

重度脱垂型腰椎间盘突出症脊椎内镜治疗进展*

张 晶 综述 李忠海** 审校

(大连医科大学附属第一医院骨科, 大连 116000)

文献标识:A 文章编号:1009-6604(2023)11-0844-06

doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2023.11.009

腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)是常见的腰椎退行性病变,也是引起腰腿痛常见的原因之一,是由于脊柱结构逐渐退化引起腰椎间盘的纤维环、髓核和结缔组织失去弹性和强度,髓核物质向椎管扩张或挤压所致。LDH 根据病理类型分为膨出型、突出型、脱出型、游离间盘型、Schmorl 结节型^[1,2]。经皮内腰间盘切除术(percutaneous endoscopic lumbar discectomy, PELD)在处理高度移位的椎间盘时常因解剖障碍,导致椎间盘组织移除不完全,重度脱垂型 LDH 一度被视为 PELD 的手术禁忌证。近年来,随着脊柱内镜技术、操作器械及手术入路的改进,PELD 的适应证逐步扩大^[3,4]。Meyer 等^[5]将 47 例 LDH 随机分成 2 组,行 PELD 或传统显微椎间盘切除术,术后随访 12 个月,结果显示 PELD 在疼痛和功能改善方面与显微椎间盘切除术相似,术后 3 个月内 PELD 腰痛程度轻于显微椎间盘切除术。Kim 等^[6]包括 18 590 例首次 LDH 手术的全国性队列研究结果表明,经过至少 5 年随访,经皮脊柱内镜与开放手术治疗 LDH 后再手术率无明显统计学意义(12.4% vs. 13.8%)。然而关于重度脱垂型 LDH 全脊柱内镜手术入路的选择尚无定论。现对近年来经皮脊柱内镜治疗重度脱垂型 LDH 所倾向的手术入路、有效性及安全性等方面的研究进行综述。

1 重度脱垂型 LDH 的界定

重度脱垂型 LDH 是一种比较特殊且棘手的

LDH,其特点为破裂突出的椎间盘碎块脱入椎管内或完全游离,并向头侧或尾侧迁移,进而导致一系列严重的临床症状。Lee 等^[7]根据腰椎 MR 矢状位上髓核脱垂的位置将其分为 4 个区,1 区为上位椎弓根下缘至其下缘下 3 mm,2 区为上位椎弓根下缘下 3 mm 至上位椎体下缘,3 区为下位椎弓根上缘至下位椎弓根中点,4 区为下位椎弓根中点至下位椎弓根下缘,并将 1 区、4 区定义为重度脱垂移位(图 1)。

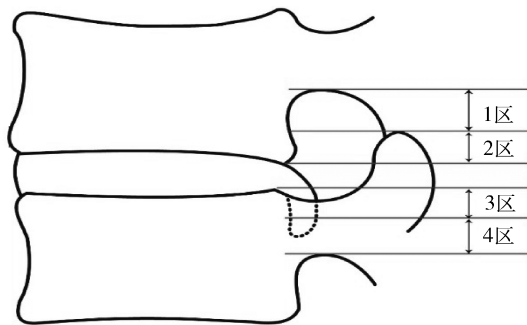


图 1 脱垂型腰椎间盘突出症解剖分区矢状位示意图

2 脊柱内镜手术治疗重度脱垂型 LDH

Kambin 安全三角的发现使内镜系统在微创脊椎外科迅猛发展^[8]。现如今,PLED 的适应证不仅限于 LDH,还包括椎体不稳、椎体融合、椎管狭窄、肿瘤及感染等复杂情况^[9-13]。内镜技术包括显微内镜系统、单通道内镜系统和双通道内镜系统。本文分别对单通道内镜系统的椎间孔入路、椎板间入路、对侧椎间孔入路、椎弓根入路、椎板入路及双通

* 基金项目:辽宁省自然科学基金面上项目(2022-MS-322)

