

# 退行性腰椎滑脱的微创治疗进展

梅 玺<sup>1,2</sup>, 胡友鹏<sup>1,2</sup>, 樊效鸿<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>成都中医药大学临床医学院, 四川 成都

<sup>2</sup>四川省中医院骨科, 四川 成都

收稿日期: 2024年1月23日; 录用日期: 2024年2月16日; 发布日期: 2024年2月26日

## 摘要

退行性腰椎滑脱是脊柱外科常见病, 主要症状表现为长期慢性腰腿痛及麻木。对于症状严重影响患者生活质量的腰椎滑脱应及时选择手术干预。既往以传统开放手术为主, 创伤大, 出血量大, 卧床时间长, 恢复时间长等缺点, 随着近几年脊柱微创理念提出, 脊柱外科医师越来越多选择脊柱微创手术, 其具有: 切口小, 出血量少, 术后下地时间早等优势。本文选取了近几年应用脊柱微创治疗退行性腰椎滑脱的文献, 综合分析比较各类脊柱微创手术各自优缺点, 旨在为脊柱外科医生临床提供参考。

## 关键词

退行性腰椎滑脱, 脊柱微创, 脊柱内镜, 手术治疗

# Progress in Minimally Invasive Treatment of Degenerative Lumbar Spondylolisthesis

Xi Mei<sup>1,2</sup>, Youpeng Hu<sup>1,2</sup>, Xiaohong Fan<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Clinical Medical College, Chengdu University of TCM, Chengdu Sichuan

<sup>2</sup>Department of Orthopedics, TCM Hospital of Sichuan Province, Chengdu Sichuan

Received: Jan. 23<sup>rd</sup>, 2024; accepted: Feb. 16<sup>th</sup>, 2024; published: Feb. 26<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

Degenerative lumbar spondylolisthesis is a common disease in spinal surgery, characterized by long-term chronic lower back and leg pain and numbness. For lumbar spondylolisthesis with severe symptoms that affect the patient's quality of life, timely surgical intervention should be chosen. In the past, traditional open surgery was mainly used, which had disadvantages such as large

\*通讯作者。

文章引用: 梅玺, 胡友鹏, 樊效鸿. 退行性腰椎滑脱的微创治疗进展[J]. 临床医学进展, 2024, 14(2): 3543-3549.

DOI: 10.12677/acm.2024.142496

trauma, large bleeding, long bed rest time, and long recovery time. With the introduction of the concept of spinal minimally invasive surgery in recent years, more and more spinal surgeons have chosen spinal minimally invasive surgery, which has advantages such as small incision, low bleeding, and early postoperative landing time. This article selects literature on the application of minimally invasive spinal surgery in the treatment of degenerative lumbar spondylolisthesis in recent years, comprehensively analyzes and compares the advantages and disadvantages of various minimally invasive spinal surgeries, aiming to provide clinical reference for spinal surgeons.

## Keywords

Degenerative Lumbar Spondylolisthesis, Minimally Invasive Spinal Surgery, Spinal Endoscopy, Surgical Treatment

Copyright © 2024 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

退行性腰椎滑脱是一种常见的骨科疾病。老年人口受到的影响最为普遍。由于腰椎退变引起损害节段的上位椎体向前或向后滑动,引起关节突关节紊乱、纤维环松弛、椎体失稳,导致椎体滑脱、椎间盘变窄,严重时压迫神经根,临床表现包括腰腿痛、患肢放射痛和间歇性跛行,这些也是慢性疼痛的主要原因[1],退行性腰椎滑脱患者主要治疗方式分为手术治疗及非手术治疗,对于长期慢性反复疼痛影响生活且经过多次保守治疗效果较差的患者,手术治疗治疗是一种更佳的治疗方案[2],对于退行性腰椎滑脱主要手术治疗包括减压、固定和融合三个关键步骤。研究表明,椎间融合术能够恢复脊柱对线、间接减压神经孔和提高融合率,提高临床疗效[3]。传统的开放手术治疗退行性腰椎滑脱存在手术时间长,围手术期风险大等缺点,罗志剑等的一项研究发现,传统开放手术市场约为 104~153 min,而微创 TLIF 平均手术时长为 75~110 min,术中出血及失血量,二者具有统计学差异[4]。近几年兴起的脊柱微创手术可减少肌肉组织暴露,具有创伤小、对组织干扰小、术后疼痛轻、恢复快、感染率低等优点[5]。目前很多文章总结了很多关于退行性腰椎滑脱的手术治疗方式的研究进展,但缺少脊柱内镜手术的前沿研究。故本文总结了近几年的关于脊柱微创手术治疗退行性腰椎滑脱的文献,分析各自手术方式的优劣势,旨在为临床医师提供更多参考。

