

· 临床论著 ·

两种入路脊柱内镜下磨钻治疗腰椎体后缘离断症[△]

王滕羽, 蒲俊刚, 王颖博, 刘瑶瑶, 范伟力*

(陆军军医大学大坪医院脊柱外科, 重庆 400042)

摘要: [目的] 比较经椎间孔内镜 (transforaminal endoscopy, TE) 与椎板间内镜 (interlaminar endoscopy, IE) 往复磨钻治疗腰椎后缘离断症的临床疗效。[方法] 回顾性分析本科 2016 年 4 月—2019 年 5 月使用脊柱内镜磨钻治疗的腰椎后缘离断症的 41 例患者。依据术前医患沟通结果, 18 例采用 TE, 另外 23 例采用 IE 进行减压, 比较两组围手术期、随访和影像资料。[结果] 两组患者均顺利完成手术, 术中无硬脊膜撕裂、神经损伤等并发症。TE 组的术中透视次数显著多于 IE 组 [(5.1±0.1) 次 vs (1.0±0.1) 次, $P<0.05$], 两组手术时间、切口总长度、术中失血量、下地行走时间、住院时间的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。两组患者均随访 12 个月以上, 随时间推移, 两组 VAS 评分、ODI 评分显著减少 ($P<0.05$), 相应时间点, 两组间 VAS、ODI 评分的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。影像方面, 与术前相比, 两组患者术后 12 个月椎管矢状径显著增大 ($P<0.05$), 而椎间隙高度无显著变化 ($P>0.05$); 相同时间点, 两组间上述影像指标的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。[结论] 两种入路内镜往复磨钻治疗腰椎体后缘离断症均是安全有效的微创方法, 临床效果相当。

关键词: 椎体后缘离断症, 经椎间孔内镜术, 椎板间内镜术, 往复磨钻, 减压术

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 20-1842-06

Two kinds of endoscopic excision of apophyseal fragments with oscillating bur for lumbar posterior ring apophysis fracture
// WANG Teng-yu, PU Jun-gang, WANG Ying-bo, LIU Yao-yao, FAN Wei-li. Department of Spine Surgery, Daping Hospital, Army Military Medical University, Chongqing 400042, China

Abstract: [Objective] To compare the clinical efficacy of transforaminal endoscopy (TE) versus interlaminar endoscopy (IE) used in excision of apophyseal fragments with oscillating bur for lumbar posterior ring apophysis fracture. [Methods] From April 2016 to May 2019, a total of 41 patients received endoscopic excision of apophyseal fragments with oscillating bur for lumbar posterior ring apophysis fracture. According to the results of preoperative doctor-patient communication, 18 patients were treated with TE, while the other 23 patients were with IE for excision of apophyseal fragments by oscillating bur. The perioperative period, follow-up and imaging data of the two groups were compared. [Results] All patients in both groups had corresponding surgical procedures performed successfully without dural tear, nerve injury and other complications. The TE group had significantly greater number of intraoperative fluoroscopy than the IE group [(5.1±0.1) times vs (1.0±0.1) times, $P<0.05$], despite statistically insignificant differences in operative time, total incision length, intraoperative blood loss, ambulation time and hospital stay between the two groups ($P>0.05$). With time of the follow-up lasted for more than 12 months, the VAS and ODI scores in both groups were significantly reduced ($P<0.05$), which were not significantly different between the two groups at any time points accordingly ($P>0.05$). Radiographically, the spinal canal sagittal diameter was significantly enlarged ($P<0.05$), whereas the intervertebral height remained unchanged in both groups 12 months after surgery compared with those preoperatively ($P>0.05$), in addition, there was no significant difference in the above image indexes between the two groups at any time points accordingly ($P>0.05$). [Conclusion] Both endoscopic excisions of apophyseal fragments with oscillating bur are safe, effective and minimally invasive methods for lumbar posterior ring apophysis fracture, with similar clinical outcomes.

Key words: lumbar posterior ring apophysis fracture, transforaminal endoscopy, interlaminar endoscopy, oscillating bur, decompression

腰椎体后缘离断症 (posterior ring apophysis fracture, PRAF) 是腰椎骨骺环发育异常或外伤导致骨骺

DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.20.04

△基金项目: 重庆市科卫联合面上项目 (编号: 2021MSXM074); 陆军临床医学技术创新能力培养计划项目 (编号: 2019CXLCB015)

