

单孔分体内镜技术在脊柱微创手术中的应用与展望

周 波¹, 徐房添²

¹赣南医科大学第一临床医学院, 江西 赣州

²赣南医科大学第一附属医院骨科, 江西 赣州

收稿日期: 2025年11月2日; 录用日期: 2025年11月26日; 发布日期: 2025年12月4日

摘 要

随着脊柱外科朝着微创化与精准化不断发展, 传统脊柱内镜技术在临床应用中仍面临操作空间受限、学习曲线陡峭等挑战。单孔分体内镜技术作为新兴的微创术式, 通过“单孔分体”设计, 在单一通道内实现观察与操作通道的分离, 兼具微创性与操作灵活性, 显著改善了手术视野与器械协同能力。本文系统综述了单孔分体内镜的技术原理、系统特点及其在颈椎和腰椎疾病治疗中的临床应用。研究表明, 该技术在缩短手术时间、减少术中出血、加速术后康复等方面展现出显著优势, 并在长期随访中表现出良好的疼痛缓解、功能恢复及患者满意度。尽管其在脊柱稳定性维持与复杂病变处理方面仍有局限, 但随着器械优化与技术标准化, 单孔分体内镜有望成为脊柱微创手术的一大重要方向。未来需进一步开展大样本长期随访研究, 以明确其广泛应用的可行性与有效性。

关键词

单孔分体内镜, 脊柱手术, 微创手术

A Review of One-Hole Split Endoscopy and Its Prospect in Minimally Invasive Spine Surgery

Bo Zhou¹, Fangtian Xu²

¹The First Clinical Medical College of Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

²Department of Orthopedics, The First Affiliated Hospital of Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

Received: November 2, 2025; accepted: November 26, 2025; published: December 4, 2025

文章引用: 周波, 徐房添. 单孔分体内镜技术在脊柱微创手术中的应用与展望[J]. 临床医学进展, 2025, 15(12): 664-674.
DOI: 10.12677/acm.2025.15123456

Abstract

With the ongoing trend toward minimally invasive and precision-oriented spinal surgery, conventional spinal endoscopy continues to present clinical challenges such as confined operating space and a steep learning curve. As an innovative minimally invasive approach, One-hole Split Endoscopy (OSE) adopts a “one-hole split” design that separates the viewing and working channels within a single portal, offering both minimal invasiveness and enhanced operational flexibility, while significantly improving visual field and instrument coordination. This paper provides a systematic review of the technical principles and system characteristics of one-hole split endoscopy, as well as its clinical applications in the treatment of cervical and lumbar spine disorders. Evidence indicates that this technique offers notable advantages, including shorter operative time, reduced intraoperative bleeding, and accelerated postoperative recovery, with long-term follow-up demonstrating sustained pain relief, functional improvement, and high patient satisfaction. Although limitations remain in areas such as spinal stability preservation and management of complex pathologies, ongoing instrument refinement and procedural standardization promise to establish one-hole split endoscopy as a major advance in minimally invasive spine surgery. Further large-scale, long-term follow-up studies are warranted to validate its feasibility and effectiveness for broad clinical adoption.

Keywords

One-Hole Split Endoscopic, Spinal Surgery, Minimally Invasive Surgery

Copyright © 2025 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

随着医学技术的不断发展以及患者对生活质量需求的提高, 脊柱外科领域也经历着从传统开放术式向微创化、精准化的深刻技术演进[1], 其核心观念就是借助限制性切口和肌间隙入路, 最大幅度保留解剖结构的完整性, 该变革并非仅仅着眼于缩减手术切口, 更多则是要削减医源性创伤以改善患者围手术期感受及其长期功能状况[2], 脊柱内镜技术属于微创脊柱外科的一个重要分支, 凭借其切口小, 组织创伤轻, 术后康复快等诸多优势, 在退行性脊柱疾病诊疗方面占据了重要的一席之地, 不过, 传统单通道内镜技术存在操作空间狭小, 学习曲线陡峭等情况, 这使得它的临床应用范围和效率受到了限制。为解决此类难题, 单孔分体内镜技术(one-hole split endoscopy, OSE)便应运而生, 这种技术把工作通道和观察通道加以分离设计, 既保留了内镜手术的优势, 又超越了传统脊柱手术方式上的一些先天不足, 给微创脊柱手术带来新的技术选项, 微创手术的价值经由诸多围手术期关键指标体现出来, 比如手术历时, 术中出血量, 术后住院天数等, 它在缩减术中出血量, 减小输血比例上确实有明显优势[3][4], 因为做到了肌肉与软组织损伤最小化, 患者术后疼痛减轻, 镇痛药用量缩减, 进而达成早期快速下床活动并加快身体功能康复进程, 而且大幅缩短了术后住院时间[3][5], 微创切口带来的良好视觉效果, 还给患者增添了额外的心理收益。脊柱内镜技术不断发展的过程, 很好地表现出脊柱外科微创化改革的推进轨迹[5], 从早期的经皮穿刺技术开始, 渐渐可执行复杂的减压和融合手术, 这个过程同光学成像系统、照明系统以及专用器械的工程学改良相互配合, 这些关键技术使得外科医生能够在受限的空间里做到安全又精确的操作[5], 所以, 内镜技术被看作很有潜力的颠覆性技术之一, 它的发展趋势表明此技术可能会重新塑造

甚至替代当下显微镜下一些所谓的“金标准”手术方法[6], 脊柱外科迈向微创化, 这实质上是一种以患者为中心的外科理念变革, 重点就在于不断改良技术, 改进术式, 尽力减小医源性伤害, 以此全方位改善患者的诊治感受和长远效果。