## 2. MIS-TLIF

经椎间孔腰椎椎间融合术(TLIF)于 1981 年首次被提出,是传统 PLIF 手术的改进术式。为了尽可能减少软组织损伤,保留传统 TLIF 的优势,2003 年, Foley 及其团队[6]开创性地提出了微创经椎间孔腰椎椎间融合术(minimally invasive transforaminal lumbar interbodyfusion, MISTLIF),因其减压充分且可以通过椎弓根螺钉辅助复位固定,现被越来越多临床医师选择。Cui 等[7]对 23 名患者行机器人辅助下 MIS-TLIF 术与 25 名行传统 TLIF 术进行了对比,结果显示:机器人辅助 MIS-TLIF 组术中出血量显著减少,术后引流量减少,住院时间短,独立活动时间短,证明了 MIS-TLIF 组在达成了传统 TLIF 手术的有效性的同时还拥有术中出血更少、术后引流更少、术中疼痛更少、恢复更快、椎旁肌萎缩更少的优势 Zhou 等[8]人分析比较了 65 例有神经系统症状的腰椎滑脱症患者,其中 31 例接受了 PTES 联合小切口 OLIF 和前外侧钉棒固定,34 例接受了 MIS-TLIF 的治疗,结果显示:OLIF 组在术后 VAS 评分及腰椎前凸优于 MIS-TLIF

组, 两组在并发症上无明显差异, 但是由于 OLIF 通过斜外侧进行椎间融合, 不能直接进行后方减压, 所以对于伴有神经根性症状者选用 MIS-TLIF 更适宜。Elsayed Mohamed Selim Alie [9]的一项研究表明: MIS-TLIF 除了在临床效果上可以获得显著疗效, 在脊柱参数的再平衡上也有明显的效果。(9)然而 MIS-TLIF 仍需开放性切口, 剥离部分椎旁肌, 切除脊柱后方小关节[10], 同时还存在椎间盘清理不完全导致融合失败, 直接损伤神经根, 椎间融合器退出椎间隙等风险[11]。

### 3. ALIF

传统的前入路腰椎椎间融合(ALIF)能在直视下将椎间盘直接切除, 且自腹膜后自然间隙进入, 对组织影响小, 但其操作极复杂, 而且对于骨外科医生来说, 对于腹部解剖存在相对不熟悉的情况, 可能存在损伤血管神经及其他器官的情况[12], ALIF 的主要并发症包含血管损伤及逆行射精, 研究显示 ALIF 血管损伤总体风险约为 3%, 逆行射精概率约为 2% [13]。Stefan Aspalter 等[14]对 96 名行 ALIF 患者进行回顾性分析, 结果显示: 单独行 ALIF 手术及 ALIF 辅助背侧固定患者, 两者术后 VAS 评分及 ODI 评分及椎体前凸等影像学统计上均无统计学差异, 但 18 例患者出现并发症。最常见的并发症是静脉出血, 其次是伤口愈合障碍、动脉出血、植入物松动、深静脉血栓形成、腹膜后血肿和硬脑膜渗漏发生一次, 两名患者同时发生静脉出血和伤口愈合障碍。6 名患者因术后并发症进行了翻修手术。C. Marvin Jesse 等[15]在对 34 名患者为长期平均 3 年的术后访视中发现: 术后三年背部疼痛 VAS 评分从术前 5.3 ( $\pm 2.6$ )降至 1.6 ( $\pm 2.1$ ), 下肢疼痛 VAS 评分从 6.8 ( $\pm 1.2$ )降至 1.2 ( $\pm 1.8$ ), ODI 从 35.5 ( $\pm 13.8$ )降至 8.2 ( $\pm 8.9$ ), 有统计学意义, Fleege 等[16]人发现, 72 例滑脱患者的 VAS 有显著改善, 这些患者通过后路固定 PLIF 及 ALIF 治疗, 两组之间的 ODI 评分没有显著差异。然而, PLIF 组的不愈合和伤口愈合障碍的修复率更高。另一方面, ALIF 组的相邻级别疾病发生率更高(20%), 平均住院时间更长, 手术时间更长。与后入路相比, ALIF 从椎间隙凸侧放置融合器, 能更好地恢复前凸及椎间高度, 且融合率更高, 建议外科医生在实施 ALIF 手术前应进行血管三维创建, 熟悉患者血管走行, 避免损伤血管。