** 通讯作者, E-mail: lizhonghaispine@126.com

道内镜中的单侧双通道入路处理重度脱垂型 LDH 的研究进展进行综述。

2.1 经椎间孔入路

经皮椎间孔镜 (transforaminal endoscopic spine system, TESSYS) 是该入路的代表, 相较于传统后入路开放性手术, 其优点在于出血少, 创伤反应小, 并发症少, 术后恢复快, 短期疗效确切, 可直视下行椎间盘组织切除, 特别是针对巨大和游离脱垂的椎间盘髓核组织^[14~17]。Yu 等^[18]至少随访 2 年的多中心回顾性队列研究中, 经皮经椎间孔镜椎间盘切除术 (percutaneous transforaminal endoscopic discectomy, PTED) ($n = 632$) 与显微内镜椎间盘切除术 (microendoscopic discectomy, MED) ($n = 421$) 治疗症状性 LDH 比较, 结果提示 PTED 切口长度短, 术中出血量少 ($P < 0.001$), 住院时间短 ($P = 0.018$)。

Ahn 等^[19]报道椎间孔入路治疗 13 例极高度移位 LDH (椎间盘移位超过椎弓根下缘), 其中 $L_{3/4}$ 2 例, $L_{4/5}$ 10 例, L_5/S_1 1 例, 头侧脱垂 8 例, 尾侧脱垂 5 例, 结果显示术后 6 周和术后 1 年疼痛视觉模拟评分 (Visual Analogue Scale, VAS) 和 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry Disability Index, ODI) 较术前明显改善 ($P < 0.01$), 优良率为 84.6% (11/13), 认为此入路工作通道经椎间孔进入椎管, 不干扰腰后肌、韧带、小关节, 保持椎体稳定性。在处理 1 区重度脱垂型 LDH 时, 脱垂髓核通常靠近椎弓根下侧或内侧面, 需要将穿刺针头倾角置于最大, 使其尽可能靠近靶点髓核组织, 但因为关节突、上位椎弓根、出口神经根及韧带等解剖结构的阻挡, 操作器械难以到达目标靶点, 因此常规 TESSYS 技术对于 1 区重度脱垂型 LDH 效果较差^[20]。随着环锯的改进及柔性髓核钳的出现, 镜下探查范围明显增加, 椎间孔成形的可控性和安全性进一步提升^[19], 为治疗 1 区重度脱垂型 LDH 拓宽了路径。但重度脱垂型 LDH 脱垂游离髓核往往体积偏大, 可能将神经根推挤至异常解剖位置, 在椎间孔成形及工作套管置入过程中有可能造成神经根损伤。选择该入路时, 若脱垂髓核组织过大, 可先摘除容易触及的一部分, 尽可能扩大操作空间, 减少对神经根的牵拉, 待神经根周围张力减小后再行全面探查。目前还没有大样本研究证实切除关节突的安全范围, 应满足“既不会导致术后腰椎不稳, 也不会明显增加腰椎退行性改变程度”

这一要求。

经椎间孔入路治疗 1 区脱垂型 LDH 仍具有挑战, 特别是 L_5/S_1 节段 1 区脱垂髓核, 极有可能因高髂嵴或肥大骨翼 L_5 横突阻挡而变得非常困难, 故此类型需谨慎选择经椎间孔入路。

