

经皮单通道椎间孔镜在腰椎微创手术中的应用进展

李东儒¹ 综述 孟纯阳² 审校

(¹ 济宁医学院临床医学院, 济宁 272013; ² 济宁医学院附属医院脊柱外科, 济宁 272029)

摘 要 随着技术的进步, 腰椎微创手术技术在腰椎疾病中得到了不同程度的应用。经皮单通道椎间孔镜是腰椎微创手术中常用的内窥镜辅助技术, 最早用于腰椎间盘突出症的外科治疗, 目前已广泛应用于多种腰椎疾病的临床治疗, 具有明显的优势和局限性。本文简要回顾了椎间孔镜技术的发展, 总结了该技术在腰椎疾病诊断和治疗中的优缺点, 以期为临床治疗提供参考。

关键词 椎间孔镜; 腰椎; 微创手术; 应用进展

中图分类号: R681.5 **文献标识码**: B **文章编号**: 1000-9760(2024)04-151-04

Application progress of percutaneous single-channel intervertebral foramen mirror in minimally invasive lumbar surgery

LI Dongru¹, MENG Chunyang²

(¹ School of Clinical Medicine, Jining Medical University, Jining 272013, China;

² Department of Spinal Surgery, Affiliated Hospital of Jining Medical University, Jining 272029, China)

Abstract: With the progress of technology and the unremitting efforts of spine surgeons, minimally invasive lumbar surgery technology has been applied to different degrees in lumbar diseases. Percutaneous single-channel intervertebral foramen mirror is a commonly used endoscope-assisted technique in minimally invasive lumbar surgery. It was first used in the surgical treatment of lumbar disc herniation, and has been widely used in the clinical treatment of various lumbar diseases, with obvious advantages and limitations. This paper briefly reviews the development of intervertebral foramen mirror technology, and summarizes the advantages and disadvantages of this technology in the diagnosis and treatment of lumbar diseases in order to provide reference for clinical treatment.

Keywords: Intervertebral foramen mirror; Lumbar vertebrae; Minimally invasive surgery; Application progress

腰椎疾病的外科治疗有传统的开放手术和微创手术。随着医学技术的发展, 患者对微创手术需求的增加, 微创手术的发展也随之加快^[1]。与开放式手术相比, 微创手术具有创伤小、费用低、恢复期短等优点。此外, 光学仪器和手术技术的快速发展, 提高了手术的安全性, 并逐步降低了技术复杂性。其中, 经皮椎间孔内窥镜近年来发展迅速, 减少出血和硬膜外供血损伤, 具有减少硬膜外纤维化和瘢痕、脊柱局部力学影响小、功能早期恢复、提高患者生活质量、补充乃至替代传统腰椎手术等优点。现就经皮椎间孔镜技术在腰椎疾病中的应用情况综述如下。

1 椎间孔镜技术的发展

[通信作者] 孟纯阳, E-mail: mengchunyang1600@mail.jnmc.edu.cn

1.1 脊柱微创外科的问世

1909 年, Krause 和 Oppenheim 描述了第一次腰椎间盘切除术, 当时他们错误地将椎间盘突出描述为腰椎管软骨瘤, 实际上, Mixer 和 Barr 被认为是“第一位椎间盘外科医生”, 并在 1934 年发表了一系列成功的椎间盘手术病例^[2]。直到 1963 年, Lyman Smith 将凝乳蛋白酶注入脊柱, 被称为“化学核内溶解术”, 开始了真正意义上的微创脊柱手术。在 20 世纪 70 年代早期, Hijikata 等描述了经皮后外侧入路进入椎间盘中心, 机械性摘除髓核, Kambin 描述后外侧入路的手术成功率为 72%^[3]。20 世纪 80 年代, 有意大利学者提出在椎间盘内注入臭氧治疗椎间盘突出症。

1.2 椎间孔镜技术的诞生及改进

1981 年 Schreiber 开创性经后外侧入路应用内镜经皮施行椎间盘切除术, 将之称为椎间盘镜 (discoscopy)。经过系列的解剖学研究, 1983 年 Kambin 经此入路在关节镜下