作者简介: 王滕羽, 主治医师, 研究方向: 脊柱外科, (电话) 18875040767, (电子信箱) q86542631@163.com

* 通信作者: 范伟力, (电话) 15922665869, (电子信箱) 86542631@qq.com

环与椎体分离，椎体后缘形成游离骨块向椎管内移位的疾病^[1-3]。该疾病多发于青少年，临床症状与腰椎间盘突出症和腰椎管狭窄症类似^[4, 5]。离断骨块连同后方突出的椎间盘对相应椎管产生持续性机械压迫，保守治疗无效时，常需要手术治疗^[6, 7]。随着脊柱内镜和器械技术的不断发展，尤其与各种动力工具的适配，其手术适应证不断拓宽，已成为脊柱成熟微创手术方式，该技术在完成减压的同时，能较好的保留腰椎活动度，契合其发病年龄段主要为青少年的特点^[8-10]。本科 2016 年 4 月—2019 年 5 月，采用经皮脊柱内镜联合往复磨钻治疗 PRAF 患者 41 例，该磨钻独特的往复运动模式和多磨头的配置，在镜下大量处理骨性结构时，能极大减少对血管、神经及软组织的损伤，现将两种入路内镜术临床疗效比较报道如下。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准：(1) 年龄 < 30 岁；(2) 经系统非手术治疗 6 个月以上无效或症状反复发作；(3) 影像学检查示单节段单侧下腰椎 (L_{4/5} 或 L₅S₁) PARS，伴有腰椎间盘突出或腰椎管狭窄。

排除标准：(1) 合并椎间盘钙化，后纵韧带骨化；(2) 伴有 II 度及以上腰椎滑脱、腰椎不稳者；(3) 有凝血障碍、严重心脑血管疾病及精神焦虑抑郁者。

1.2 一般资料

回顾性分析本院 2016 年 4 月—2019 年 5 月收治的 PRAF 患者的临床资料，其中 41 例符合上述标准，纳入本研究。依照医患沟通的结果，18 例接受经椎间孔入路脊柱内镜 (transforaminal endoscopy, TE)，23 例接受经椎板间入路脊柱内镜 (interlaminar endoscopy, IE)。两组患者术前一般资料见表 1，两组年龄、性别、BMI、病程、病变平面及位置的差异均无统计学意义^[11, 12] ($P > 0.05$)。本研究获医院伦理委员会批准，所有患者均知情同意。

1.3 手术方法

TE 组：采用局麻+基础麻醉，患者用健侧卧位，屈髋屈膝位，透视定位手术节段。距中线 11~13 cm 的患侧标记进针点，位于安全线背侧。置入穿刺针，逐层麻醉，透视引导穿刺至达靶向区域，一般以上关节突尖部为穿刺目标。行长约 7 mm 皮肤切口，依次置入扩张套管、工作套管及偏心往复磨铣刀头。暴露

上关节突尖部，逐渐深入直至将通道内的上关节突尖端腹侧骨质磨除 (图 1d)。成形满意后，优先处理骨块下方椎间盘，先使用蓝钳咬断部分纤维环去除部分游离的离断骨块，然后旋转工作套管斜口位置，将神经根保护于工作套管背侧，使用半刃磨头或者扁平刃磨头，磨钻去除剩余的离断骨块，增加工作效率。手术减压标准为神经根内侧缘可见、神经根张力恢复以及离断骨块较稳定且无明显压迫。确认无异常后移除工作套管。

指标	TE 组 (n=18)	IE 组 (n=23)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	19.5±6.7	17.7±8.3	0.841
性别 (例, 男/女)	11/7	15/8	0.727
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	26.4±3.2	26.1±3.2	0.764
病程 (月, $\bar{x} \pm s$)	15.3±1.4	16.2±2.3	0.608
平面 (例, L _{4/5} /L ₅ S ₁)	15/3	4/19	0.641
位置 (例, 中央/椎间孔/混合)	0/15/3	20/0/3	0.534

IE 组：采取全麻方式，取俯卧位，透视定位责任椎板间隙。以棘突中线旁开 2 cm 为穿刺点，对向上椎板下缘穿刺，行 7 mm 的切口，置入工作套管。蓝钳咬除黄韧带后暴露神经根、硬膜囊及突出组织，必要时用磨除部分椎板，以充分暴露下位神经根。根据突出物位置，选择从“肩上”或“腋下”取出突出的椎间盘，分离和显露硬膜囊、神经根和及腹侧的骨性结构，随后使用蓝钳或半刃磨头或者扁平刃磨头磨钻去除离断的骨块，髓核钳摘除突出游离的髓核。手术减压标准为直视下探查神经根无明显受压、硬膜囊松弛、神经根张力恢复以及离断骨块较稳定且无明显压迫。确认无异常后移除工作套管。

1.4 评价指标

记录围手术期资料。采用视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI) 评价临床效果。行影像学检查，测量椎管矢状径、椎间隙高度、腰椎前凸角 (L₁₋₅ Cobb 角)。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 22.0 统计软件进行统计学分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料呈正态分布时，两组间比较采用独立样本 *t* 检验；组内时间点比较采用单因素方差分析；资料呈非正态分布时，采用秩和检验。计数资

料采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。等级资料两组比较采用 Mann-Whitney U 检验，组内比较采用多个相关资料的 Friedman 检验。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期情况