2. 传统脊柱内镜技术的局限

脊柱内镜技术属于微创范畴, 在脊柱外科有着广泛的应用前景[4], 不过它的传统形态在临床上的应用及推广过程中, 仍然存在一些源自自身特性的固有问题, 这些限制因素重点表现在学习曲线陡峭, 操作空间小以及对专用器械过度依赖等方面, 它们在一定程度上限制了该技术更为全面的推广与应用[7]。学习曲线陡峭是阻碍脊柱内镜技术普及的重要因素之一[4][8], 不同种类的内镜技术, 其学习曲线的长短差别很大, LI Z [9]等人做了一项对比经皮内镜椎间孔椎间盘摘除术(percutaneous endoscopic transforaminal discectomy, PETD)和椎板间单侧双通道内镜椎间盘摘除术(unilateral biportal endoscopic discectomy, UBED)治疗腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)的学习曲线的研究, 结果显示, 要熟练掌握经皮内镜椎间孔椎间盘摘除术(PETD), 大概要做 40 台手术左右, 而想要掌握椎板间单侧双通道内镜椎间盘摘除术(UBED)技术, 则最少得做 15 台。CHEN Z [10]等人在一项包含 144 例腰椎退变性疾病患者的回顾性研究里提到, 即便有内镜经验的医生, 想要掌握双通道内镜(biportal endoscopic spinal surgery, BESS)技术也要做 41 到 45 台手术才行, 要知道, 第二代和第三代内镜技术给出的解剖视野虽然比较熟悉, 但也不是一下子就掌握得了的, 还是要按照影像学资料去系统地学习和操作[11]。传统的脊柱内镜技术, 特别是单通道系统, 最大的局限就是物理操作空间小, 这种设计让所有器械和光学系统都要共用同一个工作通道, 所以器械之间会产生很大的相互妨碍情况, 极大地限制了操作的灵活性和三角定位功能, 在应对像巨大椎间盘突出或者严重椎管狭窄这样复杂的病理变化的时候, 这种固有的空间局限就使得做到充分的神经减压和细致的硬膜囊松解变得非常棘手。双通道内镜虽经分离观察与操作通道来减轻器械间干扰, 但其通道创建仍受患者独特解剖结构的严格限制; 当椎间隙高度大幅缩减或者普遍存在骨赘时, 该技术优势也许会被削减。传统脊柱内镜手术效能受限于操作空间, 而且与专用器械短缺相关联, 因为针对内镜研发的专用工具体系尚未完备, 术者往往需要依靠传统内镜器械执行操作[12], 这种适配不良可能会影响手术效率并威胁到操作安全, 这就要求术者需具备更高超的技术水平才能保障手术效果。

当下, 主流的单通道和双通道内镜技术处于一种互补的状态之中, 单通道技术在微创性方面有着很大的优势, 不过它的操控灵活性欠佳, 双通道技术则经过增加工作通道的方式提升了操作的自由度, 但是这便对术者的技术熟练程度以及病例的选择有了更高的要求。

3. 单孔分体内镜技术的应运而生

脊柱外科微创化理念持续深入之际, 传统内镜技术的价值得以体现, 不过其操作空间和视野存在的局限愈发明显, 传统脊柱内镜技术可减少肌肉的损伤并加快康复进程, 但它依靠多通道创建的术式实际上增添了额外创伤及潜在并发症的风险。而且由于它原本就存在视野狭小, 操作空间受限的情况, 在应对复杂病变的时候将遭遇很大挑战, 要超越这些局限, 单孔分体内镜(OSE)技术便应运而生, 它于 2019 年首次在中国提出并用于临床[13], 其将传统椎间孔镜的工作通道与同轴的观察通道分开, 手术时可将这两个通道放在同一约 1.5 cm 长的微小切口中, 分别放入内镜观察器械和手术操作器械, 而且它们能够独立且自由的旋转和摆动, 不受固定通道的约束, 不存在形成“V”角的限制, 还可以随时在水介质、空气介质环境下进行操作或转换。此技术凭借这种独特的设计, 在解决传统内镜视野窄及器械操作缺乏足够自由度这两个关键问题, 给脊柱微创手术带来新的解决办法, 单孔分体内镜(OSE)技术的关键优势便在于它的这种“单孔分体”式设计[14], 这个单一通道可以尽可能减轻组织损伤, 分体式操作使得器械能在有限的空间里展开多角度协作, 进而一同拓展了手术视野和操作范围[15], 这样的结构性改进让它在颈椎后

路经椎间孔术, 腰椎间盘突出, 椎板切除以及减压等很多手术操作当中显现出很大的潜力, 同单侧双通道内镜(unilateral biportal endoscopic, UBE)比起来, OSE 在削减手术时间, 缩小切口长度上占优, 这又再次证实了其微创特性所具有的技术优势[13], 对于那些需全面减压或者处理复杂病变的病患而言, OSE 依靠其宽阔的术野和宽裕的操作空间, 可以适配更多的常规器械和技术, 从而给予更为有效的应对方案。在治疗游离型腰椎间盘突出症(LDH)时, 这种技术表现出创伤小, 康复快的优点, 而且可以做到突出髓核的完全摘除[16]。

