

锁孔技术治疗神经根型颈椎病的研究进展*

赵景文 综述 张存鑫^① 吕超亮^① 卢公标^{**①} 审校

(济宁医学院临床医学院, 济宁 272013)

文献标识: A 文章编号: 1009-6604(2023)09-0699-06

doi: 10.3969/j.issn.1009-6604.2023.09.011

颈椎病分为神经根型、脊髓型、椎动脉型、食管气管型、神经肌肉型,以神经根型颈椎病为最多^[1]。神经根型颈椎病常导致一侧上肢疼痛、麻木、肌力下降等症状,严重影响患者的生活质量。通常采用保守治疗,主要包括药物治疗(抗炎镇痛药、三环类抗抑郁药、硬膜外类固醇注射)和物理治疗(按摩、针灸、颈椎牵引固定等),但均存在复发甚至加重病情的可能。20世纪40年代 Scoville 等提出采用颈椎后路切除突出椎间盘的手术方式治疗神经根型颈椎病,但因其脊髓损伤风险高,学习难度大,当时未能推广。为避免对脊髓的直接损害,Cloward 等^[2]在20世纪60年代提出颈椎前路手术直接切除椎间盘,但是存在损伤气管、食管、颈动脉、喉返神经的风险。

目前普遍认为经正规保守治疗无效或症状反复影响生活及工作时,应采取手术治疗。随着通道及内镜技术的发展,在通道直视下完成突出间盘、增生骨赘、肥厚韧带的切除以及神经根的松解成为可能,逐渐出现显微镜通道、单通道脊柱内镜、单侧双通道内镜等微创技术。许多研究证实脊柱微创技术是治疗腰椎退行性疾病安全有效的手术方式^[3,4]。然而,与腰椎不同,颈椎的结构更为精细,需要更为精细的减压技术,于是将显微镜及脊柱内镜技术与锁孔(key-hole)技术相结合,完成对神经根型颈椎病的治理。本文对通道辅助显微镜及内镜下运用锁孔技术治疗神经根型颈椎病的发展、优势及其局限性

进行综述,为锁孔技术的临床应用及推广提供参考。

1 颈椎后路锁孔技术

1.1 入路

锁孔技术的基本理念是选择短而直的手术路径到达病变部位,而不去显露未受病变影响的区域。无论是在显微镜还是脊柱内镜下运用锁孔技术治疗神经根型颈椎病时,都要先明确“V”点(上下椎板与侧块的交点)^[5]位置,由“V”点向内侧磨除上下椎板,向外侧磨除关节突内侧缘,但为保持颈椎的稳定性,磨除范围不要超过小关节突1/2^[6],暴露出黄韧带止点或者有足够的镜下操作空间后,切开黄韧带,进行突出间盘切除,解除神经根压迫。

1.2 有效性及安全性

20世纪40年代 Scoville 等在局麻下使用 Meyerding 拉钩和自己设计的牵开器进行颈椎后路髓核切除术,但受限于当时的微创手术条件,存在空气栓塞等并发症以及手术视野差、学习难度高的缺点。Guo 等^[7]对显微颈椎前路椎间盘切除融合术(microscopic anterior cervical discectomy and fusion, MI-ACDF)与颈椎后路经皮锁孔椎间孔切开术(posterior percutaneous endoscopic cervical keyhole foraminotomy, PPEKF)治疗单节段单侧神经根型颈椎病进行 meta 分析,共纳入 24 项研究 1345 例(MI-ACDF 组 644 例, PPEKF 组 701 例),结果显示 2 组总手术有效率(94.3% vs. 93.3%, $P = 0.625$)、总并

* 基金项目:济宁市重点研发计划项目(2020JKNS008);山东省医药卫生科技发展计划项目(202104070383)

** 通讯作者, E-mail: bachelorprince@163.com

① (济宁市第一人民医院脊柱外科, 济宁 272011)

