

颈椎间盘突出症的微创治疗：后路内镜技术临床应用进展

柯文理¹, 沈凯^{2*}

¹重庆医科大学国科大重庆学院, 重庆

²重庆市人民医院脊柱外科, 重庆

收稿日期: 2026年2月11日; 录用日期: 2026年3月4日; 发布日期: 2026年3月13日

摘要

后路微创技术已成为治疗颈椎间盘突出症的重要方式, 其中主要包括两种代表性术式: 经皮后路内镜下颈椎间盘切除术 (posterior percutaneous endoscopic cervical foraminotomy and discectomy, P-PECD) 以及经皮后路单侧双通道内镜下颈椎间盘突出摘除术 (UBE-posterior percutaneous endoscopic cervical discectomy, UBE-PCD)。P-PECD 是一种以微创为特点的脊柱外科技术, 尤其适用于神经根型颈椎病 (CSR) 的外科干预。相较于传统前路手术需经颈前重要组织结构, 其避免了食管、气管、喉返神经损伤及椎体融合相关并发症。其具有组织创伤小、出血少、住院时间短、保留颈椎运动功能等明显优势。近年来, P-PECD、UBE-PCD 在技术、器械及临床应用方面取得飞速进展。技术层面上, 手术入路与解剖研究持续优化, 从早期“经椎板间隙入路”到更精准的“Key-Hole”椎间孔成形技术、结合术中影像学定位与神经电生理功能监测, 再次提升了神经减压的精确性与安全性。器械方面, 内镜系统向更细直径、更高分辨率及更大操作通道发展, 配套的镜下高速磨钻、钬激光、射频电极等工具在处理骨性增生和止血上更为高效。临床应用拓展上, 其适应症得到进一步延伸, 从单纯的软性突出到部分包含钙化或后纵韧带骨化的病例, 甚至可以应用于颈椎后纵韧带骨化症单节段减压。

关键词

颈椎间盘突出症, 经皮内镜, 后路手术, 微创脊柱外科

Minimally Invasive Treatment of Cervical Intervertebral Disc Protrusion: Clinical Application Progress of Posterior Endoscopic Techniques

Wenli Ke¹, Kai Shen^{2*}

*通讯作者。

文章引用: 柯文理, 沈凯. 颈椎间盘突出症的微创治疗: 后路内镜技术临床应用进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(3): 2229-2235. DOI: 10.12677/acm.2026.1631016

Abstract

Posterior minimally invasive techniques have become an important approach for treating cervical intervertebral disc protrusion, mainly including two representative surgical methods: posterior percutaneous endoscopic cervical foraminotomy and discectomy (P-PECD) and UBE-posterior percutaneous endoscopic cervical discectomy (UBE-PCD). P-PECD is a spinal surgical technique characterized by minimally invasive surgery, especially suitable for surgical intervention of cervical spondylotic radiculopathy (CSR). Compared with traditional anterior surgery that requires passing through important anterior cervical tissue structures, it avoids esophageal, tracheal, and recurrent laryngeal nerve injury and complications related to vertebral fusion. It has obvious advantages such as small tissue trauma, less bleeding, short hospital stay and preservation of cervical vertebrae motor function. In recent years, P-PECD and UBE-PCD have made rapid progress in technology, equipment and clinical application. From a technical perspective, the surgical approach and anatomical research have been continuously optimized. From the early “translaminar space approach” to the more precise “Key-Hole” intervertebral foramen shaping technique, combined with intraoperative imaging localization and neuroelectrophysiological function monitoring, the accuracy and safety of nerve decompression have been further enhanced. In terms of equipment, endoscopic systems are evolving towards finer diameters, higher resolutions and larger operation channels. The accompanying high-speed grinding drills, holmium lasers, radiofrequency electrodes and other tools under the microscope are more efficient in treating bony hyperplasia and hemostasis. In terms of clinical application expansion, its indications have been further extended, from simple soft protrusion to some cases involving calcification or ossification of the posterior longitudinal ligament, and it can even be applied to single-segment decompression for ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine.