2.2 经椎板间入路

开放经椎板间入路治疗 LDH 可以追溯到 20 世纪 20 年代。随着脊柱内镜技术的发展与应用, 经椎板间入路也逐渐开展^[21]。Inomata 等^[22]报道通过 L_5/S_1 椎板间隙治疗 $L_{4/5}$ 的 4 区脱垂型 LDH 3 例。由于椎板间无骨性结构, 可以看成一种天然通道, 该入路特点在于避开椎间孔大小及高髂嵴等因素的影响, 不用磨除关节突, 也不用过于追求工作管道的头倾或尾倾角度, 降低对行走神经根的刺激, 最大程度维护小关节的稳定性^[23]。对于椎板间隙宽度 < 8 mm 或高位腰椎, 该入路可能会因椎板或内侧小关节的阻碍而变得困难, 因此需要通过横向钻孔扩大椎板间隙, 这不仅增加工作空间, 而且对穿过的神经根进行部分减压。一般来说, 钻孔不超过内侧关节面的 1/3 是安全的, 也不会影响脊柱的稳定性^[24]。随着动力系统等工具的出现, 镜下扩大椎板间隙更加便捷, 经椎板间入路的手术适应证范围随之增大, 适用于椎板间隙较大的 L_5/S_1 节段, 尤其 1 区脱垂型 LDH^[25]。术前仔细测量责任椎体间隙大小, 确定椎板成形范围, 是此入路手术成功的关键。Wu 等^[26]回顾性分析 58 例 PELD 治疗高度向上或向下移位 LDH, 其中椎间孔入路 41 例, 椎板间入路 17 例, 随访超过 5 年, 椎间孔入路满意率 87.8% (36/41), 椎板间入路为 100% (17/17), 根据改良 MacNab 标准, 优良率 91.4% (53/58), 认为对于 $L_{4/5}$ 4 区和 L_5/S_1 1 区、4 区的脱垂椎间盘髓核, 经椎板间入路比经椎间孔入路更有效。相较于经椎间孔入路, 经椎板间入路结合传统开窗椎间盘切除和内镜技术的优点, 保留棘旁肌肉, 对骨结构的损伤更小, 这对运动节段的稳定性很重要。其操作简便, 更符合脊柱外科医师手术习惯, 手术时间短, 减少术中透视次数, 通过环锯等可视器械扩大手术探查范围, 弥补了经椎间孔入路治疗重度脱垂型 LDH 髓核取出不彻底的缺点^[27]。

但由于经椎板间入路为椎间隙后入路, 会在后方留下瘢痕, 有引起椎管和神经根粘连的可能性; 若

手术失败,二期手术难度增加,同时因椎板下无韧带保护,有损伤硬膜囊或神经根的风险。

2.3 经对侧椎间孔入路

经对侧椎间孔入路可作为经椎间孔入路的延伸,穿刺点在健侧,并且比传统经椎间孔入路的穿刺点更靠外侧,向下倾斜度更小,更接近水平,尽可能降低出口神经根损伤的风险。Kim 等^[28]2011 年报道经对侧椎间孔入路 PELD 治疗 5 例 $L_{4/5}$ 高度向下迁移 LDH 合并同侧椎间孔狭窄,认为此入路的特点在于不需要行患侧椎间孔扩大和椎弓根磨除,保留对侧和同侧小关节,从而防止术后医源性失稳。Yeom 等^[29]对 12 例高度游离脱垂型 LDH 行经对侧椎间孔入路手术,术后平均随访 25 个月,按 MacNab 标准,优 10 例,良 2 例,腰痛和神经根性痛的平均 VAS 评分从术前的 6.8 和 8.2 降到 1.5 和 1.4。该入路中,准确放置脊髓针和工作套管是最重要的步骤,术前应明确对侧椎间孔无狭窄,责任椎间隙应大于相邻正常椎间隙的一半。与椎板间入路相比,该技术在保护后环和完全去除游离碎片方面具有优势,不仅可用于 $L_{3/4}$ 及 $L_{4/5}$ 节段 4 区脱垂型 LDH,还可用于脱垂范围在椎体椎弓根中部以下至 4 区的 LDH。Liu 等^[30]报道椎间孔入路($n=31$)、椎板间入路($n=27$)及对侧椎间孔入路($n=15$)治疗高度移位 LDH,结果显示,术后 3 个月平均 VAS 和 ODI 显著改善,按照改良 MacNab 标准,优良率为 90.4% (66/73),3 种入路之间差异无显著性,但经对侧椎间孔入路术中透视次数、手术时间明显增加(椎板间入路平均手术时间为 56 min,椎间孔入路为 64 min,对侧椎间孔入路为 112 min,平均术中透视时间分别为 5.5、9.7 和 14.6 min,具有显著差异),而且对于已有马尾损伤者及上位腰椎病灶,不推荐使用该入路。

