

斜外侧腰椎椎体间融合术 (OLIF) 在腰椎疾病中的应用现状及展望

陈海岳 朱 斌 阿 海 雷登强 关炳瑜 (通讯作者)

西宁市第一人民医院 青海 西宁 810000

【摘 要】：斜外侧腰椎椎体间融合术 (Oblique Lumbar Interbody Fusion, OLIF) 作为一种创新的微创脊柱融合技术，近年来在腰椎退行性疾病、畸形矫正等领域展现出显著优势。本文系统综述了 OLIF 技术的解剖入路基础、手术操作要点、主要适应症 (如腰椎退变性滑脱、椎管狭窄、退变性侧弯、椎间盘源性腰痛、腰椎术后邻椎病等)、临床疗效 (包括手术时间、出血量、融合率、疼痛视觉模拟评分 VAS、Oswestry 功能障碍指数 ODI 改善等核心指标)、相关并发症 (血管损伤、腰丛神经损伤、交感神经损伤、腹膜撕裂、融合器沉降等) 及其预防策略。同时，探讨了导航/机器人辅助、OLIF (L5-S1)、镜下融合 (Endo-OLIF)、新型融合器设计等最新技术进展。分析表明，OLIF 具有创伤小、出血少、恢复快、融合率高、有效恢复椎间隙高度和腰椎生理曲度、间接减压效果显著等优点。然而，其学习曲线、大血管及腰丛神经损伤风险、长节段固定稳定性问题仍需重视。未来研究需聚焦于长期疗效随访 (>10 年)、并发症预警及精准预防体系的建立、操作技术标准化与规范化、新型生物材料和智能手术系统的应用，以进一步优化其安全性和有效性，拓展其在复杂脊柱疾病中的应用边界。

【关键词】：斜外侧腰椎椎体间融合术；OLIF；腰椎退行性疾病；微创脊柱外科；椎间融合；腰椎滑脱；脊柱侧弯；并发症

DOI:10.12417/2705-098X.25.21.015

引言

腰椎退行性疾病 (如腰椎管狭窄症、腰椎滑脱症、退变性脊柱侧弯、椎间盘源性腰痛等) 是导致中老年人腰腿痛和功能障碍的主要原因之一。腰椎椎体间融合术 (Lumbar Interbody Fusion, LIF) 是治疗此类疾病的核心术式，旨在实现神经减压、恢复椎间高度与序列、重建脊柱稳定性^[1]。传统后路腰椎椎间融合术 (PLIF/TLIF) 及前路腰椎椎间融合术 (ALIF) 各有局限，如后方肌肉韧带损伤、神经牵拉风险或大血管/腹腔脏器干扰等^[2]。

斜外侧腰椎椎体间融合术 (Oblique Lumbar Interbody Fusion, OLIF) 由 Silvestre 等人于 2012 年首次系统描述并命名^[3]，其经由腹主动脉/下腔静脉与腰大肌之间的自然解剖间隙 (即“OLIF 工作通道”) 到达腰椎侧前方，规避了腰大肌内重要神经及前路大血管密集区域，真正实现了“血管神经间”的微创入路。因其独特的入路优势和良好的临床效果，OLIF 技术迅速在全球范围内得到推广应用。本文旨在综述 OLIF 技术在全球范围内的应用现状、临床疗效、并发症及其处理、技术革新动态，并展望其未来发展前景。

1 OLIF 技术概述

1.1 解剖学基础与手术入路

OLIF 的关键在于利用腹膜后隙、腰大肌前缘与腹部大血管 (腹主动脉/下腔静脉) 之间的自然无神经血管解剖窗。该通道主要存在于 L2-S1 节段，尤其在 L2-L5 水平更为宽敞^[4]。手术通常采用右侧卧位，于目标椎间隙水平腹壁作一约 3-5cm 斜行切口。术者依次分离腹外斜肌、腹内斜肌、腹横肌及腹横筋膜，钝性分离进入腹膜后间隙，将腹膜及内容物轻柔牵向腹侧。精细解剖显露腰大肌前缘与大血管侧缘间的疏松间隙，避免损

