportal Endoscopic Spine Surgery (BESS): Considering Merits and Pitfalls. *Journal of Spine Surgery*, **6**, 457-465. <https://doi.org/10.21037/jss.2019.09.29>
- [44] Min, W.-K., Kim, J.-E., Choi, D.-J., Park, E.J. and Heo, J. (2020) Clinical and Radiological Outcomes between Biportal Endoscopic Decompression and Microscopic Decompression in Lumbar Spinal Stenosis. *Journal of Orthopaedic Science*, **25**, 371-378. <https://doi.org/10.1016/j.jos.2019.05.022>
- [45] Kim, J.-E., Yoo, H.-S., Choi, D.-J., Hwang, J.-H., Park, E.J. and Chung, S. (2020) Learning Curve and Clinical Outcome of Biportal Endoscopic-Assisted Lumbar Interbody Fusion. *BioMed Research International*, **2020**, Article ID: 8815432. <https://doi.org/10.1155/2020/8815432>
- [46] Xu, J., Wang, D., Liu, J., Zhu, C., Bao, J., Gao, W., Zhang, W. and Pan, H. (2022) Learning Curve and Complications of Unilateral Biportal Endoscopy: Cumulative Sum and Risk-Adjusted Cumulative Sum Analysis. *Neurospine*, **19**, 792-804. <https://doi.org/10.14245/ns.2143116.558>
- [47] Ahn, Y., Youn, M.S. and Heo, D.H. (2019) Endoscopic Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: A Comprehensive Review. *Expert Review of Medical Devices*, **16**, 373-380. <https://doi.org/10.1080/17434440.2019.1610388>