值得注意的是,此入路是建立在对经典经椎间孔入路认识的基础上,需要长时间手术经验积累,同时需要对解剖结构相当熟悉,学习曲线较为陡峭,存在一定的神经、血管及硬膜囊损伤风险,不推荐初学者使用。

2.4 经椎弓根入路

此入路可认为是改良版的椎间孔入路,也遵循靶点技术的原则,实现内镜直视下对目标靶点进行减压。Choi 等^[31]对 5 例 1 区或 4 区脱垂型 LDH 行

椎弓根入路手术($L_{2/3}$ 3 例, $L_{3/4}$ 2 例),术后随访至少 12 个月,腰背痛和腿痛 VAS 评分较术前显著降低($P<0.05$),但作者认为,如果脱垂髓核组织位于神经根腋下或 L_1 椎弓根附近,不适合采用此入路。Jiang 等^[32]报道 35 例椎弓根入路治疗 4 区 LDH,其中 $L_{1/2}$ 1 例, $L_{2/3}$ 1 例, $L_{3/4}$ 4 例, $L_{4/5}$ 27 例, L_5/S_1 2 例,术后随访 2 年,腰背痛、腿痛 VAS 评分较术前显著降低($P<0.05$),根据改良 MacNab 标准,优良率 85.7% (30/35)。作者建议:①经该入路手术需椎弓根高度 >12 mm,隧道直径 <8 mm,以避免椎弓根骨折;②为避免环钻或工作套管沿着垂直轨迹向前滑动时损伤腰段动脉,切入点可选择椎弓根和上级关节突的移行结构,此处容易被克氏针锚定;③在椎弓根钻孔过程中,顽固的松质骨出血是个难题,建议增加持续盐水冲洗的压力和使用止血剂,在摘除脱垂髓核组织后,应仔细确认是否有出血点,以免出现硬膜外血肿。该入路的关键在于,术前应行椎弓根形态和入路角度测量。

经椎弓根入路的优势在于,针对 4 区脱垂 LDH,其成形区域距出口根较远,可以最大程度降低出口根损伤风险,探查范围也比常规 TESSYS 技术大。但由于该轨迹中的工作通道的限制,难以处理椎间隙,如有必要需联合椎间孔入路解决突出问题。此入路需去除部分椎弓根骨性结构,而椎弓根又是脊柱稳定的重要力学结构,椎弓根成形对脊柱生物力学的影响尚未明确。若椎弓根骨性结构的完整性被破坏,行二次开放手术置入椎弓根螺钉将变得异常困难。经椎弓根入路 PELD 手术难度较高,学习曲线陡峭,对术者及设备要求高^[33],不推荐初学者使用。

2.5 经椎板入路

椎板开窗治疗游离型 LDH 在 20 世纪末期已经开展。Lin 等^[34]报道采用跨椎板锁孔入路治疗 13 例 $L_{2/3}$ 、 $L_{3/4}$ 、 L_5/S_1 高度向上迁移的 LDH,术后平均随访时间 20 个月(4~41 个月),根据改良 MacNab 标准,优良率达 92.3% (12/13)。Chen 等^[35]报道 21 例椎板入路治疗 $L_{4/5}$ (19 例)、 L_5/S_1 (2 例) 1 区或 4 区脱垂 LDH,患者报告结局测量信息系统(Patient-Reported Outcomes Measurement Information System, PROMIS)疼痛干扰(Pain Interference, PI) T 评分术后 6 周和 12 个月从术前 68.6 ± 2.4 显著下

