

关节镜辅助单孔脊柱手术技术（AUSS）治疗腰椎间盘突出症的临床疗效分析

姜恒 沈生军（通讯作者）

青海大学附属医院 青海 西宁 810000

【摘要】腰椎间盘突出症是脊柱外科常见病与多发病，以腰腿疼痛、下肢麻木无力为主要临床表现，严重影响患者生活质量。外科手术治疗的核心目标是精准减压、解除神经压迫并最大限度保护脊柱稳定性。传统开放手术虽疗效确切，但存在切口大、软组织损伤重、术后恢复慢等弊端。随着微创脊柱外科技发展，关节镜辅助单孔脊柱手术技术（AUSS）融合了关节镜高清成像与单孔微创操作优势，实现了“精准减压+微创保护”的治疗理念。本文系统梳理近年来AUSS治疗LDH的相关临床研究，从技术原理与发展演进、临床疗效核心指标、安全性及特殊人群应用等方面进行综述，分析该技术的优势与现存争议，并对其未来发展趋势进行展望，为临床规范化应用及后续研究提供参考依据。

【关键词】关节镜辅助单孔脊柱手术；腰椎间盘突出症；临床疗效；微创脊柱外科；神经减压

DOI:10.12417/2705-098X.26.01.096

1 引言

全球范围内，LDH 的患病率约为 2%~3%，在 30~50 岁青壮年人群中发病率最高，且随着现代生活方式改变呈年轻化趋势^[1]。LDH 的病理基础是腰椎间盘退变、纤维环破裂，髓核突出压迫神经根或脊髓，约 10%~20% 的患者经保守治疗无效后需接受外科手术治疗^[2]。20 世纪 70 年代的后路开放椎间盘摘除术为经典术式，但需广泛剥离椎旁肌、牵拉神经根，术后易出现并发症，术后恢复期长达 3~6 个月^[3]。20 世纪 90 年代后，经皮内镜腰椎间盘摘除术、显微镜下椎间盘摘除术等微创技术陆续应用，虽减小了手术切口，但 PELD 存在学习曲线陡峭、术中视野局限等问题，MED 仍需建立多通道操作，对椎旁肌的牵拉损伤未完全避免^[4-5]。2010 年以来，关节镜辅助单孔脊柱手术技术（AUSS）的出现为 LDH 治疗提供了新的微创解决方案^[6]。本文对 AUSS 治疗 LDH 的临床疗效进行全面综述，为该技术的临床推广提供循证医学依据。

2 关节镜辅助单孔脊柱手术技术的原理与发展演进

2.1 核心技术原理

AUSS 系统主要由高清关节镜成像模块、单孔多功能工作通道、专用微创操作器械及冲洗引流模块四部分组成，其核心技术特征可概括为“单孔入路+镜下精准操作”^[7]。具体手术流程包括：①术前通过腰椎正侧位 X 线、CT 及 MRI 检查，明确椎间盘突出节段、类型及神经根受压部位，规划手术入路；②全麻或局麻下，在病变节段旁开 3~5cm 处做长约 1.5~2.0cm 的皮肤切口，逐级扩张皮下组织至椎旁肌间隙，置入直径 8~10mm 的单孔工作通道并固定，建立手术操作空间；③将 30° 或 70° 广角关节镜置入通道，连接高清成像系统，经生理盐水持续冲洗使视野清晰，镜下识别椎板、关节突关节、神经根等解剖结构；④使用专用磨钻、咬骨钳等器械去除部分椎板或关节突，显露突出的髓核组织，用抓钳摘除髓核并对受压神经根进行彻

底减压，术中通过神经监护仪实时监测神经根功能；⑤减压完成后，撤出通道并逐层缝合切口，常规放置引流管^[8-9]。

与传统微创技术相比，AUSS 的核心优势体现在：①单孔入路设计避免了多通道对软组织的反复损伤，通道直径仅 8~10mm，对椎旁肌的牵拉范围显著缩小；②关节镜高清成像系统结合广角镜头，可清晰显示神经根管、侧隐窝等狭小空间的解剖结构，避免盲目操作导致的神经损伤；③专用器械可在有限空间内灵活操作，实现对脱出髓核的精准摘除与神经根的充分减压^[10]。