发病发生率(7.1% vs. 4.7%, $P=0.198$)、再手术率(1.8% vs. 1.1%, $P=0.312$)差异均无统计学意义。Emami 等^[8]对 2009~2013 年 46 例颈椎后路经皮锁孔颈椎间孔切开术(minimally invasive posterior cervical foraminotomy, MI-PCF)和 205 例颈椎前路颈椎间盘切除融合术(anterior cervical discectomy and fusion, ACDF)治疗神经根型颈椎病进行回顾性对比,随访至少 7 年,末次随访 MI-PCF 组颈部疼痛和上肢疼痛的视觉模拟评分(Visual Analogue Scale, VAS)均明显低于 ACDF(颈部 1.6 分 vs. 2.6 分,上肢 0.4 分 vs. 1.1 分,均 $P=0.001$),2 组翻修率差异无统计学意义(8.7% vs. 7.8%, $P=0.840$)。以上研究证明,在神经根型颈椎病的治疗中,经皮颈椎后路锁孔技术可以安全有效地替代 MI-ACDF。

2 不同微创技术下锁孔技术的应用

2.1 通道辅助显微镜

Lidar 等^[9]报道使用 MetRx 管状牵开系统和手术显微镜进行微创后路颈椎间盘切除术治疗 34 例神经根型颈椎病,神经根疼痛 VAS 评分术前平均 8 分,术后即刻降为 4.8 分,术后 12 个月降至 0.75 分,并发症为 1 例硬膜撕裂但未出现脑脊液漏,1 例长期颈部疼痛。徐军等^[10]报道通道辅助显微镜下锁孔技术治疗 11 例神经根型颈椎病,术后 6 个月 JOA 评分由术前平均 11.23 分提高到 14.62 分,与术前相比椎间高度无明显丢失,无颈椎变形。Dalgic 等^[11]回顾性分析显微镜辅助颈椎后路髓核切除术 42 例,平均随访 24.7 月,末次随访颈部疼痛 VAS 评分由 7.72 分降为 2.32 分,上肢疼痛 VAS 评分由 8.83 分降为 1.11 分,Prolo 评分由 7.41 分改善为 9.58 分。以上研究表明,通道辅助显微镜下采用锁孔技术行颈椎后路髓核切除术是治疗神经根型颈椎病安全有效的手术方式,可以缓解疼痛,改善神经功能。但是在腰椎手术中可扩张通道的建立会损伤椎旁肌肉,如果患者较胖^[12]、手术时间过长,会增加椎旁肌肉缺血受损的几率。在颈椎手术中可扩张通道的建立是否存在这些问题,值得关注。吴占勇等^[13]报道颈椎后路可扩张通道下锁孔开窗减压髓核切除术治疗神经根型颈椎病 8 例,随访时间平均 14 个月,优 6 例,良 2 例,术后 3 天、3 个月、6 个月及末次随访时疼痛 VAS 评分、JOA 评分与术前相比均显著

改善($P<0.05$),颈椎生理曲度 C 值从术前(7.56 ± 0.99) mm 提高到(10.99 ± 1.65) mm($P<0.05$),病变节段椎间高度差异无统计学意义[(5.26 ± 0.32) mm 和(5.33 ± 0.28) mm, $P>0.05$]。虽然病例数较少,但不可否认单纯可扩张通道下运用锁孔技术也可完成对神经根型颈椎病的治疗。