伤生殖股神经及交感神经链。游离并保护走行于此区域的节段血管 (必要时结扎)，放置可扩张通道系统显露目标椎间盘侧前方^[5]。

1.2 手术操作核心步骤

在可靠显露目标椎间盘后，行矩形纤维环切开，彻底清除髓核及终板软骨。终极处理需谨慎，既要保证软骨去除干净以利融合，又要避免过度刮除导致骨性终板破坏增加沉降风险^[6]。通过系列试模确定合适尺寸的椎间融合器 (Cage)，内填充自体骨、同种异体骨或骨替代材料。融合器通常选择较大尺寸 (高 10-18mm) 以最大限度撑开椎间隙、恢复前凸角^[7]。融合器多采用侧方放置，部分设计允许斜向植入增加与终极接触面积。OLIF 通常需辅以后路经椎弓根螺钉固定 (PPS) 提供即时稳定性和促进骨融合，也可与侧方钢板 (lateral plate) 或前路钉板系统结合用于特定病例^[8]。

2 OLIF 的主要适应症

OLIF 已广泛应用于多种腰椎疾病的治疗：腰椎退变性滑脱 (Meyerding I°-II°)：OLIF 通过撑开椎间隙产生韧带整复效应，可部分复位滑脱并有效稳定节段^[9]。腰椎管狭窄症：OLIF 植入大尺寸融合器可显著扩大椎间孔面积和椎管中央径，实现有效的间接神经减压，尤其适用于以中央管和侧隐窝狭窄为主的患者^[10]。退变性腰椎侧弯/后凸畸形：OLIF 能安全、高效地在腰椎侧凸的凹侧或后凸的多个节段植入融合器，有力矫正冠状面和矢状面失衡，恢复脊柱序列^[11]。椎间盘源性腰痛：通过清除病变椎间盘、植入融合器实现节段融合，彻底消除疼痛源^[12]。腰椎术后邻椎病 (ASD)：作为翻修手术，OLIF 可避免原后路手术瘢痕区，降低手术难度和神经损伤风险^[13]。腰椎不稳及腰椎失败综合征 (Failed Back Surgery Syndrome, FBSS)：提供新的稳定融合途径^[14]。

3 OLIF 的临床疗效

3.1 围手术期指标

相较于传统开放手术（如 ALIF、PLIF/TLIF）及侧方入路腰椎椎间融合（LLIF/DLIF），OLIF 展现出显著微创优势：平均手术时间约 90-180 分钟/节段，术中出血量通常少于 100ml，术后引流量少，住院时间明显缩短（约 4-7 天）^[15,16]。

3.2 临床功能改善

患者术后腰腿痛症状显著缓解。多项研究报道术后 VAS 评分（腰痛、腿痛）及 ODI 指数较术前改善率均达到 60%-80% 以上，整体患者满意度高^[17,18]。长期随访（>2 年）结果稳定，疗效持久^[19]。

3.3 影像学结果与融合率

OLIF 能有效恢复并维持椎间高度（Disc Height,DH）和节段性前凸角（Segmental Lordosis,SL），显著改善腰椎整体前凸（Lumbar Lordosis,LL）和矢状面平衡参数^[20]。其骨融合率优异，多数报道 1 年融合率超过 90%，2 年融合率可达 95% 以上^[21]。融合器沉降（Cage Subsidence）是影响远期效果的重要因素，发生率约 3.7%-30.8%，与骨质疏松、终板过度损伤、融合器选择不当、过早负重等有关^[6,22]。

4 OLIF 相关并发症及防治策略

尽管 OLIF 相对安全，但仍存在特定并发症风险：血管损伤：是最严重并发症之一，多见于 L4-L5 节段（因髂腰静脉/腰升静脉变异或操作不当），发生率约 0.4%-8.7%。术前仔细阅读血管影像（CTA/MRA），熟悉解剖变异，术中精细轻柔操作、妥善处理节段血管是关键预防措施^[23,24]。神经损伤：腰丛神经损伤：发生率较低（约 0.6%-3.4%），主要表现为股四头肌无力、大腿前侧麻木（股神经受累）或屈髋无力（髂腰肌相关）。避免向腰大肌后方过度牵拉或误入肌腹内是主要预防手段^[25]。交感神经损伤：相对常见（约 6.8%-23.8%），导致对侧下肢皮肤温度升高、发干（交感神经链或腰内脏神经损伤所致），多为一过性，数月内可恢复^[26]。腰大肌损伤/术后腰大肌无力/疼痛：发生率低于 LLIF，但牵拉仍可能导致炎症反应和短暂性屈髋无力（约 1.4%-9.5%），通常 1-3 个月内恢复^[27]。腹膜撕裂/脏器损伤：发生率较低（约 1.2%-3.1%），与入路分离操作相关。需谨慎分离腹膜，及时修补^[28]。其他：包括终板损伤、融合器位置不良/移位、切口感染、深静脉血栓、逆行射精（L5-S1 OLIF 风险较高）等^[29,30]。