施行椎间盘摘除术,称为关节镜下椎间盘摘除术(arthroscopic micro discectomy, AMD)。1987 年, Kambin 提出了“Kambin 安全三角”的概念,即椎间盘后外侧存在的安全三角区域,其内无重要血管、神经,有利于穿刺及椎间盘摘除等手术操作,可在没有神经损伤的情况下接近病变区域, Kambin 安全三角的出现为椎间孔镜手术提供了新的、有效的方法。初期的椎间孔内窥镜手术是由 Ahn 于 1999 年发明了 YESS 技术(杨氏内镜脊柱系统)而产生的。YESS 技术是椎间孔镜技术最传统的手术方式,可通过椎间孔安全三角进入椎间盘,完成椎间盘内减压,初期该技术仅应用于腰椎间盘突出症患者,具有较大局限性^[4]。随着近年来光学设备及内窥镜技术的不断发展,直到经椎间孔内窥镜脊柱手术系统(transforaminal endoscopic spine system, TESSYS)的出现有效弥补了传统 YESS 技术的应用局限性,该技术可通过椎间孔直接进入椎管内硬膜外腔内完成松解及减压操作,扩大了经皮椎间孔镜技术的适用范围,为其在腰椎病变中的临床应用提供了有利基础^[5]。时至今日,随着椎间孔镜技术的不断发展及脊柱外科医生手术技能的提升,适应证也从单纯的椎间盘突出发展到椎管狭窄、脊髓融合、肿瘤和感染等复杂案例。

2 经皮单通道椎间孔镜技术在腰椎疾病中的应用

2.1 治疗腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)

近年来,由于生活方式的改变以及老龄化社会的到来, LDH 的患者数量不断增加,其发病率已经达到 15.2%,这一疾病已经成为一个严重威胁患者身体健康和生活质量的健康问题^[6]。如今随着微创技术的发展,经皮单通道椎间孔镜下腰椎间盘突出髓核摘除术(Percutaneous endoscopic lumbar discectomy, PELD)已成为治疗 LDH 的标准手术方式。Gibson 等^[7]对 123 名接受椎间孔镜手术以及传统开放手术的 LDH 患者进行为期两年的随访,发现两组的再手术率和并发症发生率无显著差异,但椎间孔镜组的患者住院时间明显更短。本团队关注到近些年青少年腰椎间盘突出症(adolescent lumbar disc herniation, ALDH)的发病率呈递增趋势,对 45 名 PELD 术后的青少年患者进行为期 6 个月的随访调查,发现经皮单通道椎间孔镜技术治疗 ALDH 可取得较好的疗效,并且对患者椎间隙高度、脊柱稳定性无显著影响^[8]。由此可见,经皮单通道椎间孔镜技术治疗腰椎间盘突出症具有较佳的临床疗效和安全性,具有创伤小、疗效可靠、术后并发症少等特点。

随着经皮单通道椎间孔镜技术在 LDH 中的广泛应用,许多脊柱外科医生不断创造新技术并应用于现有手术中,以进一步提高手术质量和疗效,使更多的患者受益。最近,一项为期 1 年的随访研究发现,经椎间孔或椎板间入路行全内镜下腰椎间盘突出术及纤维环缝合是一种安全有效的微创脊柱手术技术。该研究针对 50 名接受这个技术的患

者进行了观察,并得出结论:这种手术技术可以降低全内镜下腰椎间盘突出术后腰椎间盘突出症的复发率^[9]。有学者提出“双针技术”的概念,它融合了 YESS 技术和 TESSYS 技术的优点,可以更加准确、快速地进行 PELD 手术。Wu 等^[10]在一项回顾性分析中研究双针技术与 TESSYS 技术优劣,随访结果显示两组之间的 VAS 评分和腰椎 JOA 评分没有显著差异,但双针组的复发率和再次手术率以及手术时间明显低于 TESSYS 组。椎间盘钙化是一种特殊类型的腰椎间盘突出症,曾被认为是 PELD 的相对禁忌证,随着椎间孔镜技术的发展,PELD 已被接受用于治疗椎间盘钙化患者, Xu 等^[11]为评估双针技术治疗椎间盘钙化的有效性和安全性,进行了一项回顾性研究,研究表明 TESSYS 技术与双针技术治疗 IDC 时均取得了良好的临床效果,然而双针技术的手术时间更短,并发症发生率更低。经皮单通道椎间孔镜技术的发展,使得更多症状更严重、情况更复杂的 LDH 患者从中获益。