2.2 单通道脊柱内镜

Yeung^[14]研制的单纯同轴脊柱内镜系统(Yeung Endoscopic Spine System, YESS)是现代经皮脊柱内镜技术的基础。2007 年 Ruetten 等^[15]首次报道单通道脊柱内镜下颈椎后路椎间盘切除术治疗神经根型颈椎病 87 例,随访 2 年,87.4% 上肢疼痛消失,9.2% 偶尔疼痛,复发率 3.4%。Ji-jun 等^[16]报道 38 例常规 ACDF 和 43 例脊柱内镜下颈椎后路间盘切除术(posterior full-endoscopic cervical discectomy, PECD)治疗神经根型颈椎病的比较,ACDF 组患者年龄大于 PECD 组[(51.4 ± 8.2)岁 vs. (46.6 ± 8.8)岁, $P=0.012$],结果显示,PECD 组住院时间短[(3.8 ± 0.9) d vs. (5.5 ± 1.1) d, $P<0.001$],但手术时间长[(95.3 ± 13.1) min vs. (59.2 ± 10.2) min, $P<0.001$],2 组术后 1 周、6 个月、12 个月、18 个月颈部和上肢疼痛 VAS 评分、颈椎功能障碍指数(neck disability index, NDI)差异均无显著性($P>0.05$)。Luo 等^[17]回顾性分析 33 例经皮颈椎后路单通道脊柱内镜锁孔技术治疗神经根型颈椎病,手术均顺利完成,平均手术时间 62 min,无严重并发症,平均随访 25 个月,VAS 评分显著降低[(7.6 ± 1.6)分 vs. (3.83 ± 7.34)分, $P<0.01$],NDI 显著降低[(69.5 ± 10.5)% vs. (17.54 ± 13.40)% , $P<0.01$]。刘国萍等^[18]报道脊柱内镜下锁孔技术治疗 29 例旁中央型颈椎间盘突出症(以神经根性症状为主,且根性症状重于髓性症状),平均随访 19.4 月,按照 MacNab 标准,优 11 例,良 15 例,可 2 例,差 1 例,仅 1 例术后四肢肌力下降,经过康复治疗,术后 6 个月残留双下肢麻木乏力不适,不影响日常生活。刘东宁等^[19]对 37 例神经根型颈椎病行颈椎后路经皮脊柱内镜椎间盘切除术,平均随访 21.7 月,改良 MacNab 标准优 24 例,良 11 例,可 2 例,优良率 94.6%,且颈椎过伸过屈位 X 线片未显示明显颈椎失稳。这些结果表明,单通道脊柱内镜颈椎后路椎间盘切除术安全有效,可以作为治疗神经根型颈椎

病的一种选择。

单通道脊柱内镜技术镜下视野小,无法扩大手术范围,非常依赖术前精准定位及穿刺。但在针对单纯椎间盘突出时,单通道脊柱内镜技术具有以下优势:①可在局麻下完成手术,手术耐受程度高;②手术时间短,切口小;③经椎间孔入路的单通道脊柱内镜技术对椎间孔的减压更加彻底。因此,单通道脊柱内镜下运用锁孔技术治疗神经根型颈椎病是安全且有效的。

2.3 单侧双通道内镜技术

2013 年 Soliman^[20]首次报道对 43 例腰椎间盘突出症在俯卧位下运用冲洗内镜行椎间盘切除术(irrigation endoscopic discectomy, IED)。2017 年 Heo 等^[21]首次将这种技术命名为单侧双通道内镜技术(unilateral biportal endoscopic technique, UBE),并逐渐开展内镜下融合、双侧减压等操作。Park 等^[22]采用 UBE 技术治疗 14 例神经根型颈椎病,平均随访 14.8 月(12~18 个月),NDI 由 27.0 ± 2.5 降至 6.8 ± 1.4 ($P < 0.05$),颈部和上肢疼痛 VAS 评分明显下降[颈部由 (6.2 ± 0.8) 分降至 (2.4 ± 0.9) 分,上肢由 (7.0 ± 1.1) 分降至 (2.2 ± 0.6) 分]。Kang 等^[23]报道颈椎后路椎间孔切开术(posterior cervical foraminotomy, PCF),其中 32 例采用脊柱内镜(percutaneous full-endoscopic technique, PE),33 例采用 UBE,结果显示 2 组颈部、上肢疼痛 VAS 评分和 NDI 均明显下降,仅在术后第 2 天颈部疼痛 VAS 评分 PE 组优于 UBE 组 [(2.55 ± 0.96) 分 vs. (3.04 ± 0.79) 分, $P = 0.005$],其余时点(术后 1、3、6、12 个月)2 组差异均无统计学意义 ($P > 0.05$);UBE 手术时间较短 [(70.79 ± 12.00) min vs. (78.61 ± 14.47) min, $P = 0.036$],2 组引流量、血清肌酐激酶(CPK)和 C 反应蛋白(CRP)、再手术率及并发症差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。2020 年 Song 等^[24]报道单侧双通道内镜下行颈椎后路倾斜椎间孔切开术(posterior cervical inclinatory foraminotomy, PCIF)治疗神经根型颈椎病 7 例。2021 年 Kim 等^[25]报道后路单侧双通道内镜技术进行双侧减压治疗 $C_5 \sim C_7$ 水平颈椎管狭窄症 1 例。2022 年 Zhu 等^[26]报道使用自主发明的“Zhang 通道”辅助行单侧双通道内镜双侧减压治疗 6 例脊髓型颈椎病,改良 MacNab 标准评价均为优。