5 OLIF 技术进展与创新

OLIF 技术持续快速发展：OLIF51（L5-S1）：针对 L5-S1 特有的血管解剖（髂血管分叉）设计的改良技术，通过更靠前内侧的斜行或小前侧腹膜外入路，配合特制弯曲器械和融合器实现 L5-S1 的微创融合，扩展了 OLIF 的应用范围^[31]。内镜下 OLIF（Endo-OLIF/BESS-OLIF）：结合内镜技术，通过更小的

通道在放大视野下操作，理论上可进一步减少组织损伤、提高操作精度，尤其在处理血管和神经时更具优势^[32]。导航及机器人辅助 OLIF：应用计算机导航（如 O-arm 联合导航）或手术机器人系统，可显著提高椎间融合器植入的精准度，降低终板损伤和位置不良风险，尤其适用于复杂解剖或翻修病例^[33,34]。新型融合器设计：如 3D 打印多孔融合器（优化骨长入）、大接触面斜向融合器（增加终极覆盖率减少沉降）、可膨胀融合器（微创植入后撑开）、含生物活性涂层融合器等，旨在提升生物力学稳定性和融合效率^[35]。非融合/混合技术探索：在 OLIF 植入融合器后，探索结合弹性固定或动力固定装置（如棘突间装置）构建“Hybrid”结构，保留部分节段活动度。

6 讨论与展望

OLIF 凭借其独特的“血管神经间”入路，有效规避了传统前路 ALIF 的大血管干扰和侧路 LLIF 的腰丛神经穿越风险，同时显著减少后路手术对椎旁肌肉韧带的破坏，成为微创脊柱融合领域的重要突破。其核心优势在于：高效恢复椎间高度和生理前凸、提供宽大的植骨床、实现可靠间接减压、围手术期创伤小且并发症谱系相对可控。尤其对于轻中度腰椎滑脱、退变性侧弯/后凸畸形、中央管/侧隐窝狭窄为主的椎管狭窄症，OLIF 展现出卓越的矫正能力和临床效果。

然而，OLIF 技术仍面临挑战：学习曲线陡峭：腹膜后间隙解剖的熟练掌握、大血管及神经结构的精准识别与保护需要较长的学习过程。规范化培训（如解剖课程、模拟操作、有经验医师指导）至关重要。血管/神经并发症风险：尽管发生率不高，但一旦发生后果严重。术前精细化影像评估（识别血管变异、钙化）、术中神经监测（尤其是 L4-L5）、先进可视化技术（如术中导航、内镜辅助）的应用是降低风险的关键方向。长节段融合的稳定性和沉降问题：对于长节段 OLIF（≥3 节段），尤其在合并骨质疏松患者中，辅助后路固定的选择（PPS 或侧方钉棒）、固定节段的优化、融合器的选择（抗沉降设计）及抗骨质疏松治疗对预防沉降和内固定失败尤为重要^[22]。L5-S1（OLIF）的技术挑战：L5-S1 入路受限于髂血管分叉高度变异，操作空间有限，技术要求高，且存在交感神经损伤导致逆行射精的特定风险^[30,31]。

未来发展方向主要集中于：长期疗效证据完善：亟需更多高质量、大样本、超长期（>10 年）的前瞻性队列研究或注册登记数据，全面评估 OLIF 的远期融合率、邻近节段退变率、临床功能维持情况以及翻修原因分析^[19]。精准化与智能化：术前规划智能化：基于 AI 的术前影像自动分割、血管神经结构三维重建、虚拟手术规划及入路/融合器模拟选择。术中导航/机器人系统普及与优化：提升导航精度和实时性，开发更适用于 OLIF 入路的专用机器人系统。术中神经监测标准化：明确不同神经监测模式（如 EMG、MEP、SSEP）在 OLIF 中的适用性和预警价值。技术标准化与规范化：建立国际认可的 OLIF