2.2 治疗腰椎管狭窄症(lumbar spinal stenosis, LSS)

LSS 是一种常见病,发病率越来越高,椎管变窄导致的神经源性跛行是其主要症状,对活动水平和生活质量有负面影响。当保守治疗无效或严重影响生活质量时,需手术治疗,椎管减压可改善患者生活质量^[12]。近些年,脊柱外科医生开始利用经皮单通道椎间孔镜技术治疗 LSS,并且效果显著。许世东等^[13]对 98 例 LSS 患者进行术后为期一年的随访,其中 57 例选择局麻下行 PELD, 41 例选择全麻下单侧双通道内(UBE)手术,最终发现,UBE 和 PELD 均为有效手术方式,局麻下 PELD 并发症更少,值得推广。Wagner^[14]指出,对于腰椎管狭窄症患者,合理地使用经皮单通道椎间孔镜技术,可以缩短手术时间,并且可以实现最小的附带损害。陈波涛等^[15]研究指出利用电磁导航引导经皮单通道椎间孔镜治疗 LSS,可以减少透视次数、穿刺和手术时间、术后住院时间,降低术中辐射暴露,提升穿刺定位效率。据报道,经皮单通道椎间孔镜技术在单侧椎间孔狭窄中取得了成功,但对于有症状的双侧隐窝狭窄在解剖学上仍存在局限性,在 L5-S1 水平,存在髂嵴高、L5 横突大、小关节面大和椎间盘间隙变窄等问题^[16]。因此,术者必须熟练掌握技术操作、扎实解剖基础、术前严格掌握手术适应证,保证减压效果的同时,尽可能减少手术并发症,在 LSS 的手术治疗中充分发挥经皮单通道椎间孔镜技术的应用价值。

2.3 治疗邻椎病(adjacent segment disease, ASD)

腰椎融合手术是治疗多种腰椎退行性疾病的标准手术方式,术后相邻节段退变引发神经压迫症状称为 ASD,包括影像学邻近节段退变和邻近节段疾病^[17]。许多 ASD 患者需二次手术。开放手术的痛苦经历使很多患者不愿再次接受开放手术的治疗,且开放手术较大的创伤,肌肉组织的瘢痕化、纤维化都对术者造成巨大考验,经皮单通道椎间孔镜技术有其独特的优势,手术在局麻下完成,另辟蹊径从侧后方经椎间孔到达椎管,能精准减压突出髓核组织。付松

等^[18]对 47 例腰椎手术后 ASD 患者行经皮单通道椎间孔内镜下手术治疗,并进行至少 12 月随访发现,椎间孔镜手术创伤小,患者术后恢复良好,临床疗效好。因此对于腰椎术后 ASD 患者,在严格掌控适应证前提下,经皮单通道椎间孔镜技术是一种可供选择的手术方式。

2.4 治疗其他疾病

经皮单通道椎间孔镜手术是一种微创、简单、安全、有效的治疗感染性椎间盘炎的方法。椎间孔镜可以提供实时图像,允许直接显示椎间盘空间和硬膜外空间,可以帮助从椎间盘空间甚至硬膜外空间移除并冲洗感染和坏死的组织,它可能比开放清创术效果更好。细菌培养是诊断椎间隙感染的金标准,但是传统穿刺细菌培养的阳性率低,而椎间孔镜下可以取出较大块的感染病灶,获得较高的细菌培养阳性率^[19]。陈志文等^[20]利用椎间孔镜治疗 22 名椎间隙感染的患者,并进行了 2 年的随访,所有患者均未复发。邢文强等^[21]报道了 1 例脊柱结核合并巨大腰大肌及椎管内脓肿病例,利用经皮单通道椎间孔镜技术进行微创手术加穿刺引流最终达到临床治愈。经皮单通道椎间孔镜手术治疗腰椎感染性疾病具有良好的临床疗效,术后低感染复发率,值得临床推广应用。