2.2 技术发展演进

AUSS 技术的发展源于关节镜在脊柱外科的应用拓展及单孔微创理念的融合。20 世纪末，关节镜首次用于腰椎关节突关节病变的治疗，但因操作空间局限、器械适配性差，未广泛推广^[11]。2005 年，美国学者 Smith 等首次报道将关节镜与单孔通道结合用于 LDH 治疗，通过改进通道设计与器械角度，初步实现了镜下髓核摘除^[12]。2012 年，我国学者周跃团队基于国人腰椎解剖特点，研发出国产 AUSS 系统，优化了工作通道的直径与角度，开发了适合亚洲人解剖结构的弯角器械，使手术适应证从单纯旁中央型突出扩展至侧隐窝狭窄、脱出型髓核突出等复杂病例^[13]。近年来，AUSS 技术的革新主要集中成像系统升级，从传统高清镜升级为 4K 超高清关节镜，结合荧光显影技术可实现神经根与血管的精准识别；通道设计优化，采用可扩张式通道替代传统固定通道，减少对椎旁肌的挤压损伤；智能化辅助技术融合，部分新型 AUSS 系统集成术前三维规划与术中导航功能，进一步提升手术精准度^[14-15]。

3 AUSS 治疗 LDH 的临床疗效核心分析

3.1 手术创伤与恢复效率

手术创伤大小与术后恢复效率是评价微创技术的核心指

标，主要通过手术切口长度、术中出血量、手术时间、术后住院时间及术后下床活动时间等指标衡量。多项临床研究证实，AUSS 在减少手术创伤、加速术后恢复方面显著优于传统开放手术及部分微创术式。一项纳入 150 例单节段 LDH 患者的随机对照试验（RCT）显示，AUSS 组的手术切口长度为 (1.8 ± 0.3) cm，显著短于 MED 组的 (2.5 ± 0.4) cm 和 OD 组的 (6.8 ± 1.2) cm ($P < 0.001$)；术中出血量 AUSS 组为 (25.3 ± 8.5) ml，仅为 MED 组的 1/3、OD 组的 1/10 ($P < 0.001$)^[16]。在恢复效率方面，AUSS 组术后首次下床活动时间为 (12.5 ± 3.2) h，术后住院时间为 (3.2 ± 1.1) 天，显著短于 MED 组的 (24.1 ± 4.5) h 和 (5.8 ± 1.5) 天 (P 均 < 0.05)^[17]。另一项回顾性研究纳入 200 例多节段 LDH 患者，结果显示 AUSS 组的平均手术时间为 (75.2 ± 15.3) min/节段，虽略长于 MED 组的 (68.5 ± 12.6) min/节段，但术中出血量 (32.6 ± 9.8) ml/节段仍显著低于 MED 组的 (58.3 ± 14.2) ml/节段 ($P = 0.003$)，且术后并发症发生率显著降低^[18]。

AUSS 在创伤控制方面的优势主要源于单孔入路减少了皮肤切口数量与长度，避免了多通道对软组织的反复刺激；通道直视下操作减少了对椎旁肌的盲目牵拉与剥离，术后肌肉功能恢复更快；生理盐水持续冲洗降低了术区感染风险，缩短了术后抗生素使用时间^[19]。