因此, 单孔分体内镜技术的产生给脊柱微创手术带来新方向, 该技术在超越传统技术限制上颇具潜力, 所以近年来一直备受瞩目, 是研究热点之一。

4. 单孔分体内镜的技术原理与系统特点

单孔分体内镜(OSE)属于新兴的脊柱微创技术, “单孔分体”的设计希望精确解决传统内镜原本存在的局限, 单通道内镜(uniportal endoscopic spine surgery, UESS)视野受限, 操作同轴, 而双通道内镜(BESS)要另外创建操作通道, OSE 在单一孔道里分离观察和操作空间, 做到了“鱼和熊掌可以兼得”, 这样既保留了单一切口的微创优势, 又得到了类似双通道技术的宽阔视野和灵活器械操作, 这种设计直接带来了明显的临床效益, 术区可视化效果更好, 操作步骤更为简单, 整体手术效率更高, 而且还能很好地与多种脊柱外科技术相适配。

4.1. 核心设计理念

单孔分体内镜(OSE)技术的设计精髓, 在于经由单一入路整合了独立的光学观察、照明与器械操作通道。这种独特的“分体式整合”的器械系统, 将内镜系统与操作通道分离, 其内镜系统可提供放大约 30 倍的 4K 高清视野, 实现三维可视化操作; 而在其操作通道内允许使用标准外科器械如椎板咬骨钳、髓核钳等进行灵活操作。使其在保持微创的同时, 又突破了传统单通道内镜的视野与操作上的局限, 进而可在单一孔道里创建起此前唯有开放手术或者多孔内镜技术才有可能达到的手术空间和临床效果[16]。OSE 的单孔分体式的结构便于术者可在直视之下高效执行椎管减压、神经根松解以及椎间植骨等重要步骤, 进而降低操作失误并减小神经损伤的可能性[17]。器械通道的设计对于 OSE 达成“分体”操作也十分关键, 传统的单孔内镜手术常会出现器械拥挤的情况, 这会制约手术操作的灵活度与精准度, OSE 经由精妙的内部结构设计, 把各个器械通道分开来, 使得术者能够同时运用多种器械实施操作, 就像在开放式手术时那样, 这种“分体”设计既提升了手术效率, 又缩减了手术风险, 从而让术者能更为细致地执行诸如神经根减压, 椎间盘切除之类的各项操作[15]。此外, OSE 系统往往装有精密的控制系统, 该系统使得术者能够经由手柄或者脚踏板等, 精准地控制内镜的角度, 器械的位置以及操作力度, 此控制系统的改良, 又提升了手术的精准度与安全性[16]。

4.2. 与传统脊柱内镜技术的对比优势

单孔分体内镜技术属于脊柱微创手术的新兴方法, 要把它放在传统脊柱内镜技术这个框架里面去评判它的优势, 传统脊柱内镜技术大致可分为单通道内镜(UESS)和双通道内镜(BESS), 可以从手术视野, 操作灵活性, 器械适配性, 学习曲线陡峭程度这些方面, 系统地对分析单孔分体内镜和单通道/双通道内镜的长短处, 从而更为全方位地了解单孔分体内镜的临床意义。

单孔分体内镜期望整合单通道和双通道内镜的长处, 从而带来更为宽阔的手术视野[15], 单通道内镜往往经由单个入路来执行操作, 其视野较为有限。双通道内镜创建起两个通道, 采取“三角”操作法, 这样就能得到更好的立体视觉效果并扩展操作空间[18], 单孔分体内镜的设计思路大概是想要找到一个既能顾及视野又能做到微创的办法, 操作是否灵活会左右手术的准确程度和快慢速度, 单通道内镜因为

可用的空间小, 所以器械操作可能会不太方便, 双通道内镜有两条独立的运作通道, 这样术者就可以更为灵便地运用各种工具去做一些比较精密的工作, 单孔分体内镜的操作灵活性要看它具体是怎么设计的。单孔分体内镜的设计目标之一在于同多种脊柱外科器械相适配[16], 传统单通道内镜常常需采用专门定制的器械, 不过双通道内镜在器械挑选方面一般更为灵活, 可选用常规的脊柱外科器械。器械适配情况会左右手术的便捷程度及其成本, 而学习曲线属于考量某项技术推广性的重要参数, 单通道内镜手术对医生的技术水平要求较高, 其学习曲线较为陡峭[8], 双通道内镜由于其操作方法更接近传统的开放式手术, 所以学习起来要容易一些[19]。不过, 单孔分体内镜的学习曲线难易程度仍需做进一步的研究。

单孔分体内镜属于新兴技术, 它尝试融合单通道和双通道内镜的长处, 以在微创性, 视野以及操作灵活性之间寻求调和。

5. 单孔分体内镜的围手术期评价

单孔分体内镜技术(OSE)属于新型微创脊柱手术方法, 围手术期指标是评定手术技术好坏的关键部分, 经由对手术时间, 术中出血量, 住院天数以及麻醉方式等数据实施客观分析, 可以更为全面地认识单孔分体内镜技术在脊柱微创手术中的特性。

