

单孔分体内镜技术在脊柱退行性疾病治疗中的应用进展

艾崇文 张玉洁 李豪豪
(江西中医药大学)

DOI: 10.65285/ZWYXJZ.V11I1.002

摘要: 单孔分体内镜技术采用单一切口内的分体式通道设计,使皮肤创伤与器械自由度相分离;已有研究表明,该技术用于治疗腰椎间盘突出症和腰椎管狭窄症的短期疗效与单侧双通道内镜以及显微镜下的椎间盘切除术相似,差异集中在切口更短、术中出血更少、术后早期恢复更快等围手术期指标上,远期结局的差异尚不明确。有限元分析认为关节突关节切除不超过内侧三分之一即可保持腰椎稳定,在临床上切除量的控制受限于术者的经验或操作条件。单通道结构在进行止血时会受到视野遮挡的限制,并且迟发性硬膜外血肿等并发症风险尚未量化。目前所有文献均是单中心回顾性的研究,循证等级停留在四级,颈椎领域完全没有相关报道,学习曲线和并发症谱也缺乏量化分析。对于脊柱微创手术而言,该技术的意义在于弥补了经皮内镜与双通道内镜之间存在的空缺,是否具有临床增量由术者对软组织保护需求决定。今后的研究应该首先考虑颈椎方面的前瞻性研究和以并发症非劣效性为目标的随机对照试验。

关键词: 单孔分体内镜;脊柱退行性疾病;腰椎间盘突出症;腰椎管狭窄症;微创手术

Progress in the Application of Single-hole Split Endoscopic Technology in the Treatment of Spinal Degenerative Diseases

Chongwen Ai, Yujie Zhang, Haohao Li
Jiangxi University of Chinese Medicine

Abstract: Single-hole split endoscopic technology adopts a split-channel design within a single incision, which separates skin trauma from instrumental operating freedom. Existing studies have shown that for the treatment of lumbar disc herniation and lumbar spinal stenosis, this technique achieves similar short-term efficacy to unilateral biportal endoscopy and microscopic discectomy. Its advantages are mainly reflected in improved perioperative indicators, including shorter incisions, less intraoperative blood loss and faster early postoperative recovery, while the differences in long-term clinical outcomes remain unclear. Finite element analysis indicates that resection within the medial one-third of the facet joint can maintain lumbar spinal stability, whereas the precise control of resection scope in clinical practice is limited by surgeon experience and intraoperative conditions. The single-channel structure may cause visual field obstruction during hemostasis, and the risk of complications such as delayed epidural hematoma has not been quantitatively evaluated. At present, relevant studies are all single-center retrospective researches with level IV evidence. There is no relevant clinical research in the cervical spine field, and quantitative analysis on the learning curve and complication spectrum of this technology is still insufficient. For minimally invasive spinal surgery, single-hole split endoscopy fills the technical gap between percutaneous endoscopy and biportal endoscopy. Its clinical incremental value depends on surgeons' demands for soft tissue protection. Future studies should prioritize prospective trials on cervical spine diseases and randomized controlled trials targeting the non-inferiority of complication outcomes.

Keywords: single-hole split endoscopy; spinal degenerative diseases; lumbar disc herniation; lumbar spinal stenosis; minimally invasive surgery

前言

过去 20 年里,脊柱内镜手术一直面临着这样一个结构性张力:经皮内镜腰椎间盘切除术把微创推向极致,但同轴的设计锁死了器械的活动空间;而单侧双通道内镜则解放了器械的自由度,代价却是更多的皮肤切口以及更为广泛地剥离椎旁肌。两个极端各自占据了一端,切口的数量、

器械的独立性长期以来都被绑在同一个技术选择上。

2019 年单孔分体内的出现,试图在单一个切口中完成观察、操作两个通道的分离^[1]。这并不是一种折衷的妥协方案,而是一种对切口与通道绑定关系的解绑的尝试。目前对于单孔分体内镜的讨论大多停留于疗效比较的层面,并未将其纳入脊柱内镜技术整体演进逻辑当中去定位,也没

有对其进行结构性弱点以及适应证边界的概念化梳理。

本文从切口与通道关系的视角出发,重新梳理单孔分体内镜的技术原理、生物力学边界和临床证据,明确其在脊柱内镜技术谱系中的位置,并指出当前证据体系的概念缺口。

一、技术定位与概念框架

长期以来对脊柱内镜技术进行分类时,一直以切口的数量、通道的构型这两个混为一谈的概念来划分。其中,经皮内镜腰椎间盘突出术是单切口单通道的同轴约束模式;而单侧双通道内镜则是双切口双通道的分离模式。单孔分体内镜的意义就在于创造了一种新的构型:单切口双独立通道。