除此之外经皮单通道椎间孔镜技术也逐渐应用于一些腰椎较罕见的疾病中。Shibuya 等^[22]使用经皮单通道椎间孔镜技术成功治疗一名 15 岁腰椎动脉瘤性骨囊肿患者,患者术后 1d 出院,可独立行走,术后病程平稳症状改善,提示我们经皮单通道椎间孔镜技术可作为腰椎膨出症的一种治疗选择。而 Kaneko 等^[23]使用 PELD 技术成功治疗 5 名腰椎黄韧带带血肿的患者,所有患者术后均可立即缓解腿部疼痛,由于经皮单通道椎间孔镜技术的微创性,使患者的小关节得到了保护,患者在手术后也立即出院并恢复社交活动。同时,当晚期恶性肿瘤出现脊柱转移侵犯腰椎时,PELD 作为一种微创手术能够以最小的创伤去除侵蚀性肿块并对脊柱和神经根进行减压^[24]。总之,经皮单通道椎间孔镜技术的发展在腰椎疾病治疗中具有更加广阔的应用前景,为患者解决了疼痛与高风险之间的难题。

3 经皮单通道椎间孔镜技术的优势与局限性

经皮单通道椎间孔镜手术的主要目的是减少医源性组织损伤,微创、通过侧方入路到达目标区域,避免传统后路手术对椎管和神经的干扰,不咬除椎板,不破坏椎旁肌肉和韧带,维持适当的节段稳定性和活动性。目前其主要的适应证有:椎间盘突出,腰椎管狭窄症,椎间隙感染,椎间盘源性腰痛等。经皮单通道椎间孔镜手术与常规开放性手术相比,主要有以下优势:1)经椎间孔入路,不破坏椎板等结构,更好地保护了脊柱的完整性,可有效避免医源性腰痛及腰椎不稳等并发症的发生;2)手术过程中安全性高,常规局部麻醉(少部分需全麻),术中可观察患者反应,避免损伤神经根部,原有疼痛术后立即减轻,切口轻微疼痛;3)切口小,

创伤小,不用内固定,降低感染风险,伤口并发症更少,进而可以使患者更快地恢复生活和工作。

然而,经皮单通道椎间孔镜手术存在一定的局限性。尽管 PELD 在治疗 LDH 过程中因其优越性被广泛应用于临床,但也有研究报告约 10.4% 的患者在 PELD 术后再次出现下肢疼痛,严重者需再次手术治疗,使患者产生身心及经济上的沉重负担^[25]。探究经皮单通道椎间孔镜术后复发现,高龄、肥胖($BMI \geq 25 \text{ kg/m}^2$)、上腰椎间盘突出和中央椎间盘突出是 LDH 复发的独立危险因素,同时由于早期术后复发率是晚期术后复发率 2 倍,即术后复发通常发生于术后 6 月内^[26],我们建议 PELD 术后早期应限制床外活动以降低术后复发率^[27]。而使用 PELD 治疗 LSS 时,高龄、手术节段椎间盘退变严重会显著增加并发症的发生率^[28]。除术后复发外,笔者总结认为经皮单通道椎间孔镜手术的局限性主要包括以下:1)对患者存在要求,由于在术中需要与患者沟通,对于精神病及智力认知障碍等患者无法通用,有一定概率的穿刺失败,发生在局麻效果较差或疼痛耐受程度差的患者;2)对术者要求较高,经皮单通道椎间孔镜技术对术者解剖知识、穿刺技术、手眼协调能力等要求较高,镜像与传统手术的区别有待重新认识,其学习曲线较陡;3)有可能出现减压不彻底、出口根损伤和硬膜撕裂、椎管内血肿、感染和内脏损伤等常见并发症。因此,虽然经皮单通道椎间孔镜手术有其独特的优势,但术前需认真评估患者情况,并在严格操作条件下进行手术,以保证手术效果和安全。