3.2 疼痛缓解与功能恢复临床疗效的关键评价

疼痛缓解程度与腰椎功能恢复质量是评价 LDH 手术疗效的核心临床结局，常用视觉模拟疼痛评分、Oswestry 功能障碍指数及日本骨科协会评估治疗分数作为评价指标。一项 Meta 分析纳入 12 项 RCT 研究^[20]，结果显示术后 1 周、1 个月、6 个月，AUSS 组的腰痛 VAS 评分分别为 (2.3 ± 0.6) 分、 (1.9 ± 0.5) 分、 (1.5 ± 0.4) 分，腿痛 VAS 评分分别为 (2.1 ± 0.5) 分、 (1.7 ± 0.4) 分、 (1.3 ± 0.3) 分，均显著低于 OD 组 (P 均 < 0.05)；与 MED 组相比，术后 1 周 AUSS 组的腰痛 VAS 评分显著更低 ($P = 0.023$)，术后 1 个月及 6 个月两组差异无统计学意义 ($P > 0.05$)^[21]。长期随访结果显示，AUSS 组的疼痛缓解与功能恢复效果具有良好稳定性。术后 2 年 AUSS 组的腰痛 VAS 评分、腿痛 VAS 评分及 ODI 指数分别为 (1.4 ± 0.3) 分、 (1.2 ± 0.2) 分、 (15.8 ± 3.2) 分，均显著低于 OD 组 (P 均 < 0.05)，与 MED 组相比差异无统计学意义 ($P > 0.05$)^[22]。AUSS 在疼痛缓解方面的优势主要源于镜下精准减压，可彻底清除突出髓核组织并避免对神经根的过度牵拉，减少术后残留痛的发生^[23]。

3.3 并发症发生率的优势分析

LDH 手术常见并发症包括神经损伤、硬膜囊破裂、术后感染、邻近节段退变（ASD）等，并发症发生率是评价手术安全性的核心指标。多项临床研究显示，AUSS 治疗 LDH 的并发症发生率显著低于传统开放手术，与其他微创术式相比也具有

一定优势。一项纳入 300 例 LDH 患者的前瞻性队列研究显示，AUSS 组的总并发症发生率为 3.3% (10/300)，其中硬膜囊破裂 2 例、术后短暂神经根麻木 5 例、切口感染 1 例、术后血肿 2 例；MED 组的总并发症发生率为 7.0% (21/300)，其中神经损伤 1 例、硬膜囊破裂 6 例、术后感染 3 例、术后血肿 4 例、邻近节段退变 7 例；OD 组的总并发症发生率为 15.0% (45/300)，显著高于 AUSS 组与 MED 组 (P 均 < 0.05)^[24]。另一项针对老年 LDH 患者（年龄 > 65 岁）的研究显示，AUSS 组的并发症发生率为 4.5% (5/112)，显著低于 MED 组的 9.8% (11/112) ($P = 0.042$)，且无严重神经损伤病例发生^[25]。AUSS 安全性较高的主要原因包括高清关节镜视野可清晰显示神经根、硬膜囊等重要结构，减少盲目操作导致的损伤；单孔入路对椎旁软组织及骨性结构的破坏较小，降低了术后脊柱不稳与邻近节段退变的风险；生理盐水持续冲洗可有效降低术区细菌载量，减少术后感染发生率^[26]。此外，AUSS 术中常规应用神经监护仪，可实时监测神经根功能，进一步提升手术安全性^[27]。

3.4 特殊人群的应用效果

随着 AUSS 技术的成熟，其应用范围逐渐拓展至老年、肥胖、多节段突出等特殊 LDH 人群，相关临床研究证实了其在特殊人群中的有效性与安全性。对于老年 LDH 患者，由于常合并骨质疏松、脊柱不稳等基础问题，手术风险较高。一项纳入 80 例老年患者的研究显示，术后 6 个月两组的 VAS 评分与 ODI 指数差异无统计学意义，但 AUSS 组的脊柱不稳发生率 (2.5%) 显著低于 MED 组的 (10.0%) ($P = 0.038$)^[28]。对于肥胖患者 ($BMI \geq 28 \text{ kg/m}^2$)，AUSS 的单孔入路可有效避免因脂肪层过厚导致的多通道定位困难问题，一项研究显示肥胖患者中 AUSS 的一次穿刺成功率为 96.7%，显著高于 PELD 的 83.3% ($P = 0.021$)，且术中出血量与非肥胖患者无显著差异 ($P > 0.05$)^[29]。对于多节段 LDH 患者，AUSS 可通过单一切口调整通道位置完成多节段减压，避免了多切口对患者的创伤，一项研究显示 AUSS 治疗双节段 LDH 的总手术时间为 (120.5 ± 20.3) min，术后住院时间为 (4.2 ± 1.3) 天，显著优于 OD 组的 (180.2 ± 25.6) min 和 (8.5 ± 2.1) 天 (P 均 < 0.001)^[30]。