手术时间属于考量手术效率的关键指标, LI T [13]等对符合纳入标准的 160 例腰椎管狭窄症(lumbar spinal stenosis, LSS)患者采用倾向评分匹配分析后表明, 单孔分体内镜(OSE)的手术历时比单侧双通道内镜(UBE)更短, 具体历时分别是 62.42 ± 4.86 分钟和 68.96 ± 4.56 分钟; 但也有一些研究得到了不同的结论[20], 这可能与手术医生熟练程度有关。微创手术存在诸多优势, 另一项便是缩减术中出血量。FENG Y [15]等在一项涉及 63 例患者回顾性研究中表明, 单孔分体内镜技术用于诊治颈椎病引发的神经根病时, 术中出血量较少; 但 LI T [13]等总结了 160 例 OSE 和 UBE 治疗 LSS 患者的临床资料后显示, OSE 的术中出血量和 UBE 没有明显差别。另一方面, 缩短住院时间有益于加快患者康复进程并缩减医疗开支, 相关研究显示, 内镜下减压术往往对应着较短的住院时限[21]。LIU T [22]等人的研究也表明 OSE 技术可明显缩短住院时长, 造成这种差异的原因主要是内镜手术创伤更小、恢复更快的特点, 所以患者能够更早达到出院标准。麻醉方式的选择会直接左右患者术中的感受以及术后的复原情况, JADCZAK C N [23]等人在一项 Meta 分析的研究表明, 在内镜脊柱手术当中采用局部麻醉或者清醒镇静是较为安全有效的做法, 处于清醒状态进行内镜脊柱手术, 与之相关的严重并发症风险更低, 重建率也更低, 而且术后满意度更高, 选用局部麻醉能够缩减全身麻醉所带来的一些风险, 还有可能促使患者尽早康复。

综上, 单孔分体内镜技术在围手术期指标上有一些优势, 比如出血量较少, 住院时间较短, 部分术式下手术时间也更短, 不过具体到不同的脊柱疾病和手术方法时, 单孔分体内镜技术与其他微创技术的比较结果可能会存在差别, 所以, 在选定手术方案的时候, 要综合考量患者的实际情况, 术者的经验以及各类技术的特性。

6. 单孔分体内镜的疗效评价及长期随访结果与稳定性

6.1. 单孔分体内镜的疗效评价

在评估脊柱微创手术的疗效时, 疼痛缓解、功能改善和患者满意度是至关重要的指标。而单孔分体内镜技术作为一种新兴的微创手段, 其临床疗效也需通过严谨的指标体系进行评估。当下研究大多采用多维度评估体系, 经由视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)来量化术后疼痛程度, 结合 Oswestry 功能障碍指数(oswestry disability index, ODI)和日本骨科协会评分(Japanese orthopaedic association scores, JOA)综合体现功能改善状态, 使用 MacNab 标准评估脊柱手术的患者满意度。

疼痛属于脊柱疾病较为常见的症状, VAS 评分是考量疼痛强度最为常用的一种方法, 许多研究显示,

单孔分体内镜技术对于改善因腰椎管狭窄, 腰椎间盘突出等病症造成的腰腿痛有着明显的效果, LI T [13] 等统计了 OSE 在治疗 160 例腰椎管狭窄患者的术后功能评分, LIU C [24] 等则统计了 OSE 在治疗 154 例退变性腰椎间盘突出症患者的术后功能评分, 结果表明, 术后早期(1 周, 1 个月, 6 个月)的 VAS 评分均远远低于术前, 这显示出单孔分体内镜技术依靠自身微创的特点, 可以有效地减轻术后疼痛, 促使患者加快恢复速度, 不过也有些研究显示, LIU C [24]、QING P [25]、HUANG W [26] 及 GONG J [27] 等多项临床数据显示, OSE 技术在术后 6 个月、12 个月及更长时间的观察中, 患者 VAS 评分均获得显著而持久的改善。

ODI 评分是评定脊柱病症引发的功能障碍程度的关键工具, 单孔分体内镜技术(OSE)在治疗颈椎病和腰椎管狭窄方面表现出改善 JOA 评分和 ODI 评分的可能性, FENG Y [15] 等统计了 63 例神经根型颈椎病(cervical spondylotic radiculopathy, CSR)患者的术后功能评分, LI T [13] 等则总结了 160 例 OSE 在治疗腰椎管狭窄(LSS)患者的临床资料, 结果表明, 单孔分体内镜技术不仅可减轻疼痛, 而且能有效地提升患者的生活自理能力, 优化生活质量。

Mac Nab 标准常被用来评定脊柱手术患者的满意度, 其结果被划分为优, 良, 可, 差这四个等级, 不少研究显示, 利用单孔分体内镜技术诊治脊柱疾病时, 患者的总体满意度较高。比如用 OSE 技术诊治腰椎管狭窄症患者, 其优良率可高达 94.23% [13], 这些数据表明, 单孔分体内镜技术不但能缓解患者症状并帮助其康复, 还能提升患者的整体满意度, 进而带来较好的治疗成果。

经由对 VAS 评分, ODI 评分以及 MacNab 标准等考量指标加以分析能够发现, 单孔分体内镜技术在疼痛减轻, 功能改良以及患者满意度等方面均显现出不错的潜力, 这些指标给全面评定单孔分体内镜技术的临床疗效赋予了客观依照。