Keywords

Herniation of Cervical Disc, Percutaneous Endoscopy, Posterior Approach Operation, Minimal Invasive Spinal Surgery

Copyright © 2026 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

颈椎间盘突出症(cervical disc herniation, CDH)作为脊柱外科常见病,其形成多因急性创伤或慢性退行性改变,导致椎间盘髓核组织向后方移位,进而对脊髓或神经根产生压迫,引发相应脊髓型或神经根型颈椎病的临床症状[1]。根据病情可有保守治疗与手术治疗两种方式。若保守治疗未能奏效、症状持续且严重影响患者日常生活或已出现明确神经功能损伤表现时,则需评估患者病情并考虑手术治疗[2]。传统前路颈椎间盘切除融合术长期以来被视为手术治疗的“金标准”,因其可在直视下直接解除神经压迫,并通过椎体间植骨融合实现颈椎稳定,疗效确切[3]。但该术式存在邻近节段退变加速、植骨不融合、假

关节形成、颈部活动受限及吞咽困难等并发症[4]。近些年,以 P-PECD 与 UBE-PCD 为代表的脊柱后路内镜技术,逐渐成为治疗颈椎间盘突出症安全有效的替代选择。这些技术具有创伤小、出血少、住院时间短、康复快和并发症少等优势[5]。后路手术通过“钥匙孔”(key-hole)技术扩大椎间孔,实现对神经根的间接减压,因此能更好地保留颈椎活动度[6]。其中,UBE-PCD 技术观察与操作通道分离,使术者拥有更宽阔的视野和更灵活的操作空间,在实现精准减压的同时,有利于保护关节突关节,对维持术后节段稳定性具有潜在价值[7]。本文旨在对 P-PECD 与 UBE-PCD 技术治疗颈椎间盘突出症的临床应用进行综述。

2. P-PECD

后路颈椎椎间孔切开成形术(Posterior Cervical Foraminotomy, PCF)最早是由 Spurling 和 Scoville 于 1944 年提出,该术式通过扩大侧隐窝及椎间孔实现神经减压,是针对外侧型椎间盘突出或椎间孔狭窄的经典安全术式。文献报道其改善神经根型颈椎病症状的有效率高达 93%~97% [8]。但传统开放手术需广泛剥离椎旁肌,易引发术后颈部疼痛、肌肉痉挛和功能障碍[9]。为克服上述缺点,后路经皮内镜下颈椎间盘切除术等微创技术应运而生。该技术可在内镜直视下精准显露并解除神经压迫,与传统术式相比,能较大程度上减少对颈部软组织的损伤,保留肌肉与韧带附着结构,且有利于维持颈椎稳定性,进而显著降低术后疼痛与痉挛发生率。尸体研究证实,颈椎后路内镜技术可获得与开放手术相当的骨性减压范围[10]。

2.1. 适应证

P-PECD 适用于外侧型椎间盘突出,影像学检查提示椎间盘突出主要位于脊髓外侧缘,临床表现上为颈椎神经根型颈椎病,保守治疗 6 周以上无效者。禁忌证:(1) 严重的颈椎管狭窄:后纵韧带广泛骨化、黄韧带肥厚骨化、发育性颈椎管狭窄(Pavlov 比值 <0.75);(2) 明显的颈椎失稳:颈椎过伸过屈位 X 线片显示椎体间平移 $>3\text{ mm}$ 或成角 $>11^\circ$;(3) 目标节段严重退变:椎间隙严重狭窄(高度丧失 $>50\%$),无法建立有效的工作通道、终板硬化以及巨大骨赘形成等;(4) 椎间盘突出伴广泛钙化:钙化的组织坚硬,难以用内镜下器械有效切除,强行操作手术风险陡增;(5) 感染与肿瘤:目标节段存在活动性感染(如椎间盘炎、脊柱结核)或肿瘤性疾病;(6) 全身性禁忌症:无法耐受麻醉或手术的严重全身性疾病(如严重心脑血管疾病、凝血功能障碍等) [11]。