### 4. LLIF

LLIF 能通过从侧方放置一个较大的椎间融合器实现对脊柱冠状位及矢状位的重新排列并且稳定脊柱[17]。Lv 等[18]回顾性分析了 62 名腰椎滑脱患者, 一组行 MIS-TLIF, 一组行 LLIF, 结果显示, LLIF 在手术时长及术中失血量与 MIS-TLIF 组均优于 MIS-TLIF 组, 术后 3~6 月 VAS 评分 LLIF 组优于 MIS-TLIF 组, 可能与术中剥离牵拉腰背肌有关。在并发症上二者无明显统计学差异, LLIF 组术后一年融合率达到 93% 高 MIS-TLIF 组的 86%, 在恢复腰椎前凸方面显然 LLIF 更具有优势, Takuya Nikaido 等[19]的荟萃分析纳入了 438 名腰椎滑脱患者, 研究表明 ODI 的平均改善率为 32.5%, 在放射学结果方面, 滑动减少了 6.3%。椎间盘高度增加了 55%, 椎间孔高度增加了 21.1%, 入路侧的椎间孔面积增加了 21.9%, 对侧增加了 26.1%。术后椎管横截面积增加了 20.6%; 手术后并发症发生在 5%~40%, 有大腿症状的患者中, 如大腿前部麻木、感觉障碍、不适、疼痛和感觉缺陷。结论: LLIF 间接减压治疗 DS 是一种有效的方法, 可减少手术侵袭, 改善疼痛和功能障碍。此外, 与后入路相比, 它具有显著改善椎间盘高度、椎间孔高度和面积以及节段性前凸。Bryan Zheng 等[20]进行了一项 LLIF 术后影像学分析, 回顾了 102 名患者, 共 153 个阶段, 结果显示: 从放射学角度来看, LLIF 对神经孔的间接减压有效, 在较小程度上对中央管有效。根据狭窄分级, 小关节稳定性越差, 间接减压越差, 可能是 LLIF 的相对禁忌症。

### 5. OLIF

斜外侧腰椎椎间融合(OLIF)是指经腰大肌前方入路(肌肉间隙)进行斜向腰椎体间融合术, 其通过侧方切开纤维环, 进行椎间盘内处理、植骨及融合器的置入[21], 因其是通过肌肉, 血管之间的解剖间隙进入