6.2. 影像学评估

单孔分体内镜技术在短期内临床效果较好, 不过对于该技术的长期效果当前研究数据较少, 当下的研究大多着眼于患者影像学方面的改变。

影像学随访对于考量脊柱术后的长期效果十分关键, 当下文献大多借助考察椎管横截面积, 椎间隙高度, 椎体稳定性以及椎间融合率等关键指标来进行评估, 椎管横截面积(cross-sectional area, CSA)属于衡量椎管减压效果的核心影像学指标, TAN F [28] 等回顾性分析了符合入选标准的 32 例单节段 LSS 患者采用 OSE 技术进行单纯椎管减压的临床资料, 结果表明 OSE 术后患者病变节段的硬膜囊面积大幅增加, 直观地表现了减压效果。椎间隙高度的恢复是评估融合术效果的重要指标, 特别是对于伴有椎间隙狭窄的退行性疾病而言, ZHANG Y [20] 等回顾性分析 2019 年至 2021 年单中心收治的 133 例 L5-S1 LDH 患者, 结果表明 OSE 在治疗 L5-S1 椎间盘突出时, 术后椎间隙高度与术前相比存在明显差异。椎体稳定性是个需着重关注之处, 单孔分体内镜技术属于微创技术, 它的设计初衷就是尽量缩减对周边组织的损害, 以减小术后脊柱不稳的可能性。但在实际执行过程中, 如果椎板切除过多或者方法不对, 就有可能造成医源性的不稳定状况, 特别是在诊治退变性腰椎滑脱症的时候, 脊柱稳定的问题更为凸显椎体稳定性常通过测量节段活动度(range of motion, ROM)和矢状位移(sagittal translation, ST)等生物力学参数来评估, LI T [13] 等统计了 OSE 在治疗 160 例腰椎管狭窄患者的手术影像数据, QING P [25] 等则统计了 OSE 在治疗 77 例腰椎管狭窄患者的手术影像数据, 研究数据均显示, 接受 OSE 治疗的患者术后其 ROM 和 ST 值均处于生理范围之内, 并未出现医源性腰椎不稳的病例。ZHANG Y [20] 等在一项针对 L5-S1 椎间盘突出的对比研究中表明, OSE 在保持节段稳定性上表现出相近的临床效果, 此结论进一步表明 OSE 技术在做到充分减压的同时, 又能保留后柱骨性结构和韧带完整性以维持腰椎的生物力学稳定。椎间融合率是评判椎间融合手术临床疗效的关键指标, 因为 OSE 技术在融合术中的应用较少, 相关文献不多。但 LIU C [26]

等回顾性分析了符合标准的 58 例 L4-L5 退变性腰椎滑脱患者的临床数据, 结果表明采用 OSE 辅助的融合术也可以取得比较理想的融合率。

当下, 有关单孔分体内镜技术的长期效果研究仍处于初级阶段, 日后的研究要采取更为严格的入选标准, 延长随访历时并全面化考量指标, 从而更为精准地评判此项技术的长远意义。

7. 单孔分体内镜安全性及并发症分析

脊柱外科手术均存在一定风险, 单孔分体内镜技术亦如此, 该技术虽具备微创优势, 但熟知其潜在并发症并采用有效的预防及应对策略十分关键, 这关乎手术安全与最终临床效果。

硬膜撕裂属于脊柱内镜手术中的常见并发症, CHEN Z [29]等在一项涉及 707 名腰椎管狭窄患者的 Meta 分析中表明, UBE 用于治疗腰椎管狭窄症时, 总体并发症发生率为 8.1%, 硬膜撕裂是其主要并发症, 发生率为 4.5%。JU C I [30]等统计了关于腰椎管狭窄的全内镜减压术的术后并发症, 结果显示, 硬膜撕裂也是一种常见的并发症。这种并发症有可能出现在很多情形之下, 比如手术期间器械造成的直接损害, 椎板或者黄韧带的骨性碎片撕裂硬膜, 还有电凝止血时产生的热损伤等等。神经根损伤属于另一种在脊柱内镜手术中应予以重视的并发症, 它也许会造成患者出现肢体麻木, 疼痛以及肌力下滑等症状 [31], 其产生可能源于术中直接压迫, 牵拉或者切割神经根, 也可能是因为电凝, 骨碎片等刺激到神经根而引发。REN J [32]等人的研究发现, 利用三维重建技术去测量关键骨性结构之间的安全距离, 可以有效地帮助术者在 OSE 手术当中识别并规避神经根, 从而显著提升手术的安全性。此外, 术后血肿可能会压迫神经组织, 引发疼痛, 麻木, 肌力下降等状况, 情况严重的时候, 也许还得要再次做手术来清除血肿 [31], 这大多是因为手术过程中止血不够彻底, 手术后凝血功能出现障碍或者患者自身就有出血倾向等因素造成的。脊柱手术后, 感染属于另一种严重的并发症, 可能会引发椎间盘感染, 骨髓炎等情况, 这会极大影响患者的康复进程, 感染的发生也许与术中无菌操作未严格执行, 患者自身免疫力较低以及术后切口护理不到位等因素存在关联。当下文献关于单孔分体内镜技术的术后并发症的研究数据较少, 只能从常规脊柱内镜手术中类推研究。

单孔分体内镜技术在脊柱微创手术中有独特的优势, 不过也要重视并发症的预防与管理, 经由规范的手术操作, 全面的术前评定以及后续的管理, 可以最大程度缩减并发症发生的概率, 加强手术的安全性和有效性, 随着脊柱内镜手术持续发展, 将来必定会有更多的技术和策略来减小并解决相关并发症, 进而进一步优化手术效果。

8. 单孔分体内镜技术的适应症及局限性

单孔分体内镜技术(OSE)有着自身独有的优势, 在脊柱各个部位的手术中有很广的应用前景, 此外, 在颈椎和腰椎手术当中, 人们开始探寻用 OSE 技术来应对多种疾病, 比如椎间盘突出, 椎管狭窄以及其他的退行性疾病等, 该技术具备保留肌肉并且经由小切口实施局部麻醉这样的特性, 从而做到手术创伤减小, 康复速度加快的效果。

8.1. 单孔分体内镜技术的推荐适应症

神经根型颈椎病(CSR): 近期的研究数据表明, OSE 技术在神经根型颈椎病的诊治中有很高的临床价值, FENG Y [15]等通过一项纳入 63 例 CSR 患者的回顾性队列研究显示, 采用 OSE 技术行颈椎后路髓核摘除术后, 患者 VAS 评分(上肢及颈部)和 JOA 评分(颈椎)均得到统计学意义的改善, 而且在围手术期参数(包括出血量、住院时长等)方面也有所改良, 这表明它可能是 CSR 诊治中更优的手术选择, 这些临床数据给 OSE 技术在颈椎病诊治领域的推广应用给予了重要依据。