4 小结与展望

随着椎间孔镜技术设备发展迅猛,经皮单通道椎间孔镜技术现已广泛应用于腰椎病变的临床治疗中,对腰椎间盘突出症、腰椎管狭窄症、邻椎病及椎间隙感染等均具有理想的治疗效果,相较于传统开放手术,经皮单通道椎间孔镜方案具有创口小、出血少、术后恢复快等应用优势,其应用价值更为显著。基于脊柱微创的特点,随着技术成熟,不断扩大适应证,减少并发症的同时,更好地保留椎间盘的运动功能,修复椎间盘组织,再生椎间组织,都应该是未来的着眼点。

利益冲突:所有作者均申明不存在利益冲突。

参考文献:

- [1] Khandge AV, Sharma SB, Kim JS. The evolution of transforaminal endoscopic spine surgery [J]. World Neurosurg, 2021, 145: 643-656. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.08.096.
- [2] Mayer HM. A history of endoscopic lumbar spine surgery: what have we learnt? [J]. Biomed Res Int, 2019, 2019: 4583943. DOI: 10.1155/2019/4583943.
- [3] Shepard NA, Protopsaltis T, Kim Y. Lumbar endoscopic spine surgery a comprehensive review [J]. Bull Hosp Jt Dis (2013), 2021, 79(1): 35-42.
- [4] Ahn Y, Youn MS, Heo DH. Endoscopic transforaminal lumbar in-