椎间盘, 不过分离腰大肌, 故对埋于其中的腰丛神经损伤几率小。又因其不进入椎管, 不剥离后方椎旁肌, 切除后方小关节, 故相比后方融合其对下腰痛缓解短期效果更好, Han [22]等人对比了 61 名腰椎滑脱, 分别行 OLIF 及 MIS-TLIF 治疗, 研究表明: OLIF 组的失血量显著减少( $142.4 \pm 89.4$  vs  $291.5 \pm 72.3$  mL), 住院时间更短( $3.2 \pm 1.8$  vs  $4.2 \pm 2.5$  天)。两组术后 VAS 评分和 ODI 评分均较术前有显著改善。OLIF 组在术后 1 周( $2.8 \pm 1.2$  vs  $3.5 \pm 1.6$ )和 3 个月( $1.6 \pm 1.0$  vs  $2.1 \pm 1.1$ )的背痛 VAS 评分明显低于 MIS-TLIF 组, 但在进一步随访时无显著差异。术后 3 个月, OLIF 组的 ODI 评分也显著低于 MIS-TLIF 组( $22.3 \pm 10.0$  vs  $26.1 \pm 12.8$ )。术后一年融合率 96%, 椎间高度均优于 MIS-TLIF 组(融合率 87%)。OLIF 因为其从侧前方进入椎间盘, 处理间盘空间大, 可以在侧前方放入更大的椎间融合器, 对脊柱前凸恢复更好, Li 等[23]进行了一项研究: 对比 OLIF 及 TLIF 术后脊柱参数, 研究表明: 随访半年后 OLIF 组 LL 为  $42.4 \pm 13.26$ , TLIF 组为  $34.07 \pm 7.14$ , OLIF 组 FSL 为  $12.38 \pm 4.99$  优于 TLIF 组的  $7.2 \pm 4.02$ , 二者有统计学差异。Zhao 等[24]报道了 OLIF Stand-alone 及联合后路椎弓根螺钉的近期疗效, 长时间随访结果显示二者在 VAS 评分及 ODI 评分等主观评分方面无明显差异, 仅在短期内椎弓根螺钉组 VAS 及 ODI 评分高于 Stand-alone 组, 此外不同的固定方式会导致不同的融合方式, Stand-alone 组导致手术节段从边缘开始融合, 我们称之为 AO 型。然而, 椎弓根螺钉组倾向于导致中心融合, 我们称之为 BO 型。AO 型具有较大的融合面积且融合较快, 但椎弓根螺钉组在长期维持椎间 DH 方面具有无与伦比的优势。Wu 等[25]在对 OLIF 及 TLIF 作对照研究时发现, 二者在 VAS 及 ODI 评分上未见明显差异, 但 OLIF 在手术出血量, 椎间高度恢复及沉降率上占有优势。同时 HE 等人[26]的一项研究也表明了, OLIF 下相比 MIS-TLIF 在更少的失血量及更好的 VAS 及 ODI 评分的基础上, 获得了更好的融合率(100% VS 88.9%), 融合器沉降概率也更低(8.33% VS 46.67%)。

## 6. 单通道脊柱内镜技术

今年随着手术器械及内镜技术的发展, 尤其是随着大通道内镜系统的发展以及单边双通道技术的成熟, 开放手术器械可用于镜下操作, 极大地提高了手术效率, 使腰椎镜下融合术迅速发展[27], 单通道脊柱内镜技术切口只需约 1 cm, 对椎旁肌剥离较少, 从而降低了椎旁肌的损伤[28], Song 等[29]的一项关于 Endo-Lif 与 MIS-TLIF 的对照研究显示: 二者在短期疗效及安全性上未见明显差异, 但 Endo-Lif 组在术中出血上明显少于 MIS-TLIF 组, 具有统计学意义, 但经皮置钉及镜下手术需反复透视, 不仅延长了手术时间, 而且增加了透视次数。Chen [30]的研究也证实了术后一年, Endo-Lif (97.9%)与 MIS-TLIF (98%)二者在融合率上均可获得良好的结果, 但 Endo-Lif 组在短期下腰痛 VAS 评分上优于 MIS-TLIF 组, Seong Son [31]的一项关于 Endo-Lif 下腰椎融合术的荟萃分析也证明了这一点, 该荟萃分析共收集了 423 名患者。Zhu L [32]等的一项研究显示 Endo-Lif 组的融合器的沉降几率高于同节段的 MIS-TLIF 组, 这可能与镜下操作存在视线偏移, 更容易造成终板损伤; 除此之外, 单通道脊柱内镜还存在一些局限性, 包括适应证相对有限、手术时间及术后获得骨性融合的时间较长、Cage 移位、神经根损伤、学习曲线较长, 硬膜撕裂、终板损伤、螺钉松动、植钉错误等; Jacquot [33]等发现在 57 例 PELIF 患者中, 术后融合器移位 13 例(22.8%), 出现神经根损伤 8 例(14%), 主要表现为疼痛延续或加重、感觉异常。

## 7. 单侧双通道脊柱内镜技术(UBE)

双通道脊柱内镜(UBE)技术通过将观察通道及操作通道分离, 赋予了操作工具更大的操作范围及灵活性, 在关节镜水介质下视野清晰且操作安全, 可直接使用开放手术器械, 手术器械相对易得[34], 2017 年 Heo [35]首先报道了利用 UBE 进行椎间融合术, 此后利用 UBE 技术进行椎间融合得到蓬勃发展。余洋等[36]对 UBE 镜下融合与显微镜辅助下 MIS-TLIF 进行了对比, 结果显示末次随访时研究组椎间总体