以上研究显示单侧双通道技术治疗颈椎病安全有效,并且具有镜下视野广、操作灵活的特点。与单通道内镜技术相比,单侧双通道内镜技术的优势在于能够更容易地进行双侧减压,对脊髓型颈椎病以及颈椎管狭窄症的治疗更具有优势。在运用锁孔技术治疗神经根型颈椎病中,单侧双通道技术与经皮脊柱内镜技术具有相似的疗效,虽然单侧双通道拥有更广的镜下视野及更灵活的操间,但是手术创伤要比单通道镜更大。

3 颈椎后路锁孔技术的优势及局限

3.1 颈椎后路锁孔技术与微创颈椎前路手术的比较

唐晓东等^[27]回顾性对比分析 56 例单节段神经根型颈椎病,其中后路经皮内镜髓核切除术(posterior percutaneous endoscopic discectomy, PPECD) 27 例,ACDF 组 29 例,平均随访 (30.48 ± 4.91) 月和 (32.76 ± 4.53) 月,PPECD 组在手术时间 [(69.07 ± 12.64) min vs. (78.97 ± 11.21) min, $P = 0.003$]、术中出血量 [(11.11 ± 5.43) ml vs. (57.07 ± 19.98) ml, $P = 0.000$]、卧床时间 [(13.44 ± 2.06) h vs. (26.52 ± 1.87) h, $P = 0.000$]、住院时间 [(5.26 ± 1.75) d vs. (7.28 ± 1.49) d, $P = 0.000$]均较 ACDF 组明显减少,PPECD 术后 1 d 颈痛 VAS [(1.63 ± 0.49) 分 vs. (2.45 ± 0.51) 分, $P = 0.000$]和上肢痛 VAS [(1.74 ± 0.45) 分 vs. (2.28 ± 0.53) 分, $P = 0.000$]较 ACDF 更低,2 组术后 1、3 个月及末次随访的颈痛和上肢痛 VAS、NDI 组间差异无显著性 ($P > 0.05$),2 组并发症发生率差异无显著性 ($P > 0.05$)。Santangelo 等^[28]对 263 例单节段 ACDF 和 138 例单节段 PCF 进行回顾性比较,2 组再手术率 $(5.1\% \text{ vs. } 5.1\%)$ 、再手术时间 $(247 \text{ d vs. } 319 \text{ d})$ 和因症状复发再手术率 $(1.7\% \text{ vs. } 2.9\%)$ 等方面差异均无显著性,但 ACDF 住院时间长 $(1.65 \text{ d vs. } 1.35 \text{ d}, P = 0.041)$,再住院率高 $(20.8\% \text{ vs. } 10.9\%, P = 0.014)$ 。以上研究证明,颈椎后路锁孔技术与 ACDF 手术相比具有创伤小、出血少、手术时间短、住院时间短的优势。

虽然 ACDF 具有创伤大、手术时间长等缺点,但伴有颈椎不稳者仍需要采用 ACDF。付豪等^[29]对 2 例多节段脊髓型颈椎病、神经根型颈椎病及退行性

颈椎滑脱行单侧双通道脊柱内镜下颈椎后路椎间孔切开减压 (unilateral biportal endoscopic posterior cervical foraminotomy, UBE-PCF) 联合 ACDF, 认为对于伴退行性颈椎滑脱的多节段混合型颈椎病, ACDF 联合 UBE-PCF 能选择性处理不同节段病变, 最大程度保留脊柱功能, 但病例数少, 随访时间短, 此结论有待进一步证明。

综上, 颈椎后路锁孔技术和 ACDF 都能有效治疗神经根型颈椎病。微创颈椎前路手术更适合有节段不稳的神经根型、脊髓型或混合型颈椎病, 以及压迫来自前方偏中央, 以脊髓症状为主的颈椎病; 而颈椎后路锁孔技术治疗无节段不稳的中央管外侧的颈椎间盘突出引起的以根性症状为主的颈椎病更具有优势。复杂的颈椎病可能需要采用前后路联合手术。