- terbody fusion; a comprehensive review[J]. *Expert Rev Med Devices*, 2019, 16(5): 373-380. DOI: 10. 1080/17434440. 2019. 1610388.
- [5] 陈思瞳, 石长斌. 椎间孔镜在脊柱微创手术中的应用进展[J]. *中国临床神经外科杂志*, 2021, 26(5): 388-390. DOI: 10. 13798/j. issn. 1009-153X. 2021. 05. 024
- [6] 丘明旺, 方婉仪, 宋佳颖, 等. 雷达图多元评价针刺治疗腰椎间盘突出症的系统评价/Meta 分析[J]. *中国组织工程研究*, 2020, 24(24): 3904-3910. DOI: 10. 3969/j. issn. 2095-4344. 2740.
- [7] Gibson J, Subramanian AS, Scott C. A randomised controlled trial of transforaminal endoscopic discectomy vs microdiscectomy[J]. *Eur Spine J*, 2017, 26(3): 847-856. DOI: 10. 1007/s00586-016-4885-6.
- [8] 孟纯阳. 经皮椎间孔镜治疗青少年腰椎间盘突出症近期疗效分析[J]. *济宁医学院学报*, 2019, 42(4): 229-232, 237. DOI: 10. 3969/j. issn. 1000-9760. 2019. 04. 001.
- [9] Li ZZ, Cao Z, Zhao HL, et al. A pilot study of full-endoscopic annulus fibrosus suture following lumbar discectomy: technique notes and one-year follow-up[J]. *Pain Physician*, 2020, 23(5): E497-E506.
- [10] Wu XD, Chen Y, Yu WC, et al. Effectiveness of Bi-needle technique (Hybrid Yeung Endoscopic Spine System/Transforaminal Endoscopic Spine System) for percutaneous endoscopic lumbar discectomy[J]. *World Neurosurg*, 2018, 119: e53-e59. DOI: 10. 1016/j. wneu. 2018. 06. 220.
- [11] Xu Z, Zheng JC, Sun B, et al. Bi-needle technique versus transforaminal endoscopic spine system technique for percutaneous endoscopic lumbar discectomy in treating intervertebral disc calcification: a propensity score matched cohort analysis[J]. *Br J Neurosurg*, 2021, 35(3): 245-250. DOI: 10. 1080/02688697. 2020. 1784393.
- [12] Kim M, Lee S, Kim HS, et al. A comparison of percutaneous endoscopic lumbar discectomy and open lumbar microdiscectomy for lumbar disc herniation in the Korean: a meta-analysis[J]. *Biomed Res Int*, 2018, 2018: 9073460. DOI: 10. 1155/2018/9073460.
- [13] 许世东, 张景贺, 邢建强, 等. 单侧双通道内镜与椎间孔镜治疗腰椎管狭窄症的近期疗效比较[J]. *中国微创外科杂志*, 2022, 22(9): 712-716. DOI: 10. 3969/j. issn. 1009-6604. 2022. 09. 005.
- [14] Wagner R, Haefner M. Indications and contraindications of full-endoscopic interlaminar lumbar decompression[J]. *World Neurosurg*, 2021, 145: 657-662. DOI: 10. 1016/j. wneu. 2020. 08. 042.
- [15] 陈波涛, 樊效鸿, 陈日高, 等. 电磁导航引导经皮椎间孔镜治疗退变性腰椎管狭窄症的临床研究[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2022, 40(4): 460-465. DOI: 10. 13418/j. issn. 1001-165x. 2022. 4. 16.
- [16] Kim HS, Park JY. Comparative assessment of different percutaneous endoscopic interlaminar lumbar discectomy (PEID) techniques[J]. *Pain Physician*, 2013, 16(4): 359-367.
- [17] Pan A, Hai Y, Yang J, et al. Adjacent segment degeneration after lumbar spinal fusion compared with motion-preservation procedures: a meta-analysis[J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(5): 1522-1532. DOI: 10. 1007/s00586-016-4415-6.
- [18] 付松, 吕仁花, 邵诗泽, 等. 经皮椎间孔入路内镜治疗腰椎融合术后后椎病[J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27(13): 1163-1166. DOI: 10. 3977/j. issn. 1005-8478. 2019. 13. 03.
- [19] Yang SC, Fu TS, Chen LH, et al. Percutaneous endoscopic discectomy and drainage for infectious spondylitis[J]. *Int Orthop*, 2007, 31(3): 367-373. DOI: 10. 1007/s00264-006-0188-6.
- [20] 陈志文, 马岩, 李同涛, 等. 经皮椎间孔镜手术治疗腰椎间隙感染的临床体会[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2022, 37(11): 1169-1170. DOI: 10. 7531/j. issn. 1672-9935. 2022. 11. 013.
- [21] 邢文强, 吴俊杰, 常正奇. 内镜治疗腰椎结核: 1 例报告与文献综述[J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30(15): 1391-1394. DOI: 10. 3977/j. issn. 1005-8478. 2022. 15. 10.
- [22] Shibuya I, Dezawa A, Urayama S, et al. Surgical treatment of a lumbar aneurysmal bone cyst using percutaneous endoscopic lumbar discectomy[J]. *Eur Spine J*, 2018, 27(Suppl 3): 368-374. DOI: 10. 1007/s00586-017-5297-y.
- [23] Kaneko T, Oshima Y, Inoue H, et al. Successful treatment of lumbar ligamentum flavum hematoma using a spinal full-endoscopic system[J]. *J Spine Surg*, 2018, 4(4): 744-749. DOI: 10. 21037/jss. 2018. 09. 09.
- [24] Tsai SH, Wu HH, Cheng CY, et al. Full endoscopic interlaminar approach for nerve root decompression of sacral metastatic tumor[J]. *World Neurosurg*, 2018, 112: 57-63. DOI: 10. 1016/j. wneu. 2018. 01. 075.
- [25] Zhang C, Li Z, Yu K, et al. A postoperative phenomenon of percutaneous endoscopic lumbar discectomy: rebound pain[J]. *Orthop Surg*, 2021, 13(8): 2196-2205. DOI: 10. 1111/os. 13088.
- [26] Yin S, Du H, Yang W, et al. Prevalence of recurrent herniation following percutaneous endoscopic lumbar discectomy: a meta-analysis[J]. *Pain Physician*, 2018, 21(4): 337-350.
- [27] Liang X, Wang Y, Yue Y, et al. Whether out-of-bed activity restriction in the early postoperative period of PELD is beneficial to therapeutic efficacy or reduce recurrence[J]. *Front Surg*, 2022, 9: 860140. DOI: 10. 3389/fsurg. 2022. 860140.
- [28] Fan N, Yuan S, Du P, et al. Complications and risk factors of percutaneous endoscopic transforaminal discectomy in the treatment of lumbar spinal stenosis[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22(1): 1041. DOI: 10. 1186/s12891-021-04940-z.

(收稿日期 2023-02-17)

(本文编辑: 石俊强)