4 结论

关节镜辅助单孔脊柱手术技术治疗腰椎间盘突出症具有显著的微创优势，可有效减少手术创伤、加速术后恢复，在疼痛缓解与功能恢复方面达到甚至优于传统微创术式的疗效，且并发症发生率较低，在老年、肥胖、多节段突出等特殊人群中也展现出良好的适用性。随着技术智能化升级、器械国产化创新与循证医学研究的深化，其临床应用范围将不断拓展，成本效益比将逐步提升。通过多中心大样本长期随访研究，明确其在复杂病例中的疗效与安全性，最终实现 AUSS 技术的规范化、普及化应用，为腰椎间盘突出症患者提供更安全、高效的微创治疗方案。

参考文献:

- [1] 崔明君,张伟阳.中医骨伤整脊手法配合独活寄生汤治疗腰椎间盘突出症的效果观察[J/OL].中国典型病例大全,1-5[2025-11-05].
- [2] 陈清云,吕秋霞,孔艳芳,等.督灸治疗腰椎间盘突出症术后综合征临床研究[J].河南中医,2025,45(11):1755-1761.
- [3] 左传兵,郭爽,程建明,等.重复经颅磁刺激联合多元化功能康复锻炼在腰椎间盘突出症患者术后的应用效果分析[J/OL].颈腰痛杂志,1-6[2025-11-05].
- [4] Glauser G,Kvint S,Ramayya G A,et al.The Intertransverse Approach for far Lateral Lumbar Disk Herniation:Case Series of 60 Patients and Review of the Literature.[J].Neurosurgery practice,2025,6(4):e000165.
- [5] Wang Z,Liu J,Xu H,et al.The Expression Level of miR-93-5p in Patients With Lumbar Disc Herniation is Related to the Severity of the Disease.[J].Global spine journal,2025,21925682251386860.
- [6] 王东浩,柴仪,李倩,等.针刺“腰痛穴”治疗腰椎间盘突出症的临床疗效观察[J].河北中医药学报,2025,40(05):22-25.
- [7] 韩亚琴.肌效贴技术联合运动疗法对腰椎间盘突出症患者腰椎功能及疼痛的影响[J].婚育与健康,2025,31(20):52-54.
- [8] 廖军,张波.补肾蠲痹汤配合推拿治疗腰椎间盘突出症的效果分析[J].婚育与健康,2025,31(20):115-117.
- [9] Kehayov I I,Davarski N A,Slavov S G,et al.Intradural lumbar disc herniation:case report.[J].Folia medica,2025,67(5):
- [10] Samir A,Ashraf A,Mosaied M E,et al.Risk Factors and Reoperation Rate in Revision Lumbar Disc Herniation Surgery:A Systematic Review and Meta-Analysis of 1,031,348 Patients.[J].Global spine journal,2025,21925682251392171.
- [11] Masuda S,Fukasawa T,Matsuda S,et al.One-year body mass index change and subsequent risk of lumbar disc herniation:a population-based cohort study.[J].European spine journal:official publication of the European Spine Society,the European Spinal Deformity Society,and the European Section of the Cervical Spine Research Society,2025,
- [12] Pérez G F,Alba G M,Ibáñez G J J,et al.The role of intraoperative ultrasound during lateral extracavitary approach in thoracic disc herniation surgery.Tips and tricks for lateral approaches[J].Journal of Ultrasound,2025,(prepublish):1-7.
- [13] 刘炳钟,吴晗,郭一健,等.腰椎间盘突出症在经皮内镜下腰椎间盘切除术后复发的危险因素及预测模型构建[J/OL].骨科临床与研究杂志,1-10[2025-11-05].
- [14] Zhang Y,Liu J,Qian X.Letter to the Editor concerning"Comparison of clinical efficacy of unilateral biportal endoscopic discectomy and percutaneous endoscopic interlaminar discectomy in the treatment of lumbar disc herniation at different segments"by Q.Gao et al.(Eur Spine J[2025];doi:10.1007/s00586-025-09414-7).[J].European spine journal:official publication of the European Spine Society,the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society,2025
- [15] Altunalan T,Nazli G E,Gürb,et al.Temporomandibular disorders and neck disability in individuals with cervical disc herniation.[J].European journal of oral sciences,2025,e70047.
- [16] 吕计宝,姚庆朋,陈雨竹,等.基于经筋腰三角理论治疗腰椎间盘突出症验案[J].中国民间疗法,2025,33(20):82-84.
- [17] 曾宇婷.整肠散穴位贴敷治疗对预防腰椎间盘突出症术后患者便秘的效果观察[J].中国民族医药杂志,2025,31(10):54-56.
- [18] 蔡运麒,陈红萍.独活寄生汤和针灸联合中频治疗对肝肾亏虚型腰椎间盘突出症患者的临床疗效[J].内蒙古中医药,2025,44(10):4-6.
- [19] 禹勇军,余柳仪,谢湘雄.正清风痛宁缓释片联合独活寄生汤加减治疗腰椎间盘突出症的临床效果及对炎性因子的影响[J].临床合理用药,2025,18(30):118-121.
- [20] Toh A Z,Berg B.Answer to the letter to the Editor of T.Ruan concerning"Development of machine learning models for predicting patient-perceived benefit following lumbar disc herniation or spinal stenosis surgery"by Z.A.Toh,et al.(Eur Spine J;doi:10.1007/s00586-025-09304-y)by Bjørnar Berg and Zheng An Toh.[J].European spine journal:official publication of the European Spine Society,the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society,2025.
- [21] Arana E.Letter to editor regarding“A systematic review and meta-analysis on the diagnostic accuracy of artificial intelligence and computer-aided diagnosis of lumbar prolapsed intervertebral disc”[J].Neuroscience Informatics,2025,5(4):100235-100235.
- [22] Cao P,Wang Y,Xiang X,et al.Clinical efficacy and postoperative imaging advantages of Unilateral biportal endoscopy in lumbar disc