3.2 通道与内镜下运用锁孔技术的比较

与显微镜通道下的锁孔技术相比, 单纯通道下的锁孔技术存在光线差、视野小、术中易损伤神经根等缺点, 但学习难度低, 治疗费用低, 在无显微镜及内镜技术的地区可以成为一种微创术式的选择。显微镜通道因有独立的光源及成像系统, 视野更加清晰, 更有助于明确术中出血点及神经根的位置; 但因为采用空气介质及肌间隙入路, 易造成术后感染及椎旁肌肉损伤。单通道脊柱内镜技术只需要在术前完成精准的定位和穿刺, 不用再对椎旁肌肉或肌间隙进行分离, 避免对椎旁肌肉的损伤, 并且采用水介质, 在一定程度上可以减少出血、感染的风险。与单通道脊柱内镜相比, 单侧双通道内镜技术的操作通道与观察通道分开, 具有视野更大、操作更灵活的优点, 尤其在进行双侧减压时具有优势; 但是对肌肉的破坏会相对增加。

3.3 锁孔技术治疗神经根型颈椎病的生物力学分析

神经根型颈椎病的主要原因是椎间盘退变导致椎间盘高度丢失, 引起力学结构改变。如颈椎的负荷平衡被破坏, 颈椎做屈伸运动时, 垂直于椎体的轴向压缩力和与椎间隙平行的向前剪应力发生改变, 引起小关节突及周围韧带增生。Ren 等^[30] 使用 5 例 PPECD、5 例 ACDF 术后颈椎病以及 5 例非手术患者 CT 数据建立 C₁ ~ C₇ 节段三维有限元模型, 3 组前屈、后伸、旋转活动度无统计学差异 ($P >$

0.05), 侧屈时 ACDF 组活动度明显大于非手术组 [3 组分别为 (23.114 ± 4.197)°、(28.608 ± 4.849)°、(16.596 ± 2.546)°, $P < 0.05$]; 2 个术后模型在不同活动条件下的稳定性均较非手术组差, 但 PPECD 组稳定性接近非手术组, ACDF 组的稳定性最差, 尤其是在侧弯和后伸时; ACDF 组所承受的应力集中且主要分布在手术节段椎间融合器内, 非手术组和 PPECD 组施加的应力分散在整个颈椎, 应力极值相对较小; ACDF 组 Cobb 角变化最大 [3 组分别为 (1.272 ± 0.335)°、(2.886 ± 0.577)°、(1.039 ± 0.232)°, $P < 0.05$]。Yuchi 等^[31] 建立 C_{5,6} 有限元分析模型, 对其进行修改后, 得到 PCF 有限元模型、经皮全内镜下颈椎前路髓核摘除术 (percutaneous full-endoscopic anterior cervical discectomy, PEACD) 的有限元分析模型, 所有模型在屈曲、伸展、轴向旋转、侧弯过程中承受 73.6 N 的预紧力和 1.8 Nm 的力矩, PCF 模型的关节活动度与完整模型相比有轻微的变化 (0.28%), 而 PEACD 模型的关节活动度与完整模型相比有显著增加 (20.49%); 这 2 种手术模型的椎间盘压力变化趋势与相应运动状态下的关节活动度相似; PEACD 模型小关节在伸展、侧弯和轴向弯曲过程中的接触压力分别比完整模型增加 20.53%、33.38% 和 17.46%, PCF 在伸展和侧弯过程中分别增加 33.53% 和 16.16%, 而在轴向旋转过程中则下降 0.97%; PCF 模型的小关节接触面积在伸展、侧弯和轴向旋转时分别增加 85.71%、1.54%、2.17%, 而 PEACD 模型在伸展和轴向旋转时分别增加 157.14%、36.96%, 在侧弯时则减少 13.85%。以上研究均表明颈椎后路锁孔技术治疗神经根型颈椎病对颈椎稳定性破坏小, 这可能与锁孔技术对小关节突、后纵韧带复合体、椎旁肌肉等结构破坏小, 有效保留前纵韧带及椎间盘等结构有关。