降到 54.4 ± 1.9 ($P < 0.001$) 和 47.1 ± 4.3 ($P < 0.001$), 身体功能 (Physical Function, PF) T 评分从 26.7 ± 4.7 显著改善到 44.3 ± 4.2 ($P < 0.001$) 和 58.4 ± 4.0 ($P < 0.001$), 无并发症和椎间盘突出复发。作者的经验是, 对于 1 区脱垂, 椎板靶点可选择下关节突内侧; 对于 4 区脱垂, 椎板靶点通常选择椎弓根内侧。

该入路要点: ①通过影像学明确无钙化及退行性椎管狭窄, 定位移位椎间盘末端在皮肤上的垂直投影点; ②腰椎椎板前倾, 钻孔时, 为了避免因不对称切割硬膜层而造成硬膜撕裂, 内镜周围的操作器械应垂直于硬膜层而不是地面; ③不同腰椎节段腹侧黄韧带的覆盖面积不一, L_5 处只有黄韧带^[36], 钻孔时应小心, 避免损伤硬膜囊及神经根。

相较于其他入路, 该入路优势在于, 较短的手术时间和较短的管内操作距离可减少并发症的潜在风险, 对黄韧带损伤较小, 可以保持椎管相对完好的密闭性, 减少硬膜外瘢痕形成。但需要注意的是, 由于该入路工作通道与责任椎体椎间盘不在同一平面, 导致其镜下探查范围受限, 难以对病灶根部和病变椎间盘间隙进行深度清理, 有术后髓核残留及复发的可能性。该入路仅是不能通过经椎间孔或椎板间入路取出的高度移位碎片的替代方案。

2.6 单侧双通道入路 (unilateral biportal endoscopy, UBE)

UBE 源于关节镜手术的演变, 直至 2017 年 Heo 等^[27]正式提出单侧双通道内镜技术 [percutaneous unilateral biportal endoscopic (UBE) technique]。相对于其他单通道脊柱内镜, UBE 具有 2 个通道, 以椎弓根内侧缘连线与上位椎板棘突交界连线的交点上、下各 1.5 cm 为手术入路, 一个为观察通道, 一个为工作通道, 术中可进行交换, 类似于关节镜的操作方式, 具有比单通道脊柱内镜更大的探查范围, 更清晰的手术视野, 而且仅需使用常规器械, 可以弥补单通道脊柱内镜对重度脱垂髓核清除不彻底、神经根松解和减压不充分的不足, 特别是对侧隐窝狭窄优势更为明显。理论上 UBE 适用于 $L_1 \sim S_1$ 任一节段 1 区、4 区脱垂椎间盘髓核组织, 适应证范围相对单通道脊柱内镜更广, 如腰椎管狭窄, 轻度 (I、II 度) 腰椎滑脱, 腰椎术后复发等^[38]。

但 UBE 有一定的学习曲线, 特别是对关节镜漂

浮技术不熟悉的医师尤为明显。同侧入路需要磨除椎板及关节突的范围会随着髓核迁移程度加大, 有造成医源性腰椎不稳的可能性。需要注意的是, 由于缺乏硬质通道对肌肉的扩张, 实施椎管内操作前需进行肌肉软组织钝性剥离建立工作腔室, 造成的肌肉损伤比单通道内镜重。左如骏等^[39]对比 UBE 技术 ($n = 30$) 和经椎板间窗单通道内镜 ($n = 39$) 治疗 L_5/S_1 椎间盘突出症, 结果显示 UBE 组切口长度、失血量及椎管外操作时间明显大于单通道内镜组, 其中 UBE 组失血量为 (328.4 ± 124.0) ml, 单通道内镜组为 (52.7 ± 48.8) ml。为了避免渗血过多影响镜下视野和术后出现硬膜外血肿, Chu 等^[40]建议把术中收缩压控制在 100 mm Hg 左右, 将灌洗液压力控制在 25 mm Hg 左右。

目前大多数研究结果表明, 与单通道脊柱内镜相比, UBE 技术安全性及远期影响缺乏大样本、多中心数据支持。我们认为, 针对单一节段 1 区或 4 区脱垂型 LDH, 不合并椎间孔狭窄、椎间隙过小或腰椎不稳等情况, 可优选单通道脊柱内镜手术, 反之可选用 UBE 技术。