腰椎间盘突出症(LDH): LIU C [24]等统计了一项纳入 154 例 LDH 患者的对照研究的手术参数, 结果显示: 与显微内镜下椎间盘切除术(microendoscopic discectomy, MED)相比, OSE 达到相似的临床疗效的同时显著减少了术中出血量并缩小了手术切口; LIU T [22]等则统计了一项纳入 217 例 LDH 患者回顾性对照研究的手术参数, 结果表明, OSE 手术不但切口更短, 术中透视次数也更少, 而且在术后早期(7 天内)可以获得更低的 ODI 和 VAS 评分。ZHANG Y [20]等为研究 OSE 技术在治疗 L5-S1 节段 LDH 患者的临床疗效, 统计了 133 患者的手术资料, 结果表明, OSE 在出血控制和骨质保留方面更显优势。ZHANG Y [16]等在针对游离型 LDH 的回顾性研究中发现, OSE 技术凭借其独特的操作通道, 可以达成较好的临床效果与安全性, 这就为它在复杂病例中的应用给予了循证依据。这些临床证据表明, OSE 技术在 LDH 的诊治中有着与传统微创术式相媲美的疗效, 并且在部分围手术期指标上会更具优势。

腰椎管狭窄症(LSS): 对于腰椎管狭窄症, OSE 也是一种可行的治疗选择。LI T [13]等将 160 例符合标准的 LSS 患者纳入了一项对比探究 OSE 和 UBE 在治疗 LSS 的临床疗效的回顾性研究中, 结果显示, OSE 在手术时间和切口长度上优于 UBE, 且两组患者的临床功能评分和影像学结果均有显著改善。DENG C [33]等在一项纳入 513 名患者的 Meta 分析中也表明, OSE 和 UBE 在治疗 LSS 时是安全有效的, 二者具有类似的治疗效果。TAN F [28]等就包含 32 例单节段 LSS 患者采用 OSE 技术进行单纯椎管减压的专项研究表明, 利用 OSE 技术施行单纯椎管减压术效果良好, 具备手术创伤小、恢复快的优势。ZHANG J [34]等回顾性分析了行 OSE 技术手术的 66 例 LSS 患者的临床资料, 结果表明, OSE 技术用作 LSS 减压手术的手段, 术后早期对腰椎稳定性没有明显不良影响, 但可能会给腰椎间盘突出产生一定程度的退变影响。

单孔分体内镜技术在椎间盘突出、椎管狭窄等疾病的治疗中均展现出良好的应用前景, 但应严格掌握手术适应症, 制定合理的手术计划, 并由经验丰富的医生操作, 以确保手术的安全性和术后疗效。

8.2. 单孔分体内镜技术的禁忌症

单孔分体内镜技术(OSE)属于先进的微创脊柱手术, 其能否手术成功的关键在于严格的患者筛选及手术指征考量, 准确地选择适应症可最大程度发挥手术优势, 清楚认识到禁忌症能有效规避不必要的风险与并发症, 有益于临床医生更好地实施患者筛选, 进而改善治疗效果并减小风险。但是, 有关 OSE 禁忌证的文献报道不多, 大多依照临床经验以及对解剖结构的认识进行判断。相对禁忌证重点在于解剖结构的异常状况, 譬如严重的椎管狭窄、严重的椎间隙塌陷、腰椎滑脱超过 II 度、伴有严重的骨质疏松症, 还有因既往手术史造成局部解剖结构改变等情况, 而绝对禁忌证包含全身性风险因素, 即存在未控制的感染、凝血功能障碍、以及全身一般情况差不能耐受手术等情形。

总之, 单孔分体内镜技术并非无所不能, 临床医生需遵照患者具体情况, 综合评定, 严格把控适应症与禁忌症, 才有可能保障手术的安全性与有效性。

9. 经济成本与可及性

单孔分体内镜技术的全面应用, 除了技术层面的挑战外, 经济成本及可及性都是不可忽略的因素, 单孔分体内镜手术要花费诸多成本, 包含设备采购, 耗材使用和人员培训等, 与传统开放手术对比, 内镜手术往往需要专门的内镜系统, 影像设备以及精密的微创器械, 它们可能会造成较大的前期投入成本, 特别是对于单孔分体内镜技术而言, 由于其设计复杂且制造工艺繁杂, 所以器械购置成本也许更高, 而且在单孔内镜手术当中, 诸如止血之类的精准操作往往需采用多种一次性专用耗材, 这样就会进一步提升单次手术的直接成本。但仅仅把单次手术的直接成本做对比是不够全面的, 要知道内镜手术具备微创的特点, 患者术后会更快好转, 住院周期更短, 术后并发症发生率可能更低, 如此一来就可以缩减总体的医疗费用, 患者返回工作岗位的速度也更快, 这也能够减轻社会经济压力, 从卫生经济学视角出发,

需要进行全面的成本效益分析, 把直接医疗成本、间接成本以及社会效益等多种要素考虑进去, 初期所花费的资金可以经由缩短住院时长, 降低术后并发症并加快患者痊愈过程等途径在日后得以补偿。

总而言之, 单孔分体内镜技术的经济成本是影响其普及的重要因素。在推广应用过程中, 需要在关注技术进步的同时, 兼顾成本控制和可及性, 通过多方努力, 使更多患者能够从中获益。