2.2. 手术过程

手术在全身或局部麻醉下进行,患者取俯卧位,头部保持在中立位或轻度屈曲位并妥善固定;胸部、双侧髂前上棘、双膝及足踝下方垫软垫。术中在 C 型臂 X 光机辅助下进行定位:正位透视确认 V 点(即上位椎板下缘、下位椎板上缘与关节突关节内侧缘构成的解剖交汇点)作为穿刺靶点,侧位透视明确手术节段。于 V 点投影处经皮置入穿刺针,拔出内芯后置入导丝,然后移除穿刺针套管。沿导丝方向作一皮肤切口,使用扩张套管逐层钝性分离软组织,建立工作通道并置入工作套管。再次透视确认套管末端位置精准抵达 V 点骨性结构后,连接内镜及灌流系统。镜下首先使用射频电极及髓核钳清理骨面软组织,充分显露 V 点区域。以内镜磨钻磨除 V 点周围的部分上位椎板下缘、下位椎板上缘及关节突关节内侧缘骨质,直到显露黄韧带。切除黄韧带后,便清晰显露出走行的神经根及其腹侧突出的椎间盘。再根据突出物位置,选择经神经根的肩上方或腋下方入路,完整切除突出的椎间盘组织,完成减压[12]。

2.3. 临床疗效

Ruetten 及其团队的一项早期研究纳入了 87 例患者,行后路椎板间入路实施颈椎间盘切除术,术后疗效显著。该研究通过为期 2 年的随访,验证了 P-PECD 用于外侧型椎间盘突出的有效性[2]。次年,该

团队进一步完成了一项随机对照试验,共纳入 175 例软性颈椎间盘突出患者,分别接受 P-PECD 与 ACDF。结果表明,两组患者在临床疗效、再次手术率及并发症上未见统计学差异,但 P-PECD 在保留颈椎活动度、促进术后恢复及降低手术创伤方面展现出明显优势[2]。Yao 等人的临床研究报道了 24 例神经根型颈椎病患者接受 P-PECD 治疗的结果。术后影像学评估(MRI 与三维 CT)证实突出间盘被彻底摘除,神经根获得充分减压。患者颈部和上肢的视觉模拟量表(VAS)评分、颈椎功能障碍指数(NDI)评分均较术前显著下降($P < 0.05$),而日本骨科协会(JOA)评分则显著提高($P < 0.05$)。末次随访采用改良 MacNab 标准评价疗效:优 16 例,良 8 例,无一例疗效为差[13]。另一项研究中,Wen 等人对 16 例椎间盘突出患者实施了后路 PECD 治疗,所有病例术前影像均显示突出髓核位于脊髓外侧缘,其中 10 例造成脊髓压迫,6 例压迫神经根。术后 3 个月评估显示,患者疼痛症状得到明显缓解[14]。此外,Liu 等人的研究也支持该技术具有明显优势。他们对 12 例神经根型颈椎病患者行 P-PECD,术后也获得了良好的临床疗效。术后复查 MRI,所有病例的椎间盘突出均被完整移除[7]。

2.4. 并发症

该术式相关并发症主要包括:入路相关的术后颈痛、神经根或脊髓损伤、硬膜外血肿、硬脊膜损伤、因术中冲洗压力过高引起的术后神经功能障碍及颈椎不稳等。一项包含 463 例病例的回顾性研究显示,并发症发生率约为 2.2%,与传统开放手术相比未见明显升高[15]。另一项研究中,Yang 等人对 42 例接受 P-PECD 手术的患者进行分析,发现并发症发生率为 4.8% (2/42),其中 1 例因术中脊髓过度牵拉导致对侧短暂性疼痛,另 1 例则需行翻修手术。还有一项前瞻性研究指出,约 2.9% (8/28)的患者术后出现颈部疼痛,分析认为可能与术中持续盐水冲洗导致硬膜外压力升高有关[16]。Skovrlj 等人通过对 296 例患者的随访发现,总并发症发生率为 2.4%,其中脑脊液漏最为常见,占比 1.4% [17]。Zheng 等人在 252 例 P-PECD 手术中出现 2 例术后感觉异常和 1 例硬脊膜破裂。另有报道,在接受 P-PECD 的 106 例患者中,2.6% (3/106)出现感觉异常,1.9% (2/106)发生硬膜破裂,这些并发症可能与术中机械性操作或热损伤有关[18]。此外,Wu 等人曾报道 2 例 P-PECD 术中发生全脊髓麻醉,其中 1 例因生命体征不稳出现意识丧失;另 1 例则表现为四肢麻木,推测与穿刺过程中麻醉药物进入蛛网膜下腔有关[19]。