操作规范、适应症/禁忌症共识、并发症防治指南及学习曲线评估体系。新型生物材料与器械研发：开发具有优异抗沉降性能、骨整合能力和自带前凸角度可调的智能融合器；探索局部应用生物活性因子（BMP-2/7 低剂量）、干细胞疗法或富血小板血浆（PRP）等促进骨融合的新策略^[35]。个体化与微创极致：根据患者解剖特点（如血管分叉高度、腰大肌形态）、病变性质（畸形类型、骨质疏松程度）制定个体化手术方案（入路选择、融合器型号、固定方式）。结合内镜技术（Endo-OLIF）实现更小切口、更少组织创伤的“极致微创”^[32]。拓展应用边界：探索 OLIF 在腰椎感染（结核、化脓性）、肿瘤（椎体部分切除重建）、重度畸形矫正（如成人脊柱侧弯合并矢状面失衡）等复杂病例中的应用价值和技术改良。

7 结论

参考文献：

- [1] Mobbs RJ,et al.Lumbar interbody fusion:techniques,indications and comparison of interbody fusion options including PLIF,TLIF,MI-TLIF,OLIF/ATP,LLIF and ALIF.J Spine Surg.2015;1(1):2-18.
- [2] Woods KR,et al.Lateral Lumbar Interbody Fusion.Asian Spine J.2016;10(5):972-986.
- [3] Silvestre C,et al.Complications of Morbid Obesity in Anterior Lumbar Interbody Fusion:A New Option:The Oblique Approach.SAS J. 2012;6(3):89-97.
- [4] Davis TT,et al.Retroperitoneal oblique corridor to the L2-S1 intervertebral discs:an MRI study.J Neurosurg Spine.2016;24(2):248-255.
- [5] Ohtori S,et al.Mini-Open Anterior Retroperitoneal Lumbar Interbody Fusion:Oblique Lateral Interbody Fusion for Lumbar Spinal Degeneration Disease.Yonsei Med J.2015;56(4):1051-1059.
- [6] Marchi L,et al.Radiographic and clinical evaluation of cage subsidence after stand-alone lateral interbody fusion.J Neurosurg Spine. 2013;19(1):110-118.
- [7] Fujibayashi S,et al.Effect of indirect neural decompression through oblique lateral interbody fusion for degenerative lumbar disease. Spine(Phila Pa 1976).2015;40(3):E175-E182.
- [8] Phan K,et al.Relationship between screw density and clinical outcomes in posterior instrumented adult spinal deformity correction. Spine Deform.2016;4(6):373-377.
- [9] Quillo-Olvera J,et al.Minimally Invasive Oblique Lumbar Interbody Fusion(OLIF)for Spondylolisthesis.Cureus.2019;11(12):e6464.
- [10] Sato J,et al.Radiographic evaluation of indirect decompression of mini-open anterior retroperitoneal lumbar interbody fusion:oblique lateral interbody fusion for degenerated lumbar spondylolisthesis.Eur Spine J.2017;26(3):671-678.
- [11] Ouchida J,et al.Simultaneous single-position lateral interbody fusion and percutaneous pedicle screw fixation for adult spinal deformity:early experience and technical considerations.J Spine Surg.2020;6(Suppl 1):S18-S27.
- [12] Jin C,et al.Oblique lumbar interbody fusion for adjacent segment disease after posterior lumbar fusion:a case-controlled study.J Orthop Surg Res.2019;14(1):216.
- [13] Li J,et al.Comparison of the Clinical Efficacy of OLIF and TLIF in the Treatment of Lumbar Adjacent Segment Degeneration After Lumbar Fusion.Orthop Surg.2023;15(2):413-422.
- [14] Lin GX,et al.Oblique Lumbar Interbody Fusion(OLIF):A Surgical Technique and Clinical Applications.J Clin Med.2021;10(19):4368.
- [15] Woods KRM,et al.Oblique lateral interbody fusion(OLIF):technical aspects,operative outcomes,and early complications in a large consecutive case series.J Spine Surg.2017;3(4):650-661.

斜外侧腰椎椎体间融合术（OLIF）已发展成为一种成熟且极具前景的微创腰椎融合技术。其通过独特安全的“血管神经间”入路，在有效实现椎间融合、恢复脊柱序列、改善神经功能的同时，显著降低了手术创伤和围手术期并发症风险，尤其适用于腰椎退变性滑脱、椎管狭窄、退变性侧弯/后凸畸形等多种疾病。扎实的解剖知识、规范的手术操作、充分的术前评估（尤其血管神经结构）和熟练的并发症处理能力是成功实施 OLIF 的基础。随着导航/机器人辅助、内镜技术、3D 打印融合器等创新手段的整合应用，以及长期循证医学证据的积累和手术流程的标准化，OLIF 技术有望在安全性、精准性、有效性方面持续提升，为更广泛的腰椎疾病患者提供更优质的微创治疗选择。未来的研究焦点应集中于超长期随访、并发症精准防控体系的建立、智能化辅助系统的深度整合及适应症的合理拓展。