10. 未来展望

单孔分体内镜技术在脊柱微创手术领域已展现出巨大的潜力和希望, 但其发展远未止步。展望未来, 该技术将继续在多个维度上进行创新和突破, 以期提供更安全、有效且普及性更强的治疗方案。未来的研究和临床实践将聚焦于拓宽适应症、提升精准度、降低学习曲线以及实现更广泛的全球应用。

参考文献

- [1] Kim, H.S., Wu, P.H. and Jang, I. (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>
- [2] Simpson, A.K., Lightsey, H.M., Xiong, G.X., Crawford, A.M., Minamide, A. and Schoenfeld, A.J. (2022) Spinal Endoscopy: Evidence, Techniques, Global Trends, and Future Projections. *The Spine Journal*, **22**, 64-74. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2021.07.004>
- [3] Zakko, P., Lipphardt, M. and Park, D.K. (2023) Endoscopic Spine Surgery: Advertisement or Game Changer? *Instructional Course Lectures*, **72**, 675-687.
- [4] Hahn, B. and Park, J. (2021) Incorporating New Technologies to Overcome the Limitations of Endoscopic Spine Surgery: Navigation, Robotics, and Visualization. *World Neurosurgery*, **145**, 712-721. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.06.188>
- [5] Hussain, I., Apuzzo, M.L.J. and Wang, M.Y. (2022) Foundations in Spinal Endoscopy. *World Neurosurgery*, **160**, 125-131. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.11.116>
- [6] Lauper, N., Dominguez, D. and Fournier, J. (2022) Chirurgie lombaire endoscopique. *Revue Médicale Suisse*, **18**, 2377-2383. <https://doi.org/10.53738/revmed.2022.18.808.2377>
- [7] Hussain, I., Yeung, A.T. and Wang, M.Y. (2022) Challenges in Spinal Endoscopy. *World Neurosurgery*, **160**, 132-137. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.11.082>
- [8] Ahn, Y. and Lee, S. (2023) Uniportal versus Biportal Endoscopic Spine Surgery: A Comprehensive Review. *Expert Review of Medical Devices*, **20**, 549-556. <https://doi.org/10.1080/17434440.2023.2214678>
- [9] Li, Z., Yang, H., Zhang, Y., Han, C., Liu, Y., Guan, L., et al. (2024) Percutaneous Endoscopic Transforaminal Discectomy and Unilateral Biportal Endoscopic Discectomy for Lumbar Disc Herniation: A Comparative Analysis of Learning Curves. *European Spine Journal*, **33**, 2154-2165. <https://doi.org/10.1007/s00586-024-08293-8>
- [10] Chen, Z. and Pei, F. (2024) Learning Curve of Biportal Endoscopic Spinal Surgery: A Retrospective 2-Center Study. *World Neurosurgery*, **187**, e543-e550. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2024.04.123>
- [11] Balain, B., Bhachu, D.S., Gadkari, A., Ghodke, A. and Kuiper, J.H. (2023) 2nd and 3rd Generation Full Endoscopic Lumbar Spine Surgery: Clinical Safety and Learning Curve. *European Spine Journal*, **32**, 2796-2804. <https://doi.org/10.1007/s00586-023-07703-7>
- [12] Xiao, S., Zhou, S., Pan, S., Ning, J., Gan, X. and Guan, Y. (2023) Comparison of Endoscopic and Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for Lumbar Degenerative Diseases: A Meta-Analysis. *Clinical Spine Surgery*, **37**, 56-66. <https://doi.org/10.1097/bsd.0000000000001428>
- [13] Li, T., Jiang, Q., Zhong, W., Zhu, T., Lu, Z. and Ding, Y. (2024) One-Hole Split Endoscope versus Unilateral Biportal Endoscopy for Lumbar Spinal Stenosis: A Retrospective Propensity Score Study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **19**, Article No. 254. <https://doi.org/10.1186/s13018-024-04743-7>
- [14] Guo, H., Song, Y., Weng, R., Tian, H., Yuan, J. and Li, Y. (2022) Comparison of Clinical Outcomes and Complications between Endoscopic and Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for Lumbar Degenerative Diseases: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Global Spine Journal*, **13**, 1394-1404. <https://doi.org/10.1177/21925682221142545>
- [15] Feng, Y., Zhang, W., Li, K., Lin, X., Liu, C., Wang, C., et al. (2024) Evaluation of the Effectiveness of Cervical One-Hole Split Endoscopic Keyhole Surgery for Cervical Radiculopathy. *Journal of Pain Research*, **17**, 3093-3099.