3. UBE-PCD

1996 年,UBE 技术首次应用于腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)的治疗,相关临床结果于 1998 年公布[20]。早期手术在空气介质下操作,容易出现术中出血不易清除、视野模糊等弊端,且术后容易出现椎管内粘连。2013 年,Soliman 对该技术进行了改进,将空气介质替换为水介质,采用高压生理盐水持续灌注保证视野清晰,以便在液体环境中顺利完成椎间盘摘除。这一改良提升了手术视野的清晰度,为 UBE 技术的推广奠定了基础[21]。2017 年,Park 等人率先报道了经皮后路单侧双通道内镜下颈椎间盘突出摘除术(UBE-posterior percutaneous endoscopic cervical discectomy, UBE-PCD)治疗单侧颈椎间盘突出症。该术式通过颈椎间孔的自然通道进行,避免了因建立操作通道而对颈后结构造成的损伤。手术过程中,先以内镜定位病变节段上下椎板与关节突关节内侧交界形成的“V”点。以此为起点,在内镜引导下磨除部分上下椎板及内侧关节突,切除黄韧带,显露出相应的神经根和硬膜囊。然后使用神经剥离子谨慎分离被突出髓核压迫的神经根,随后以髓核钳摘除突出的髓核组织。根据病情需要,可进一步使用磨钻扩大神经根管区域以实现充分减压。术毕,需以神经剥离子探查突出髓核是否已完全取出,并评估神经根是否获得彻底减压[22]。

3.1. 适应证

- (1) 正规药物、理疗等保守治疗 4~6 周以上症状无明显改善,或进行性加重;
- (2) 单节段或相邻两节

段病变; (3) 单侧神经根型颈椎病或局限型旁中央/外侧突出。禁忌证: (1) 严重脊髓型颈椎病需广泛减压者; (2) 颈椎严重不稳、畸形或滑脱; (3) 广泛后纵韧带钙化或椎间盘严重钙化; (4) 颈椎感染、肿瘤或骨折。

3.2. 手术过程

患者在全麻气管插管后取俯卧位, 头颈前屈并固定于头架以维持中立位。调整手术床使患者处于头高脚低位, 双侧髋、膝关节保持屈曲并妥善固定。(1) 常规消毒、铺设无菌巾; (2) 定位: 在 C 型臂 X 线机透视下(正侧位)确认责任椎间隙。于体表定位后, 以该间隙为中心, 于中线旁开约 1 cm 处, 分别在头尾侧距中线约 1.5 cm 处作两个纵向切口: 尾侧切口(观察通道)长约 6 mm, 头侧切口(工作通道)长约 10 mm; 工作通道通常置于术者优势手侧; (3) 创建双通道: 依次切开皮肤、皮下组织及深筋膜, 在透视引导下, 将扩张器经椎旁肌置入并抵达病变节段椎板表面。随后, 将镜鞘及内芯经观察通道置入, 拔出内芯后插入内镜, 并开启灌注系统(使用生理盐水持续冲洗, 保持冲洗液平面高于切口约 60~100 cm)。经工作通道置入等离子射频刀及其他手术器械。调整内镜方向以获得清晰的手术野; (4) 镜下操作: 使用射频及髓核钳清理骨面软组织, 清晰显露“V”点骨性标志(即上下椎板与关节突关节内侧交界处)。以此为中心, 用磨钻去除部分上位椎板下缘、下位椎板上缘及关节突关节内侧缘。显露并切除黄韧带后, 即可见神经根及突出椎间盘。根据突出物的具体位置, 可选择经神经根上方或腋下路径进行椎间盘摘除。(5) 术毕: 留置引流管, 撤出器械及内镜, 切口缝合后返回病房。