- [16] Heo DH,et al.Clinical and radiological outcomes of oblique lateral interbody fusion with percutaneous pedicle screw fixation in degenerative lumbar spondylolisthesis.*Ann Transl Med.*2019;7(9):199.
- [17] Quillo-Olvera J,et al.Clinical outcomes and complications after oblique lateral interbody fusion(OLIF)for degenerative lumbar disease:A systematic review and meta-analysis.*J Clin Neurosci.*2021;88:5–16.
- [18] Zhang H,et al.Comparison of effectiveness and safety between OLIF and TLIF in treatment of lumbar spondylolisthesis:a systematic review and meta-analysis.*J Orthop Surg Res.*2022;17(1):174.
- [19] Xu DS,et al.Long-Term Clinical and Radiographic Outcomes of Minimally Invasive Lateral Lumbar Interbody Fusion for Degenerative Conditions:A 5-Year Follow-Up Study.*World Neurosurg.*2019;122:e1163–e1170.
- [20] Li JX,et al.Radiographic Comparison of Lumbar Lordosis Restoration Between Oblique Lateral Interbody Fusion(OLIF)and Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion(MIS TLIF).*Med Sci Monit.*2020;26:e919660.
- [22] Malham GM,et al.Assessment of Radiographic and Clinical Outcomes of an Articulated Expandable Interbody Cage in Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for Spondylolisthesis.*Neurosurgery.*2018;83(3):531–540.
- [22] Tempel ZJ,et al.Cage subsidence after lateral interbody fusion:A systematic review.*World Neurosurg.*2020;138:285–293.
- [23] Mehren C,et al.Vascular Complications in Lateral Lumbar Interbody Fusion(LLIF):A Systematic Review of the Literature.*Global Spine J.*2020;10(1_suppl):68S–77S.
- [24] Zeng ZY,et al.Risk factors for cage retropulsion after oblique lateral interbody fusion:a multicenter study.*J Orthop Surg Res.* 2021;16(1):538.
- [25] Uribe JS,et al.Neurological deficit following lateral lumbar interbody fusion.*Eur Spine J.*2012;21(6):1190–1195.
- [26] Kim SJ,et al.Sympathetic Neural Injury During Lateral Lumbar Interbody Fusion(LLIF):A Prospective Study.*Spine(Phila Pa 1976).* 2020;45(14):939–946.
- [27] Pumberger M,et al.Neurological deficit following lateral lumbar interbody fusion.*Eur Spine J.*2012;21(6):1196–1200.
- [28] Walker CT,et al.Complications for Minimally Invasive Lateral Interbody Arthrodesis:A Systematic Review and Meta-Analysis Comparing Prepsos and Transpsaos Approaches.*J Neurosurg Spine.*2020;32(2):293–308.
- [29] Abe K,et al.Perioperative Complications in Lateral Lumbar Interbody Fusion:A Systematic Literature Review.*Clin Spine Surg.* 2020;33(3):123–130.
- [30] Ouchida J,et al.Anterior column realignment via a minimally invasive hybrid approach in adult spinal deformity surgery:a short-term radiological and clinical analysis.*Eur Spine J.*2021;30(1):199–207.
- [31] Wang T,et al.The Oblique Lumbar Interbody Fusion at L5-S1(OLIF51):Anatomic Study and Surgical Technique.*World Neurosurg.* 2021;146:e727–e734.
- [32] Heo DH,et al.Biportal Endoscopic Oblique Lumbar Interbody Fusion.*Neurospine.*2023;20(1):279–286.
- [33] Virk S,et al.Navigation and Robotics in Spinal Surgery:Where Are We Now?*Neurosurgery.*2021;88(1):E1–E9.
- [34] Molliqaj G,et al.Robot-assisted versus fluoroscopy-guided oblique lumbar interbody fusion(OLIF):a systematic review and meta-analysis.*Eur Spine J.*2023;32(5):1773–1784.
- [35] Tan JH,et al.Evolution of Interbody Devices for Spinal Fusion:From Static to Expandable to 3D-Printed.*Asian Spine J.*2020;14(6):911–920.