3 小结及展望

尽管上述各种手术入路在治疗 1 区、4 区重度脱垂型 LDH 中取得了令人满意的结果, 但仍需要进一步的大样本量、多中心、长期随访的比较研究来验证。总的来说, 椎间孔入路可用于患侧椎间孔大小合适, 有足够的椎管内操作空间的 $L_1 \sim L_5$ 的 1 区脱垂 LDH; 椎板间入路可以作为 L_5/S_1 的 1 区或 4 区脱垂 LDH 的首选, 若腰椎其他节段椎间隙大小合适或突出髓核组织破碎分散, 也可选用; 经对侧椎间孔入路可作为经椎间孔入路的有效补充, 但仅适用于 $L_{3/4}$ 及 $L_{4/5}$ 节段 4 区脱垂 LDH, 并且要求对侧椎间孔无明显狭窄, 最好在局部麻醉患者配合下进行, 一旦患者出现神经症状, 需立即停止操作; 椎弓根入路可以用于 $L_1 \sim S_1$ 的 4 区脱垂髓核的治疗, 但若责任椎体椎弓根过小或需要清理椎间隙, 需谨慎选择该入路; 椎板入路仅作为椎间孔或椎板间入路的替代方案, 可用于 $L_2 \sim S_1$ 的 1 区或 4 区脱垂 LDH, 但若需对椎间盘进行深度清理, 需谨慎选择该入路; UBE 针对脊柱结构退变严重, 同时合并患侧、对侧椎间孔过小或椎间隙过窄, 单通道脊柱内镜难以完全处理

干净的 $L_1 \sim S_1$ 的 1 区或 4 区脱垂 LDH。

目前全脊柱内镜技术已经得到高度发展,各研究均证实其安全性及有效性,也符合现代快速康复理念,值得推广与普及^[41]。虽然全脊柱内镜在重度脱垂型 LDH 的治疗中已取得相当瞩目的成绩,然而关于内镜手术方式的选择尚无定论。我们认为,脊柱外科医生应按优先级递减的顺序考虑以下两个因素:首先是选择一种更简单、有效、可预测、成功率高的方法,第二个要考虑的因素是,在某些情况下,这两种方法可能同样有效、安全和容易,此时选择更微创的入路,通常是经椎间孔入路^[42]。总之,应结合患者本身特点、影像定位,以及术者习惯和手术室条件等,找到适合重度脱垂型 LDH 治疗的手术方式。