内镜和操作器械通过同一个皮肤切口进入到体内,并且都在工作通道中各自独立地进行运动,这样就将皮肤创伤和器械自由度这两个变量解耦了,使得术者不必在微创性和操作性之间做非此即彼的选择;现在许多团队尝试将其用于减压、融合等复杂的术式,说明其具有向复杂术式的拓展能力。

但现有的文献中对于这3种术式的器械活动范围、工作通道直径以及有效的操作角度等均没有标准化的测量;关于技术原理的描述仅限于设计说明书,并且在术式的选择上仍缺少客观依据。而要实现概念上的整合,则需要首先对技术参数进行定量地刻画。

二、生物力学基础

(一) 关节突切除的安全边界

单孔分体内的安全性评估绕不开一个问题,在单侧椎板切除双侧减压时,关节突切除的边界在哪里?有限元分析给出了答案——内侧三分之一;当切除量在这个范围内,节段运动范围、椎间盘内压力和纤维环应力都不发生明显变化^[2]。越过这个界限,则远期不稳的风险增加。

(二) 有限元结果与临床实际的偏差

三维重建技术辅助可以提高关节面保留率^[3],这给术中操作提供了一个影像学参照,但是模型预测和临床实际之间的系统偏差是存在的。骨性标志辨识错误、出血造成的视野模糊以及不同节段的解剖变异等都使得实际切除量偏离了规划。有限元的研究给出了一定的阈值,没有回答阈值在真实的手术中是否可控?对于一个正在推广的新术式来说可控性比阈值数字更重要。现有的文献对该问题讨论不足。

三、腰椎间盘突出症

(一) 疗效等效性

目前所有关于单孔分体进行内镜治疗腰椎间盘突出症的研究均为回顾性的队列研究;与显微镜下椎间盘切除术相比较,在术后1至12个月内疼痛评分及功能评分改善方面没有明显差别^[4]。单孔分体内镜组术中出血较少且切口较短,术后第3天评分高于显微镜组,但在1月时差异消失。与单侧双通道内镜的比较也呈现出类似的景象,疼痛评分、功能指数以及MacNab优良率之间都没有明显的统计学差

异,只是在切口长短、多裂肌保护等方面存在差异(即围手术期)^[5-6]。

这些研究传递了一个相同的信号——单孔分体内的内镜在临床结果上和现有的术式是等价的,并且其优势窗口集中于术后早期;单孔分体内镜的优势只到术后一个月,在围手术期获得的好处的时间可能只有1-4周。这对于椎旁肌较差或者希望尽快恢复的病人来说是有意义的,但是对于已经非常熟悉其它术式的术者而言,这样的增量是否有足够的驱动力来改变术式存疑。

(二) 复杂类型的手术可行性

目前对于复杂类型的突出,其治疗的经验仅停留于病例报告层面上,在数字三维技术辅助下治疗高度游离型突出^[7],影像三维重建辅助下治疗极外侧型突出^[8]等个案中证明了该技术在复杂的解剖条件下进行的操作是可行的;但是可以完成和应当选择属于两个层面的判断,后者需要随机对照试验来支撑。

四、腰椎管狭窄症

(一) 减压效果与腰椎稳定性

腰椎管狭窄症的证据结构要比椎间盘突出症更加完整,在单侧椎板切除双侧减压手术后短期内进行影像学随访发现:椎间盘高度和椎间孔的高度明显增大;腰椎前凸角、节段运动范围和矢状面平移没有发生显著的变化^[9]。这就为本文提供了一个初步的影像学证据表明此术式的不显著破坏了腰椎稳定性的可能性,但是节段不稳定往往要经过较长时间才能显现出来,短期随访的结论需要远期的数据来验证。

术后1年优良率为85%以上且硬膜撕裂的发生率低于传统的开放手术;由外至内的依次切除同侧椎板、黄韧带以及对侧椎板下的骨性结构的减压方式在充分减压与神经保护间取得平衡。通过倾向评分匹配的研究表明:单孔分体内镜和单边双通道内镜在疼痛缓解和功能恢复上没有显著差异,前者手术时间更短切口更小^[10]。匹配设计降低了选择偏倚,但是不能消除了术者的熟练程度的混杂,匹配后的样本数对发生率较低的并发症的检测效力仍是有限的。