融合率为 95.7%，对照组为 94.4% 二者无明显差异，VAS 及 ODI 评分也未见明显差异。GUO 等[37]人的一项研究表明，UBE 与 MIS-TLIF 相比在更少的并发症的同时(11.54% VS 17.39%)，获得了同样的融合效果(35)。UBE 作为镜下手术在获得与 MIS-TLIF 同样的安全性及有效性的同时，也拥有了更少的腰背肌损伤及更少的术中出血，宋鑫等[38]的研究结果显示：相较于 MIS-TLIF，UBE 治疗 I 度腰椎滑脱具有术中出血量少，手术切口小，术后腰痛恢复快等优势，可有效减少滑脱程度，改善腰椎矢状位平衡。但 UBE 手术作为镜下手术，视线受制于器械角度，可能存在术中隐形失血的风险，郭文龙[39]的一项研究结果显示：在 59 名行 UBE 融合术后的患者，术后新增 16 例贫血患者，UBE 融合术后隐形失血占总失血量的(62.13 ± 11.73)%，远超于 MIS-TLIF 的 52.5% 及 ALIF 的 39.2%，考虑术后丢失高水压环境导致微血管渗血及椎弓根螺钉反复置钉导致。除此之外还包括硬脊膜破裂、神经根损伤、邻近节段退变、融合器移位等并发症[40]，Kim 等[41]现 1551 例连续接受 UBE 手术患者术后硬膜撕裂发生率为 1.6%。

## 8. 小结与展望

脊柱微创领域作为一个蓬勃发展的领域，各类微创技术百花齐放，但各有优缺点。各类前方入路由于手术空间大，可以直接置入更大的融合器，获得更好的脊柱结构重建，又因其入路不直接骚扰椎管，故减少了椎管内神经瘢痕修复，减少了硬膜囊撕裂等并发症，但也正是因为无法直接进行减压，故对滑脱合并重度椎间盘突出患者无法明显缓解根性症状，有其局限性。MIS-TLIF 作为治疗腰椎滑脱的常用微创技术，其安全性及有效性得到了大量的临床研究，但是其也存在对腰背肌剥离牵拉较大等缺点导致短期腰背部疼痛缓解不理想，因其直接进入椎管，同时也存在损伤神经及硬脊膜风险。以单通道与双通道为代表的镜下脊柱微创技术因其对腰背肌剥离较少，出血量少的优势被越来越多的脊柱外科医师青睐，但因其镜下视野可能存在视线偏差，造成终板损伤，从而导致融合器沉降的并发症，且存在经皮置钉可能导致透视次数增加，手术时间延长的缺点。对于腰椎滑脱的基本治疗原则是：减压、固定、融合，重建脊柱稳定性，在这方面上述各类手术均能达到良好的效果，但随着科技及理念的不断进步微创脊柱外科会朝着更全面、安全和稳定的方向发展。