参考文献

- 1 Lee CW, Yoon KJ, Ha SS, et al. Foraminoplasty superior vertebral notch approach with reamers in percutaneous endoscopic lumbar discectomy: technical note and clinical outcome in limited indications of percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *J Korean Neurosurg Soc*, 2016, 59(2): 172 – 181.
- 2 Choi KC, Lee DC, Shim HK, et al. A strategy of percutaneous endoscopic lumbar discectomy for migrated disc herniation. *World Neurosurg*, 2017, 99: 259 – 266.
- 3 Wu PH, Kim HS, Jang IT. A narrative review of development of full-endoscopic lumbar spine surgery. *Neurospine*, 2020, 17(Suppl 1): S20 – S33.
- 4 张文涛, 杨明, 孙天泽, 等. 经皮内镜下腰椎间盘摘除术的常见并发症及其防治. *中国骨与关节杂志*, 2022, 11(1): 69 – 75.
- 5 Meyer G, DA Rocha ID, Cristante AF, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy versus microdiscectomy for the treatment of lumbar disc herniation: pain, disability, and complication rate. A randomized clinical trial. *Int J Spine Surg*, 2020, 14(1): 72 – 78.
- 6 Kim CH, Chung CK, Park CS, et al. Reoperation rate after surgery for lumbar herniated intervertebral disc disease: nationwide cohort study. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 38(7): 581 – 590.
- 7 Lee S, Kim SK, Lee SH, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for migrated disc herniation: classification of disc migration and surgical approaches. *Eur Spine J*, 2007, 16(3): 431 – 437.
- 8 Ahn Y, Youn MS, Heo DH. Endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion: a comprehensive review. *Expert Rev Med Devices*, 2019, 16(5): 373 – 380.
- 9 Pan M, Li Q, Li S, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy: indications and complications. *Pain Physician*, 2020, 23(1): 49 – 56.
- 10 Wagner R, Haefner M. Indications and contraindications of full-endoscopic interlaminar lumbar decompression. *World Neurosurg*, 2021, 145: 657 – 662.
- 11 Xie P, Feng F, Chen Z, et al. Percutaneous transforaminal full endoscopic decompression for the treatment of lumbar spinal stenosis. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21(1): 546.
- 12 Yang JS, Gong HL, Chen H, et al. Full-endoscopic decompression with the application of an endoscopic-matched ultrasonic osteotome for removal of ossification of the thoracic ligamentum flavum. *Pain Physician*, 2021, 24(3): 275 – 281.
- 13 Lin GX, Kim JS, Sharma S, et al. Full endoscopic discectomy, debridement, and drainage for high-risk patients with spondylodiscitis. *World Neurosurg*, 2019, 127: e202 – e211.
- 14 Yuan C, Zhou Y, Pan Y, et al. Curative effect comparison of transforaminal endoscopic spine system and traditional open discectomy: a meta-analysis. *ANZ J Surg*, 2020, 90(1 – 2): 123 – 129.
- 15 Pan Z, Ha Y, Yi S, et al. Efficacy of transforaminal endoscopic spine system (TESSYS) technique in treating lumbar disc herniation. *Med Sci Monit*, 2016, 22: 530 – 539.
- 16 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. *World Neurosurg*, 2018, 119: e53 – e59.
- 17 Tao XZ, Jing L, Li JH. Therapeutic effect of transforaminal endoscopic spine system in the treatment of prolapse of lumbar intervertebral disc. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2018, 22(1 Suppl): 103 – 110.
- 18 Yu P, Zan P, Zhang X, et al. Comparison of percutaneous transforaminal endoscopic discectomy and microendoscopic discectomy for the surgical management of symptomatic lumbar disc herniation: a multicenter retrospective cohort study with a minimum of 2 years' follow-up. *Pain Physician*, 2021, 24(1): E117 – E125.
- 19 Ahn Y, Jang IT, Kim WK. Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy for very high-grade migrated disc herniation. *Clin Neurol Neurosurg*, 2016, 147: 11 – 17.
- 20 Ruetten S, Komp M, Merk H, et al. Recurrent lumbar disc herniation after conventional discectomy. *J Spinal Disord Tech*, 2009, 22(2): 122 – 129.
- 21 Ruetten S, Komp M, Merk H, et al. Use of newly developed instruments and endoscopes: full-endoscopic resection of lumbar disc herniations via the interlaminar and lateral transforaminal approach. *J Neurosurg Spine*, 2007, 6(6): 521 – 530.
- 22 Inomata Y, Oshima Y, Inoue H, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy via adjacent interlaminar space for highly down-migrated lumbar disc herniation: a technical report. *J Spine Surg*, 2018, 4(2): 483 – 489.
- 23 Huang K, Chen G, Lu S, et al. Early clinical outcomes of