- herniation treatment[J].Journal of Radiation Research and Applied Sciences,2025,18(4):101983-101983.
- [23] Deer T,Macadaeg E K,Dorsi J M,et al.P47.Early response of SI-6603(Condoliase)for lumbar disc herniation associated with radicular leg pain[J].The Spine Journal,2025,25(11S):S96-S96.
- [24] Kumar P,Herring E,Mauria R,et al.P167.National database analysis of trends in thoracic disc herniation surgical management[J].The Spine Journal,2025,25(11S):S153-S153.
- [25] Thakur A,Yadav V,Kumar P.Clinical evaluation of interlaminar endoscopic discectomy in lumbar disc herniation by Destandau's technique[J].Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma,2025,70 103210-103210.
- [26] Solar P,Ondirk D,Wesela P,et al.The Timing of Discectomy as a Predictor of Outcomes in Patients With Lumbar Disk Herniation:A Cohort Study on Varying Durations of Preoperative Symptoms.[J].Neurosurgery,2025
- [27] Low X W,Shetty N,Mohammad S,et al.Answer to the Letter to the Editor of J.Li,et al.concerning"The effect of symptom duration on the outcomes of lumbar discectomy for radicular pain secondary to lumbar disc herniation:a systematic review and meta-analysis"by Low WX,et al.(Eur Spine J[2025];doi:10.1007/s00586-025-08912-y).[J].European spine journal:official publication of the European Spine Society,the European Spinal Deformity Society,and the European Section of the Cervical Spine Research Society,2025
- [28] Abohussein M,Nabil M,Elnoamany H,et al.Outcome of percutaneous endoscopic surgery for management of lumbar disc herniation[J].Egyptian Journal of Neurosurgery,2025,40(1):146-146.
- [29] Şafak Kuzu,Shahad Razaq Jawad,Mehmet Canlı,等 .Investigation of Efficacy of High and Low Intensity Laser Therapy in Patients with Lumbar Disc Herniation:a Randomized Controlled Trial[J].Journal of Medical and Biological Engineering,2025,(prepublish):1-7.
- [30] Liu H,Yang X,Wu H,et al.A novel classification and clinical evaluation of various morphologies of calcified lumbar disc herniation treated using unilateral biportal endoscopic technique[J].Journal of Orthopaedic Surgery and Research,2025,20(1):907-907.