(二) 远期随访证据

2年随访数据显示单孔分体内镜和单侧双通道内镜在疼痛评分、功能指数以及MacNab优良率方面仍然没有明显差别^[11]。退行性腰椎滑脱症的对比研究表明单孔分体内镜出血更少、住院时间更短^[12],但是由于只有55例使得结论的稳定性存在疑问;总的来说,单孔分体内镜治疗腰椎管狭窄症的远期疗效是稳定的,但是其证据形态同椎间盘突出症一样:等效性成立,优效性不明确。

五、胸椎黄韧带骨化症

胸椎黄韧带骨化症的治疗经验是目前唯一涉及非腰椎节段的证据,在13例患者中术后神经功能得到明显改善^[13],证明了本器械的设计能够在狭窄的空间内实现精准减压;但是胸椎病变主要表现为局灶性的骨性压迫,并且和颈椎退行性疾病病理特征相差较大,这种经验的外推需要谨慎。

六、并发症分析

(一) 现有研究的安全性证据局限

现有的对比研究都报道了单孔分体内的内镜和对照组并发症的发生率没有明显差别^[10-12]，但是这些研究的样本量是以检测疗效差异为目的，对低发生率并发症的检测效力是严重的不足；差异无统计学意义更多地反映了样本量不足，并非安全性的真正等同。

(二) 单通道结构的止血操作限制

迟发性硬膜外血肿的个案报告暴露出单通道的设计缺陷^[14]。单侧双通道内镜的独立工作通道可以进行止血，在持续灌洗、直视的情况下完成；而单孔分体内的镜把观察和操作放在同一个空间里，当止血器械进入的时候必然会遮挡视野，操作的空间更加局促。这在凝血功能异常或者长期使用抗凝药物的病人当中风险更高，但是目前没有任何亚组分析的数据。

(三) 学习曲线与并发症风险

射频消融安全性的数据来自于单侧双通道内镜，硬膜外温度升高的幅度可以控制，但是前提是持续灌洗的通畅性^[15]。全内镜单侧椎板切除双侧减压的硬膜撕裂的发生率高达7.5%，在术中修补之后对远期结果没有明显的影响，但是会增加患者的住院时间^[16]。内镜脊柱手术需要警惕的并发症有：硬膜撕裂、围手术期血肿、短暂的感觉异常和神经根损伤等^[17]，上述基线数据来源于其它内镜术式，目前尚无单孔分体内的内镜并发症谱。

七、讨论

现有的证据勾勒出了一个较为清晰的单孔分体内的临床画像——短期疗效同单侧双通道内镜和显微镜下的椎间盘切除术相当，手术时间更少，软组织损伤更小^[4-6,9-12]，而所有优点都集中于围手术期，并未显示出在远期结局上的差异性；它的临床定位应该围绕着软组织保护来开展，适合椎旁肌条件较差或者希望尽快恢复以及对切口美观有要求的患者。而对于那些已经熟练掌握了单侧双通道内镜的术者而言，单孔分体内镜带来的增量或许并不足以推动术式的改变。

全部数据来自于单中心回顾性的研究，循证等级停留在四级；倾向评分匹配减少了选择偏倚，但是不能消除术者的熟练程度的混杂；并发症的数据样本量不足来检测低的发生率事件之间的差异；将其它内镜术式的结果迁移到单孔分体内的内镜，它的互换假设从来没有得到证实；通过系统评价和荟萃分析确认了疗效指标的等效性，而并发症由于异质性太高没有进行合并^[18]，证据的局限被进一步放大。

颈椎适应证完全空白，尸体标本的研究是验证操作空间和解剖安全性必要的前提^[19]；多中心前瞻性随机对照试验需要以并发症率非劣效性为目标进行样本量计算^[20]，而不是疗效优越性；缺乏对学习曲线的量化分析。

结语：

单孔分体技术的价值是填补了经皮内镜腰椎间盘突出

术、单侧双通道内镜之间空白地带^[1,19]，通过在单个切口中进行通道分离，解绑了皮肤创伤与器械自由度的传统绑定关系；它的临床增量并不依赖于疗效的超越而是取决于术者对于软组织保护需求的程度。目前证据等级为四级，在下一步应该首先开展颈椎适应证的前瞻性探索以及以并发症非劣效性为目标的随机对照试验^[20]。