4 小结

神经根型颈椎病是最常见的颈椎退行性疾病之一, 在保守治疗效果不佳的情况下, 在显微镜或脊柱内镜辅助下的锁孔技术因其创伤小、恢复快、疗效好的特点逐渐得到认可。但是一系列临床研究显示, 应用锁孔技术治疗神经根型颈椎病依然存在不足: 显微镜辅助下的锁孔技术不能避免椎旁肌肉损伤的

风险;单通道脊柱内镜存在视野小的缺陷;单侧双通道内镜技术对肌肉破坏较大。在保证小关节稳定的情况下,如何扩大操作空间及减压范围尚无统一意见。没有一种手术方案是完美的,需要根据患者的病情及术者擅长的技术,选择合适的手术方案。随着脊柱微创技术的发展,锁孔技术治疗神经根型颈椎病会有更进一步的提高。

参考文献

- Luyao H, Xiaoxiao Y, Tianxiao F, et al. Management of cervical spondylotic radiculopathy: a systematic review. *Global Spine J*, 2022, 12(8):1912 - 1924.
- Cloward RB. Cervical chordotomy by the anterior approach. Technique and advantages. *J Neurosurg*, 1964, 21:19 - 25.
- Tan B, Yang Q Y, Fan B, et al. Decompression via unilateral biportal endoscopy for severe degenerative lumbar spinal stenosis: a comparative study with decompression via open discectomy. *Front Neurol*, 2023, 14:1132698.
- Heo DH, Lee DC, Park CK. Comparative analysis of three types of minimally invasive decompressive surgery for lumbar central stenosis: biportal endoscopy, uniportal endoscopy, and microsurgery. *Neurosurg Focus*, 2019, 46(5):E9.
- Kim JY, Hong HJ, Lee DC, et al. Comparative analysis of 3 types of minimally invasive posterior cervical foraminotomy for foraminal stenosis, uniportal-, biportal endoscopy, and microsurgery: radiologic and midterm clinical outcomes. *Neurospine*, 2022, 19(1):212 - 223.
- Joaquim AF, Figueiredo EG. Commentary: posterior cervical keyhole laminoforaminotomy: a cadaveric comparative study to evaluate limits of bony resection. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*, 2019, 16(5):E136 - E137.
- Guo L, Wang J, Zhao Z, et al. Microscopic anterior cervical discectomy and fusion versus posterior percutaneous endoscopic cervical keyhole foraminotomy for single-level unilateral cervical radiculopathy: a systematic review and meta-analysis. *Clin Spine Surg*, 2023, 36(2):59 - 69.
- Emami A, Coban D, Changoor S, et al. Comparing mid-term outcomes between ACDF and minimally invasive posterior cervical foraminotomy in the treatment of cervical radiculopathy. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2022, 47(4):324 - 330.
- Lidar Z, Salame K. Minimally invasive posterior cervical discectomy for cervical radiculopathy: technique and clinical results. *J Spinal Disord Tech*, 2011, 24(8):521 - 524.
- 徐 军, 杜 磊, 王 峰, 等. 通道辅助显微镜下后路锁孔技术治疗神经根型颈椎病 11 例分析. *宁夏医学杂志*, 2021, 43(1):69 - 70.
- Dalgic A, Karadeniz R, Gundogdu DK, et al. Posterior cervical discectomy via keyhole foraminotomy: a case series comparing microdiscectomy with endoscope-assisted discectomy. *Turk Neurosurg*, 2022, 32(4):625 - 634.
- Tan JH, Liu G, Ng R, et al. Is MIS-TLIF superior to open TLIF in obese patients? A systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*, 2018, 27(8):1877 - 1886.
- 吴占勇, 吴华荣, 王会旺, 等. 颈后路扩张通道下钥匙孔减压术治疗神经根型颈椎病. *中国矫形外科杂志*, 2016, 24(11):981 - 985.
- Yeung AT. The evolution of percutaneous spinal endoscopy and discectomy: state of the art. *Mt Sinai J Med*, 2000, 67(4):327 - 332.
- Ruetten S, Komp M, Merk H, et al. A new full-endoscopic technique for cervical posterior foraminotomy in the treatment of lateral disc herniations using 6.9-mm endoscopes: prospective 2-year results of 87 patients. *Minim Invasive Neurosurg*, 2007, 50(4):219 - 226.
- Ji-Jun H, Hui-Hui S, Zeng-Wu S, et al. Posterior full-endoscopic cervical discectomy in cervical radiculopathy: a prospective cohort study. *Clin Neurol Neurosurg*, 2020, 195:105948.
- Luo RJ, Song Y, Liao ZW, et al. Keyhole foraminotomy via a percutaneous posterior full-endoscopic approach for cervical radiculopathy: an advanced procedure and clinical study. *Curr Med Sci*, 2020, 40(6):1170 - 1176.
- 刘国萍, 曹 奇, 唐国军, 等. 经皮内镜下 Key-Hole 技术治疗旁中央型颈椎间盘突出症. *中国修复重建外科杂志*, 2020, 34(7):895 - 899.
- 刘东宁, 李巍明, 刘 楷, 等. 颈椎后路经皮脊柱内镜椎间盘髓核切除术治疗神经根型颈椎病. *中国微创外科杂志*, 2020, 20(3):240 - 244.
- Soliman HM. Irrigation endoscopic discectomy: a novel percutaneous approach for lumbar disc prolapse. *Eur Spine J*, 2013, 22(5):1037 - 1044.
- Heo DH, Son SK, Eum JH, et al. Fully endoscopic lumbar interbody fusion using a percutaneous unilateral biportal endoscopic technique: technical note and preliminary clinical results. *Neurosurg Focus*, 2017, 43(2):E8.
- Park JH, Jun SG, Jung JT, et al. Posterior percutaneous endoscopic cervical foraminotomy and discectomy with unilateral biportal endoscopy. *Orthopedics*, 2017, 40(5):e779 - e783.
- Kang MS, You KH, Han SY, et al. Percutaneous full-endoscopic versus biportal endoscopic posterior cervical foraminotomy for unilateral cervical foraminal disc disease. *Clin Orthop Surg*, 2022, 14(4):539 - 547.
- Song KS, Lee CW. The biportal endoscopic posterior cervical inclinatory foraminotomy for cervical radiculopathy: technical report and preliminary results. *Neurospine*, 2020, 17(Suppl 1):S145 - S153.