## 参考文献

- [1] Sun, W.X., Liu, H.N., Chen, M.T., Lin, Y.P., Wang, H.S. and Chen, B.L. (2022) Meta-Analysis of the Clinical Efficacy and Safety of Oblique Lateral Interbody Fusion and Transforaminal Interbody Fusion in the Treatment of Degenerative Lumbar Spondylolisthesis. *EFORT Open Review*, **7**, 663-670. <https://doi.org/10.1530/EOR-22-0042>
- [2] Chan, A.K., Sharma, V., Robinson, L.C. and Mummaneni, P.V. (2019) Summary of Guidelines for the Treatment of Lumbar spondylolisthesis. *Neurosurgery Clinics of North America*, **30**, 353-364. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2019.02.009>
- [3] Kang, Y.N., Ho, Y.W., Chu, W., et al. (2022) Effects and Safety of Lumbar Fusion Techniques in Lumbar Spondylolisthesis: A Network Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Global Spine Journal*, **12**, 493-502. <https://doi.org/10.1177/2192568221997804>
- [4] 罗志剑, 孙良业, 丁旗, 等. 两种术式治疗退变性腰椎滑脱的疗效比较[J]. *临床骨科杂志*, 2023, 26(3): 333-337.
- [5] Chan, A.K., Bydon, M., Bisson, E.F., et al. (2023) Minimally Invasive versus Open Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for Grade I Lumbar Spondylolisthesis: 5-Year Follow-Up from the Prospective Multicenter Quality Outcomes Database Registry. *Neurosurgical Focus*, **54**, E2. <https://doi.org/10.3171/2022.10.FOCUS22602>
- [6] Foley, K.T., Holly, L.T. and Schwender, J.D. (2003) Minimally Invasive Lumbar Fusion. *Spine*, **28**, S26-S35. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000076895.52418.5E>
- [7] Cui, G.Y., Han, X.G., Wei, Y., Liu, Y.J., He, D., Sun, Y.Q., Liu, B. and Tian, W. (2021) Robot-Assisted Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion in the Treatment of Lumbar Spondylolisthesis. *Orthopaedic Surgery*, **13**, 1960-1968. <https://doi.org/10.1111/os.13044>
- [8] Zhou, T., Fan, W., Gu, Y., Che, W., Zhang, L. and Wang, Y. (2023) Percutaneous Transforaminal Endoscopic Surgery Combined with Mini-Incision OLIF and Anterolateral Screws Rod Fixation vs. MIS-TLIF for Surgical Treatment of