- <https://doi.org/10.2147/jpr.s451943>
- [16] Zhang, Y., Feng, B., Ning, H., Dai, G., Su, W., Lu, H., *et al.* (2023) One-Hole Split Endoscope Technique for Migrated Lumbar Disc Herniation: A Single-Centre, Retrospective Study of a Novel Technique. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **18**, Article No. 483. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-03967-3>
 - [17] 杨贺军, 牛旺, 唐骞, 等. 单侧双通道脊柱内镜技术治疗单节段胸椎黄韧带骨化症[J]. 中国修复重建外科杂志, 2023, 37(2): 174-179.
 - [18] Van Isseldyk, F., Padilla-Lichtenberger, F., Guiroy, A., Asghar, J., Quillo-Olvera, J., Quillo-Reséndiz, J., *et al.* (2024) Endoscopic Treatment of Lumbar Degenerative Disc Disease: A Narrative Review of Full-Endoscopic and Unilateral Biportal Endoscopic Spine Surgery. *World Neurosurgery*, **188**, e93-e107. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2024.05.047>
 - [19] Jitpakdee, K., Liu, Y., Heo, D.H., Kotheeranurak, V., Suvithayasiri, S. and Kim, J. (2023) Minimally Invasive Endoscopy in Spine Surgery: Where Are We Now? *European Spine Journal*, **32**, 2755-2768. <https://doi.org/10.1007/s00586-023-07622-7>
 - [20] Zhang, Y., Feng, B., Hu, P., Dai, G. and Su, W. (2023) One-Hole Split Endoscopy Technique versus Unilateral Biportal Endoscopy Technique for L5-S1 Lumbar Disk Herniation: Analysis of Clinical and Radiologic Outcomes. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **18**, Article No. 668. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-04159-9>
 - [21] Chin, B.Z., Yong, J.H., Wang, E., Sim, S.I., Lin, S., Wu, P.H., *et al.* (2024) Full-Endoscopic versus Microscopic Spinal Decompression for Lumbar Spinal Stenosis: A Systematic Review & Meta-Analysis. *The Spine Journal*, **24**, 1022-1033. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2023.12.009>
 - [22] Liu, T., Han, S., Zhang, N., Sun, J., Zhou, Y., Sun, G., *et al.* (2025) Comparative Efficacy of One-Hole Split Endoscope versus Unilateral Biportal Endoscopy in the Treatment of Lumbar Disc Herniation: A Retrospective Analysis. *Neurosurgical Review*, **48**, Article No. 585. <https://doi.org/10.1007/s10143-025-03714-8>
 - [23] Jadcak, C.N., Vanjani, N.N., Pawlowski, H., Cha, E.D.K., Lynch, C.P., Prabhu, M.C., *et al.* (2023) The Current Status of Awake Endoscopic Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurgery*, **180**, e198-e209. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.09.023>
 - [24] Liu, C., Zhang, W., Wang, C., Hu, B., Wang, K., Feng, Y., *et al.* (2024) Comparison of One-Hole Split Endoscopic Discectomy and Microendoscopic Discectomy in the Treatment of Lumbar Disk Herniation: A One-Year Retrospective Cohort Study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **19**, Article No. 123. <https://doi.org/10.1186/s13018-024-04574-6>
 - [25] Qing, P., Guo, W., Xie, S., Zhao, S., Cui, L., Li, M., *et al.* (2025) Clinical Efficacy of One-Hole Split Endoscopy vs. Unilateral Biportal Endoscopy for the Treatment of Single-Segment Lumbar Spinal Stenosis: A Retrospective Study with 2-Year Follow-Up. *Frontiers in Surgery*, **12**, Article ID: 1495741. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2025.1495741>
 - [26] Liu, C., Huang, W., Li, J., *et al.* (2023) Effectiveness Analysis of Posterolateral Approach Lumbar Interbody Fusion Assisted by One-Hole Split Endoscope for L(4, 5) Degenerative Lumbar Spondylolisthesis. *Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery*, **37**, 989-995.
 - [27] Gong, J., Huang, Z., Liu, H., Zhang, C., Zheng, W., Li, C., *et al.* (2021) A Modified Endoscopic Transforaminal Lumbar Interbody Fusion Technique: Preliminary Clinical Results of 96 Cases. *Frontiers in Surgery*, **8**, Article ID: 676847. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2021.676847>
 - [28] Tan, F., Zhang, F., Han, S., *et al.* (2024) Analysis of Effectiveness of One-Hole Split Endoscopy Technique in Treatment of Lumbar Spinal Stenosis. *Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery*, **38**, 337-341.
 - [29] Chen, Z., Zhou, H., Wang, X., Liu, Z., Liu, W. and Luo, J. (2023) Complications of Unilateral Biportal Endoscopic Spinal Surgery for Lumbar Spinal Stenosis: A Meta-Analysis and Systematic Review. *World Neurosurgery*, **170**, e371-e379. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2022.11.019>
 - [30] Ju, C., Kim, P., Ha, S., Kim, S. and Lee, S. (2022) Contraindications and Complications of Full Endoscopic Lumbar Decompression for Lumbar Spinal Stenosis: A Systematic Review. *World Neurosurgery*, **168**, 398-410. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2022.07.066>
 - [31] Ju, C.I., Kim, P., Seo, J.H., Kim, S.W. and Lee, S.M. (2023) Complications of Cervical Endoscopic Spinal Surgery: A Systematic Review and Narrative Analysis. *World Neurosurgery*, **178**, 330-339. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.07.058>
 - [32] Liu, C., Ren, J., Sun, Z., Li, S., Feng, Z. and Li, Y. (2025) Safe Distances for Transforaminal Posterior Lumbar Interbody Fusion under One-Hole Split Endoscopy: Three-Dimensional Reconstruction Measurement of 1-Degree Degenerative Lumbar Spondylolisthesis at the L4/5 Segment. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **20**, Article No. 103. <https://doi.org/10.1186/s13018-025-05474-z>
 - [33] Deng, C., Li, X., Wu, C., Xie, W. and Chen, M. (2025) One-Hole Split Endoscopy versus Unilateral Biportal Endoscopy for Lumbar Degenerative Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis of Clinical Outcomes and Complications. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **20**, Article No. 187. <https://doi.org/10.1186/s13018-025-05591-9>

- [34] Zhang, J., Yan, R., Xu, S., Shao, B. and Dou, Y. (2024) Short-Term Lumbar Disc and Lumbar Stability Changes of One-Hole Split Endoscope Technique Treatment of Spinal Stenosis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **25**, Article No. 325. <https://doi.org/10.1186/s12891-024-07443-9>