3.3. 临床疗效

Park 等首次报道了自 2015 年起接受 UBE-PCD 治疗的 14 名患者, 随访 14.8 个月, 末次随访颈功能障碍指数由(27.0 ± 2.5)% 下降至(6.8 ± 1.4)%, 视觉模拟评分(Visual Analogue Scale, VAS)也下降明显, 其中颈部由(6.2 ± 0.8)分降至(2.4 ± 0.9)分, 上臂由(7.0 ± 1.1)分降至(2.2 ± 0.6)分, 效果良好[23]。Jung 等人一项纳入 109 例接受 UBE-PCD 治疗的单侧、单节段颈椎间盘突出症(CDH)患者的回顾性研究表明: 术后 24 周, 患者的 VAS 评分和 NDI 指数均较术前显著改善; 依据 Macnab 标准, 术后优良率达到 86.2%。在长达 24 周的随访期间, 未出现复发病例或再次手术者, 仅有 1 例患者因术中过度冲洗导致暂时性上肢乏力, 经保守治疗后完全恢复[24]。在关于 UBE-PCD 与 P-PECD 术后 2 年以上随访的对比研究中, UBE-PCD 组患者未出现轴性疼痛。其原因可能与下列因素有关: 一是 UBE-PCD 仅摘除突出部分的髓核组织, 从而较大程度保留了椎间盘的整体功能; 二是该术式对颈椎后部结构(如肌肉与骨性组织)的损伤较小。此外, 尽管 UBE-PCD 组在临床效果上与 P-PECD 组相近, 但由于双通道设计提高了器械操作的灵活性与手术空间, 其手术效率更高。此外, UBE 组的术中透视时间更短, 这主要得益于该技术无需依赖高度精确的术前定位, 术者可通过触觉直接辨识棘突与椎板间的解剖边界。综上, UBE-PCD 在有效性和操作便捷性方面表现出潜在优势, 可视作治疗颈椎间盘突出症的一种更优选择[25]。

3.4. 并发症

(1) 神经根损伤: 此为 UBE-PCD 手术最为常见的并发症。为降低风险, 术中应尽量减少对神经根的牵拉与干预、保持操作轻柔。(2) 硬脊膜损伤: 多数由医源性因素导致。术者将部分椎管内操作转移至椎管外, 可有效减少椎管内操作频率, 降低损伤风险。一旦发生硬脊膜撕裂, 应立即降低灌注压力并尽快结束手术。较小撕裂可使用纤维蛋白片或非穿透性钛夹进行封闭; 若撕裂较大, 则需手术修补并覆盖明胶海绵。若一期修补失败, 应考虑转为开放手术[26]。(3) 硬膜外出血与血肿: 主要由于术中止血不彻底或术后引流不畅所致。术中需重点处理硬膜外静脉等主要出血点, 同时对入路途径中的肌肉组织也应进

行充分止血。术后常规放置负压引流管也十分重要[27]。(4) 颈后部结构损伤: 手术中对肌肉、韧带及骨质的过度破坏可能影响颈椎稳定性、生理曲度及活动度, 其中小关节突的保留尤为关键。若小关节切除超过 50%, 可能引发颈椎不稳及机械性疼痛。为减少术后轴性疼痛与脊柱不稳, 建议小关节切除范围不超过 50%, 并可结合 UBE-PCD 与斜孔切开技术以保护关节结构。术后建议佩戴颈托以维持稳定性。

4. 展望

尽管短期及中期随访结果显示 P-PECD、UBE-PCD 在缓解神经根性疼痛、改善神经功能方面疗效确切, 患者满意度高。但其长期疗效、对颈椎生物力学稳定性的影响仍需更多高质量、大样本的长期研究证实。目前, 该技术学习曲线陡峭, 对术者解剖知识及操作技巧要求高, 术中透视次数较多则是其主要挑战。为克服陡峭的学习曲线, 最有效的培训路径并非碎片化学习, 而是依托高流量中心进行 3 个月系统化沉浸式训练: 第一阶段通过高仿模拟器攻克手眼分离与器械冲突, 第二阶段以第一助手跟台建立风险预警直觉, 第三阶段在阶梯式主刀中完成从操作到决策的认知跃迁, 同时牢记“严格把握适应证”是缩短学习曲线最快的捷径。未来, 颈椎微创技术的发展将集中于手术机器人辅助、人工智能规划、混合现实导航等智能化技术的融合应用, 以进一步提升手术的精准度与可重复性。同时, 结合加速康复外科理念的围手术期管理优化, 以及基于更高级别循证医学证据的规范化诊疗方案建立, 将是推动该技术更广泛、安全应用的关键。