- percutaneous endoscopic lumbar discectomy for L4-5 highly down-migrated disc herniation; interlaminar approach versus transforaminal approach. *World Neurosurg*, 2021, 146: e413 – e418.
- 24 Chen KT, Tseng C, Sun LW, et al. Technical considerations of interlaminar approach for lumbar disc herniation. *World Neurosurg*, 2021, 145: 612 – 620.
- 25 Xin Z, Liao W, Ao J, et al. A modified translaminar osseous channel-assisted percutaneous endoscopic lumbar discectomy for highly migrated and sequestered disc herniations of the upper lumbar; clinical outcomes, surgical indications, and technical considerations. *Biomed Res Int*, 2017, 2017: 3069575.
- 26 Wu C, Lee CY, Chen SC, et al. Functional outcomes of full-endoscopic spine surgery for high-grade migrated lumbar disc herniation; a prospective registry-based cohort study with more than 5 years of follow-up. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22(1): 58.
- 27 Ma C, Li H, Wei Y, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for huge lumbar disc herniation with complete dural sac stenosis via an interlaminar approach; an observational retrospective cohort study. *Int J Gen Med*, 2021, 14: 8317 – 8324.
- 28 Kim JS, Choi G, Lee SH. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy via contralateral approach; a technical case report. *Spine*, 2011, 36(17): E1173 – 1178.
- 29 Yeom K, Choi Y. Full endoscopic contralateral transforaminal discectomy for distally migrated lumbar disc herniation. *J Orthop Sci*, 2011, 16(3): 263 – 269.
- 30 Liu C, Chu L, Yong HC, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for highly migrated lumbar disc herniation. *Pain Physician*, 2017, 20(1): E75 – E84.
- 31 Choi YS, Ifthekar S, Bae J, et al. Full endoscopic transpedicular technique in the treatment of high grade down migrated herniated disc; an evaluation of clinical outcomes at 12 months follow-up. *World Neurosurg*, 2023, 173: e408 – e414.
- 32 Jiang Y, Zuo R, Yuan S, et al. A novel trajectory for a transpedicular approach in the treatment of a highly downward-migrated lumbar herniation with a full endoscopic technique. *Front Surg*, 2022, 9: 915052.
- 33 Ahn SS, Kim SH, Kim DW. Learning curve of percutaneous endoscopic lumbar discectomy based on the period (early vs. late) and technique (in-and-out vs. in-and-out-and-in); a retrospective comparative study. *J Korean Neurosurg Soc*, 2015, 58(6): 539 – 546.
- 34 Lin GX, Park CW, Suen TK, et al. Full endoscopic technique for high-grade up-migrated lumbar disk herniation via a translaminar keyhole approach; preliminary series and technical note. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2020, 81(5): 379 – 386.
- 35 Chen C, Sun X, Liu J, et al. Targeted fully endoscopic visualized laminar trepanning approach under local anaesthesia for resection of highly migrated lumbar disc herniation. *International Orthopaedics*, 2022, 46(7): 1627 – 1636.
- 36 Suh SW, Shingade VU, Lee SH, et al. Origin of lumbar spinal roots and their relationship to intervertebral discs; a cadaver and radiological study. *J Bone Joint Surg Br*, 2005, 87(4): 518 – 522.
- 37 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.
- 38 陈盼, 郑丹扬, 丁伟国, 等. 单边双通道内镜下椎间盘切除术治疗高度游离型腰椎间盘突出症. *中国修复重建外科杂志*, 2022, 36(7): 860 – 865.
- 39 左如俊, 马明, 蒋毅, 等. 经椎板间入路单侧双通道脊柱内镜技术与经椎板间窗单通道内镜技术治疗 L5/S1 椎间盘突出症疗效比较. *中国修复重建外科杂志*, 2022, 36(10): 1192 – 1199.
- 40 Chu P, Wang T, Zheng J, et al. Global and current research trends of unilateral biportal endoscopy/biportal endoscopic spinal surgery in the treatment of lumbar degenerative diseases; a bibliometric and visualization study. *Orthop Surg*, 2022, 14(4): 635 – 643.
- 41 李忠海, 张文涛. 重视脊柱内镜技术快速发展中的并发症问题. *中国骨伤*, 2023, 36(1): 1 – 4.
- 42 Lokhande PV. Full endoscopic spine surgery. *J Orthop*, 2023, 40: 74 – 82.

(收稿日期: 2023 – 06 – 29)

(修回日期: 2023 – 09 – 19)

(责任编辑: 王惠群)