- Single-Level Lumbar Spondylolisthesis. *Frontiers in Surgery*, **9**, Article 1049448. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.1049448>
- [9] Ali, E.M.S., El-Hewala, T.A., Eladawy, A.M. and Sheta, R.A. (2022) Does Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (MIS-TLIF) Influence Functional Outcomes and Spinopelvic Parameters in Isthmic Spondylolisthesis? *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **17**, Article No. 272. <https://doi.org/10.1186/s13018-022-03144-y>
- [10] Tang, A.R., Chanbour, H., Steinle, A.M., et al. (2023) Transforaminal Lumbar Interbody Fusion versus Posterolateral Fusion Alone in the Treatment of Grade 1 Degenerative Spondylolisthesis. *Neurosurgery*, **93**, 186-197. <https://doi.org/10.1227/neu.0000000000002402>
- [11] 顾祖超, 张宇, 李果, 等. 经椎间孔与经后外侧入路椎间融合术治疗退变性腰椎滑脱症的疗效比较[J]. 脊柱外科杂志, 2017, 15(4): 200-205.
- [12] He, W., He, D. and Tian, W. (2020) Evaluation of Lumbar Fusion Using the Anterior to Psoas Approach for the Treatment of L5/S1 Spondylolisthesis. *Medicine*, **99**, e20014. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000020014>
- [13] Xu, D.S., Walker, C.T., Godzik, J., et al. (2018) Minimally Invasive Anterior, Lateral, and Oblique Lumbar Interbody Fusion: A Literature Review. *Annals of Translational Medicine*, **6**, Article 104. <https://doi.org/10.21037/atm.2018.03.24>
- [14] Aspalter, S., Stefanits, H., Maier, C.J., Radl, C., Wagner, H., Hermann, P., Aichholzer, M., Strohs, N., Gruber, A. and Senker, W. (2023) Reduction of Spondylolisthesis and Restoration of Lumbar Lordosis after Anterior Lumbar Interbody Fusion (ALIF). *BMC Surgery*, **23**, Article No. 66. <https://doi.org/10.1186/s12893-023-01966-z>
- [15] Jesse, C.M., Schwarzenbach, O., Ulrich, C.T., Häni, L., Raabe, A. and Schär, R.T. (2022) Safety and Efficacy of Stand-Alone Anterior Lumbar Interbody Fusion in Low-Grade L5-S1 Isthmic Spondylolisthesis. *Brain Spine*, **2**, Article ID: 100861. <https://doi.org/10.1016/j.bas.2022.100861>
- [16] Fleege, C., Arabmotlagh, M., Rother, W., Rauschmann, M. and Rickert, M. (2016) [ALIF and PLIF Interposition in Low-Grade Isthmic Spondylolisthesis L5/S1: LongtermComparison of Interbody Fusion Techniques (ALIF-PLIF)]. *Der Orthopäde*, **45**, 760-769. <https://doi.org/10.1007/s00132-016-3311-4>
- [17] Sato, J., Ohtori, S., Orita, S., et al. (2017) Radiographic Evaluation of Indirect Decompression of Mini-Open Anterior Retroperitoneal Lumbar Interbody Fusion: Oblique Lateral Interbody Fusion for Degenerated Lumbar Spondylolisthesis. *European Spine Journal*, **26**, 671-678. <https://doi.org/10.1007/s00586-015-4170-0>
- [18] Lv, H., Yang, Y.S., Zhou, J.H., Guo, Y., Chen, H., Luo, F., Xu, J.Z., Zhang, Z.R. and Zhang, Z.H. (2023) Simultaneous Single-Position Lateral Lumbar Interbody Fusion Surgery and Unilateral Percutaneous Pedicle Screw Fixation for Spondylolisthesis. *Neurospine*, **20**, 824-834. <https://doi.org/10.14245/ns.2346378.189>
- [19] Nikaido, T. and Konno, S.I. (2022) Usefulness of Lateral Lumbar Interbody Fusion Combined with Indirect Decompression for Degenerative Lumbar Spondylolisthesis: A Systematic Review. *Medicina*, **58**, Article 492. <https://doi.org/10.3390/medicina58040492>
- [20] Zheng, B., Leary, O.P., Liu, D.D., Nuss, S., Barrios-Anderson, A., Darveau, S., Syed, S., Gokaslan, Z.L., Telfeian, A.E., Fridley, J.S. and Oyelese, A.A. (2022) Radiographic Analysis of Neuroforaminal and Central Canal Decompression Following Lateral Lumbar Interbody Fusion. *North American Spine Society Journal*, **10**, Article ID: 100110. <https://doi.org/10.1016/j.xnsj.2022.100110>
- [21] 李振宙, 侯树勋. 腰椎退行性疾病微创外科治疗概况及展望[J]. 中国骨与关节杂志, 2022, 11(9): 641-647.
- [22] Han, X.G., Tang, G.Q., Han, X., Xing, Y.G., Zhang, Q., He, D. and Tian, W. (2021) Comparison of Outcomes between Robot-Assisted Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion and Oblique Lumbar Interbody Fusion in Single-Level Lumbar Spondylolisthesis. *Orthopaedic Surgery*, **13**, 2093-2101. <https://doi.org/10.1111/os.13151>
- [23] Li, R., Shao, X., Li, X., Liu, Y. and Jiang, W. (2021) Comparison of Clinical Outcomes and Spino-Pelvic Sagittal Balance in Degenerative Lumbar Spondylolisthesis: Minimally Invasive Oblique Lumbar Interbody Fusion (OLIF) versus Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (TLIF). *Medicine*, **100**, e23783. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000023783>
- [24] Zhao, W., Zhou, C., Zhang, H., Guo, J., Han, J., Lin, A., Wang, Y. and Ma, X. (2023) Clinical, Radiographic and Fusion Comparison of Oblique Lumbar Interbody Fusion (OLIF) Stand-Alone and OLIF with Posterior Pedicle Screw Fixation in Patients with Degenerative Spondylolisthesis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **24**, Article No. 852. <https://doi.org/10.1186/s12891-023-06985-8>
- [25] Wu, J., Ao, J., Xu, Z., Li, G., Ge, T., Wang, Y., Tao, X., Tian, W. and Sun, Y. (2023) Comparisons of Oblique Lumbar Interbody Fusion and Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for Degenerative Spondylolisthesis: A Prospective Cohort Study with A 2-Year Follow-Up. *Frontiers in Surgery*, **10**, Article 1115823. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2023.1115823>
- [26] He, D., He, W., Tian, W., Liu, B., Liu, Y., Sun, Y., Xing, Y., Lang, Z., Wang, Y., Ma, T. and Liu, M. (2023) Clini-