参考文献：

- [1] Tusheng Li, Qiang Jiang, Wei Zhong, et al. One-hole split endoscope versus unilateral biportal endoscopy for lumbar spinal stenosis: a retrospective propensity score study[J]. Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 2024, 19(1).
- [2] Jinghe Zhang, Ruqi Yan, Shidong Xu, et al. Short-term lumbar disc and lumbar stability changes of one-hole split endoscope technique treatment of spinal stenosis[J]. BMC Musculoskeletal Disorders, 2024, 25(1).
- [3] 刘昌震, 刘鑫, 李岳飞, 等. 三维重建指导单孔分体内镜治疗上腰椎间盘突出症的影像学标志点[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(6): 939-944.
- [4] Chen Liu, Wencan Zhang, Chongyi Wang, et al. Comparison of one-hole split endoscopic discectomy and microendoscopic discectomy in the treatment of lumbar disk herniation: a one-year retrospective cohort study[J]. Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 2024, 19(1).
- [5] Fang N, Yan S, Yang A. Research advances in unilateral endoscopic spinal surgery for the treatment of lumbar disc herniation: a review[J]. Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 2025, 20(1): 643.
- [6] Liu T, Han S, Zhang N, et al. Comparative efficacy of one-hole split endoscope versus unilateral biportal endoscopy in the treatment of lumbar disc herniation: a retrospective analysis[J]. Neurosurgical Review, 2025, 48(1): 585.
- [7] 赵加庆, 刘栋, 陆素妮, 等. 数字3D技术辅助单孔分体内镜手术治疗高度游离型腰椎间盘突出症[J]. 中国组织工程研究, 2026, 30(9): 2278-2285.
- [8] 冯志萌, 孙宁, 孙兆忠, 等. 影像三维重建安全辅助单孔分体内镜治疗 L5/S1 极外侧腰椎间盘突出症[J]. 中国组织工程研究, 2025, 29(9): 1876-1882.
- [9] Jinghe Zhang, Ruqi Yan, Shidong Xu, et al. Short-term lumbar disc and lumbar stability changes of one-hole split endoscope technique treatment of spinal stenosis[J]. BMC Musculoskeletal Disorders, 2024, 25(1).
- [10] Tusheng Li, Qiang Jiang, Wei Zhong, et al. One-hole split endoscope versus unilateral biportal endoscopy for lumbar spinal stenosis: a retrospective propensity score study[J]. Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 2024, 19(1).
- [11] Qing P, Guo W, Xie S, et al. 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[J]. *Frontiers in Surgery*, 2025, 12: 1495741.

[12]Abudurezhake M, Huang Y, Wang H, et al. Clinical efficacy analysis of one-hole split endoscopy surgery versus unilateral biportal endoscopic surgery for degenerative lumbar spondylolisthesis[J]. *Frontiers in Surgery*, 2025, 12: 1728502.

[13]Sha Q, Huang Z, Liu J, et al. Safety and efficacy of one-hole split endoscope technique for surgical treatment of thoracic ossification of the ligamentum flavum[J]. *Scientific Reports*, 2024, 14(1):4342.

[14]Li H, Zhou Y, Zhou Y, et al. Delayed postoperative spinal epidural hematoma after one-hole split endoscope discectomy: a case report and literature review[J]. *Frontiers in Surgery*, 2026, 13: 1737628.

[15]Heo D H, Park D Y, Hong Y H, et al. Temperature change of epidural space by radiofrequency use in biportal endoscopic lumbar surgery: safety evaluation of radiofrequency[J]. *European Spine Journal*, 2023, 32(8): 2769–2775.

[16]Greil M E, Bergquist J, Kashlan O N, et al. Incidence

and management of dural tears in full-endoscopic unilateral laminotomies for bilateral lumbar decompression[J]. *European Spine Journal*, 2023, 32(8): 2889–2895.

[17]Ju C I, Lee S M. Complications and management of endoscopic spinal surgery[J]. *Neurospine*, 2023, 20(1): 56.

[18]Deng C, Li X, Wu C, et al. One-hole split endoscopy versus unilateral biportal endoscopy for lumbar degenerative disease: a systematic review and meta-analysis of clinical outcomes and complications[J]. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 2025, 20(1): 187.

[19]田永刚, 刘智, 郭树章. 单侧双通道内镜下腰椎融合术研究进展 [J]. *现代临床医学*, 2022, 48(5): 393–396.

[20]Tusheng Li, Qiang Jiang, Wei Zhong, et al. One-hole split endoscope versus unilateral biportal endoscopy for lumbar spinal stenosis: a retrospective propensity score study[J]. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 2024, 19(1).

作者简介: 艾崇文 (2001.10–)、男、汉族、江西新余、本科、学生、研究方向或从事工作: 外科学。