25 Kim J, Heo DH, Lee DC, et al. Biportal endoscopic unilateral laminotomy with bilateral decompression for the treatment of cervical spondylotic myelopathy. *Acta Neurochir (Wien)*, 2021, 163 (9) : 2537 - 2543.

26 Zhu C, Cheng W, Wang D, et al. A helpful third portal for unilateral biportal endoscopic decompression in patients with cervical spondylotic myelopathy: a technical note. *World Neurosurg*, 2022, 161 : 75 - 81.

27 唐晓东, 王瑞博, 吕柏康, 等. 后路经皮内镜与前路间盘切除植骨融合术治疗神经根型颈椎病. *中国骨伤*, 2023, 36 (2) : 174 - 180.

28 Santangelo G, Wathen C, Macaluso D, et al. Comparison of single-level posterior cervical foraminotomy to anterior cervical discectomy and fusion for radiculopathy. *Int J Spine Surg*, 2023, 17 (3) : 418 - 425.

29 付豪, 胡宇童, 杨东方, 等. 单侧双通道脊柱内镜下后方减压联合颈椎前路椎间盘切除融合术治疗多节段混合型颈椎病二例. *中国修复重建外科杂志*, 2022, 36 (10) : 1241 - 1243.

30 Ren J, Li R, Zhu K, et al. Biomechanical comparison of percutaneous posterior endoscopic cervical discectomy and anterior cervical decompression and fusion on the treatment of cervical spondylotic radiculopathy. *J Orthop Surg Res*, 2019, 14 (1) : 71.

31 Yuchi CX, Sun G, Chen C, et al. Comparison of the biomechanical changes after percutaneous full-endoscopic anterior cervical discectomy versus posterior cervical foraminotomy at C5-C6: a finite element-based study. *World Neurosurg*, 2019, 128 : e905 - e911.

(收稿日期: 2023 - 02 - 20)

(修回日期: 2023 - 06 - 29)

(责任编辑: 王惠群)