参考文献

- [1] Ahn, Y., Lee, S.H. and Chung, S.E. (2015) Percutaneous Endoscopic Cervical Discectomy: Clinical Outcome and Safety. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*, **28**, E187-E192.
- [2] Ruetten, S., Komp, M., Merk, H. and Godolias, G. (2008) Full-Endoscopic Cervical Posterior Foraminotomy for the Operation of Lateral Disc Herniations Using 5.9-mm Endoscopes: A Prospective, Randomized, Controlled Study. *Spine*, **33**, 940-948. <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e31816c8b67>
- [3] Kim, C.H., Chung, C.K. and Kim, H.J. (2014) Early Outcome of Posterior Cervical Endoscopic Discectomy: An Alternative Treatment Choice for Physically/Socially Active Patients. *Journal of Korean Medical Science*, **29**, 1563-1568.
- [4] Li, Z.Z., Hou, S.X., Shang, W.L., Song, K.R. and Zhao, H.L. (2016) Modified Posterior Percutaneous Endoscopic Cervical Discectomy for Lateral Cervical Disc Herniation: The Clinical Outcome and Surgical Technique. *Pain Physician*, **19**, E1163-E1170.
- [5] Schubert, M. and Merk, S. (2014) Retrospective Evaluation of Efficiency and Safety of an Anterior Percutaneous Approach for Cervical Discectomy. *Asian Spine Journal*, **8**, 412-420. <https://doi.org/10.4184/asj.2014.8.4.412>
- [6] Kim, J.S. and Heo, J.H. (2020) Unilateral Biportal Endoscopic Decompression via a Contralateral Approach in Asymmetric Cervical Spondylotic Myelopathy: A Technical Note and Preliminary Results. *Acta Neurochirurgica*, **162**, 649-655.
- [7] Liu, C., Liu, K., Chu, L., Chen, L. and Deng, Z. (2019) Posterior Percutaneous Endoscopic Cervical Discectomy through Lamina-Hole Approach for Cervical Intervertebral Disc Herniation. *International Journal of Neuroscience*, **129**, 627-634. <https://doi.org/10.1080/00207454.2018.1503176>
- [8] Zdeblick, T.A. and Bohlman, H.H. (1989) Cervical Kyphosis and Myelopathy. Treatment by Anterior Corpectomy and Strut-Grafting. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, **71**, 170-182. <https://doi.org/10.2106/00004623-198971020-00002>
- [9] Wang, M.Y., Levi, A.D. and Shah, S. (2012) Minimally Invasive Cervical Spine Surgery. Thieme.
- [10] O'Toole, J.E., Sheikh, H., Eichholz, K.M., Fessler, R.G. and Perez-Cruet, M.J. (2006) Endoscopic Posterior Cervical Foraminotomy and Discectomy. *Neurosurgery Clinics of North America*, **17**, 411-422. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2006.06.002>
- [11] Choi, G., Pophale, C.S., Patel, B. and Uniyal, P. (2017) Endoscopic Spine Surgery. *Journal of Korean Neurosurgical Society*, **60**, 485-497. <https://doi.org/10.3340/jkns.2017.0203.004>
- [12] Ahn, Y., Lee, S.H. and Shin, S.W. (2015) Percutaneous Endoscopic Cervical Discectomy: Clinical Outcome and Radiographic Changes. *Photomedicine and Laser Surgery*, **33**, 586-590.
- [13] Yao, S., Ouyang, B., Lu, T., Chen, Q. and Luo, C. (2020) Treatment of Cervical Spondylotic Radiculopathy with