- cal and Radiographic Comparison of Oblique Lateral Lumbar Interbody Fusion and Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion in Patients with L4/5 Grade-1 Degenerative Spondylolisthesis. *Orthopaedic Surgery*, **15**, 1477-1487. <https://doi.org/10.1111/os.13360>
- [27] 张斌, 孔清泉, 戎利民. 经皮内镜辅助腰椎椎间融合术的技术利弊分析及趋势展望[J]. 中国修复重建外科杂志, 2022, 36(6): 653-659.
- [28] Van Isseldyk, F., Liu, Y., Kim, J.H., *et al.* (2023) Full-Endoscopic Foraminotomy in Low-Grade Degenerative and Isthmic Spondylolisthesis: A Patient-Specific Tailored Approach. *European Spine Journal*, **32**, 2828-2844. <https://doi.org/10.1007/s00586-023-07737-x>
- [29] Song, Z., Zhu, W., Zheng, J., Wu, G., Li, T., Huang, A., Bian, J., Chen, C. and Li, H. (2022) Comparison of Short-Term Efficacy of MIS-TLIF and Endo-LIF in the Treatment of Single-Segment Degenerative Lumbar Diseases. *Frontiers in Surgery*, **9**, Article 922930. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.922930>
- [30] Chen, H., Zheng, G., Bian, Z., Hou, C., Li, M., Zhang, Z., Zhu, L. and Wang, X. (2023) Comparison of Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion and Endoscopic Lumbar Interbody Fusion for Lumbar Degenerative Diseases: A Retrospective Observational Study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **18**, Article No. 389. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-03875-6>
- [31] Son, S., Yoo, B.R., Lee, S.G., Kim, W.K. and Jung, J.M. (2022) Full-Endoscopic versus Minimally Invasive Lumbar Interbody Fusion for Lumbar Degenerative Diseases: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Korean Neurosurgical Society*, **65**, 539-548. <https://doi.org/10.3340/jkns.2021.0168.e11>
- [32] Zhu, L., Cai, T., Shan, Y., *et al.* (2021) Comparison of Clinical Outcomes and Complications Between Percutaneous Endoscopic and Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for Degenerative Lumbar Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pain Physician*, **24**, 441-452. <https://doi.org/10.36076/ppj.2021.24.441>
- [33] Jacquot, F. and Gastambide, D. (2013) Percutaneous Endoscopic Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: Is It Worth It? *International Orthopaedics*, **37**, 1507-1510. <https://doi.org/10.1007/s00264-013-1905-6>
- [34] 余可谊. 单侧双通道脊柱内镜技术的发展简史、全球现状与中国使命[J]. 中国修复重建外科杂志, 2022, 36(10): 1181-1185.
- [35] Heo, D.H., Son, S.K., Eum, J.H., *et al.* (2017) Fully Endoscopic Lumbar Interbody Fusion Using a Percutaneous Unilateral Biportal Endoscopic Technique: Technical Note and Preliminary Clinical Results. *Neurosurgical Focus*, **43**, E8. <https://doi.org/10.3171/2017.5.FOCUS17146>
- [36] 余洋, 王永涛, 谢一舟, 等. 单侧双通道脊柱内镜与 3D 显微镜辅助经椎间孔腰椎椎体间融合术治疗腰椎滑脱症的中期疗效比较[J]. 中国修复重建外科杂志, 2023, 37(1): 52-58.
- [37] Guo, W., Li, T., Feng, C., Yu, Y., Hu, Y. and Fan, X. (2023) Clinical Comparison of Unilateral Biportal Endoscopic Transforaminal Lumbar Interbody Fusion Verse 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. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **18**, Article No. 943. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-04401-4>
- [38] 宋鑫, 镐英杰, 任志楠, 等. 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.
- [39] 郭文龙, 李统, 余洋, 等. 单侧双通道内镜下腰椎融合术后隐性失血的危险因素分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2023, 33(6): 497-504.
- [40] Bui, A.T., Trinh, G.M., Wu, M.H., *et al.* (2023) Indications for and Outcomes of Three Unilateral Biportal Endoscopic Approaches for the Decompression of Degenerative Lumbar Spinal Stenosis: A Systematic Review. *Diagnostics*, **13**, Article 1092. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13061092>
- [41] Kim, J.E., Choi, D.J. and Park, E.J. (2020) Risk Factors and Options of Management for an Incidental Dural Tear in Biportal Endoscopic Spine Surgery. *Asian Spine Journal*, **14**, 790-800. <https://doi.org/10.31616/asj.2019.0297>