- Posterior Percutaneous Endoscopic Cervical Discectomy: Short-Term Outcomes of 24 Cases. *Medicine*, **99**, e20216. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000020216>
- [14] Wen, H., Wang, X., Liao, W., Kong, W., Qin, J., Chen, X., *et al.* (2017) Effective Range of Percutaneous Posterior Full-Endoscopic Paramedian Cervical Disc Herniation Discectomy and Indications for Patient Selection. *BioMed Research International*, **2017**, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2017/3610385>
- [15] Branch, B.C., Hilton Jr, D.L. and Watts, C. (2015) Minimally Invasive Tubular Access for Posterior Cervical Foraminotomy. *Surgical Neurology International*, **6**, 1-6. <https://doi.org/10.4103/2152-7806.157308>
- [16] El Choueiri, J., Pellicano, F., Caimi, E., Laurelli, F., Di Cosmo, L., Darwiche Rada, A., *et al.* (2025) Advancements in Spinal Endoscopic Surgery: Comprehensive Techniques and Pathologies Addressed by Full Endoscopy beyond Lumbar Disc Herniation. *Journal of Clinical Medicine*, **14**, Article 3685. <https://doi.org/10.3390/jcm14113685>
- [17] Skovrlj, B., Gologorsky, Y., Haque, R., Fessler, R.G. and Qureshi, S.A. (2014) Complications, Outcomes, and Need for Fusion after Minimally Invasive Posterior Cervical Foraminotomy and Microdiscectomy. *The Spine Journal*, **14**, 2405-2411. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2014.01.048>
- [18] Zheng, C., Huang, X., Yu, J. and Ye, X. (2018) Posterior Percutaneous Endoscopic Cervical Discectomy: A Single-Center Experience of 252 Cases. *World Neurosurgery*, **120**, e63-e67. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.07.141>
- [19] Wu, W. and Yan, Z. (2018) Intraoperative Total Spinal Anesthesia as a Complication of Posterior Percutaneous Endoscopic Cervical Discectomy. *European Spine Journal*, **27**, 431-435. <https://doi.org/10.1007/s00586-017-5424-9>
- [20] De Antoni, D.J., Claro, M.L., Poehling, G.G. and Hughes, S.S. (1996) Translaminar Lumbar Epidural Endoscopy: Anatomy, Technique, and Indications. *Arthroscopy*, **12**, 330-334. [https://doi.org/10.1016/s0749-8063\(96\)90069-9](https://doi.org/10.1016/s0749-8063(96)90069-9)
- [21] Soliman, H.M. (2013) Irrigation Endoscopic Discectomy: A Novel Percutaneous Approach for Lumbar Disc Prolapse. *European Spine Journal*, **22**, 1037-1044. <https://doi.org/10.1007/s00586-013-2701-0>
- [22] Kim, J., Choi, D. and Park, E.J. (2018) Clinical and Radiological Outcomes of Foraminal Decompression Using Unilateral Biportal Endoscopic Spine Surgery for Lumbar Foraminal Stenosis. *Clinics in Orthopedic Surgery*, **10**, Article 439. <https://doi.org/10.4055/cios.2018.10.4.439>
- [23] Park, J.H., Jun, S.G., Jung, J.T. and Lee, S.J. (2017) Posterior Percutaneous Endoscopic Cervical Foraminotomy and Discectomy with Unilateral Biportal Endoscopy. *Orthopedics*, **40**, e779-e783. <https://doi.org/10.3928/01477447-20170531-02>
- [24] Jung, S.B. and Kim, N. (2022) Biportal Endoscopic Spine Surgery for Cervical Disk Herniation: A Technical Notes and Preliminary Report. *Medicine*, **101**, e29751. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000029751>
- [25] Wang, D., Xu, J., Zhu, C., Zhang, W. and Pan, H. (2023) Comparison of Outcomes between Unilateral Biportal Endoscopic and Percutaneous Posterior Endoscopic Cervical Keyhole Surgeries. *Medicina*, **59**, Article 437. <https://doi.org/10.3390/medicina59030437>
- [26] Kang, M.S., Heo, D.H., Kim, H.B., *et al.* (2021) Biportal Endoscopic Technique for Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: Review of Current Research. *International Journal of Spine Surgery*, **15**, S84-S92. <https://doi.org/10.14444/8167>
- [27] Kitamura, K., Yamamoto, M., Hirota, Y., Sato, N., Machida, T., Ishikawa, N., *et al.* (2020) Cervical Nerve Roots and the Dural Sheath: A Histological Study Using Human Fetuses near Term. *Anatomy & Cell Biology*, **53**, 451-459. <https://doi.org/10.5115/acb.20.081>