患者均顺利完成手术，术中无硬脊膜撕裂、神经损伤等并发症。两组患者围手术期资料见表 2，TE 组的术中透视次数显著多于 IE 组 (P<0.05)。两组手术时间、切口总长度、术中失血量、下地行走时间、住院时间的差异均无统计学意义 (P>0.05)。IE 组 1 例患者术后出现感觉迟钝，3 个月后恢复，考虑与术中过多牵拉神经根有关。

表 2 两组患者围手术期资料 ($\bar{x} \pm s$) 与比较
Table 2 Comparison of perioperative data between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

指标	TE 组 (n=18)	IE 组 (n=23)	P 值
手术时间 (min)	64.4±18.5	54.4±14.5	0.574
术中透视次数 (次)	5.1±0.1	1.0±0.1	<0.001
切口长度 (mm)	14.9±0.5	15.1±0.8	0.765
术中失血量 (ml)	10.1±1.1	11.1±1.5	0.842
下地行走时间 (h)	18.3±2.1	17.7±1.7	0.719
住院时间 (d)	2.5±0.6	2.7±0.3	0.816

2.2 随访结果

两组患者均获随访 12 个月以上，随访资料见表 3。随访期间两组均无腰腿痛加重症状，均无翻修手术。两组完全负重活动时间的差异无统计学意义 (P>0.05)。随时间推移，两组 VAS 和 ODI 评分显著减少 (P<0.05)。相应时间点，两组间 VAS、ODI 评分的差异均无统计学意义 (P>0.05)。

2.3 影像评估

两组患者影像评估结果见表 4，与术前相比，两组患者术后 12 个月的椎管矢状径显著增大 (P<0.05)，而椎间隙高度无显著变化 (P>0.05)，相同时间点，两组间上述影像指标的差异无统计学意义 (P>0.05)。TE 组典型病例影像见图 1。

3 讨论

众多学者在肯定脊柱内镜治疗优势的同时，对具体内镜下的手术策略也提出了不同意见 [13-15]。包括不同入路及减压方式的选择，对于突出骨性组织的

处理等 [5, 16]。冯品等 [11] 依据孔氏分区来选择入路，对于中央区骨块的压迫，椎板间或椎间孔入路均可选择；骨块较大且超过关节突关节，建议选择椎间孔入路，可减少神经根和硬膜囊的刺激和干扰。Shirado 等 [17] 发现骨碎片切除术不会影响临床结果。另一重要的争论点是对 PARS 骨块的切除范围问题，Bea 等 [18] 认为对于 PARS 中下位椎体上缘的较大骶环离断压迫侧隐窝可能引起临床症状应切除。唐小松等 [19] 认为，对于骨块的减压，以术前 CT 三维重建来判定，以离断骨块与椎体后缘椎板以及骨块连接情况来评估，三面及两面连接为稳定骨块，一面连接为不稳定骨块，需要完整切除离断骨组织。而更多的学者认为对于非稳定的突出骨块，应切除并非必须性的，对于占位较小、脊髓压迫不明显且稳定的骨块可允许部分残留 [16, 20, 21]。PARF 微创治疗的主要并发症包括硬膜撕裂神经根损伤、手术器械破裂、术后感染和复发 [6, 17]。在本研究中，所有手术均顺利完成，平均首次下床时间均<20 h，在术后 1 个月内均重返工作岗位。随访过程中，术后 VAS 及 ODI 评分较术前明显改善，影像检查显示椎管矢状径较术前明显扩大，椎间高度无明显下降，未见继发性腰椎不稳及硬脊膜撕裂、神经损伤、复发等并发症，IE 组 1 例术后出现感觉迟钝，3 个月后恢复。因此作者认为当前的手术策略是有效的。

表 3 两组患者随访结果 ($\bar{x} \pm s$) 与比较
Table 3 Comparison of follow-up results between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

指标	TE 组 (n=18)	IE 组 (n=23)	P 值
完全负重活动时间 (d)	29.1±1.1	28.1±1.3	0.772
腰痛 VAS 评分 (分)			
术前	7.8±1.2	7.6±1.1	0.457
术后 1 个月	3.2±1.1	3.1±1.2	0.242
术后 12 个月	1.6±0.4	1.5±0.5	0.224
P 值	<0.001	<0.001	
腿痛 VAS 评分 (分)			
术前	7.5±0.9	7.6±1.7	0.685
术后 1 个月	2.7±0.7	2.5±0.4	0.741
术后 12 个月	1.7±0.5	1.5±0.4	0.677
P 值	<0.001	<0.001	
ODI 评分 (%)			
术前	75.8±9.1	71.3±10.2	0.641
术后 1 个月	19.1±3.9	20.1±3.7	0.782
术后 12 个月	18.4±3.5	19.3±2.7	0.751
P 值	<0.001	<0.001	

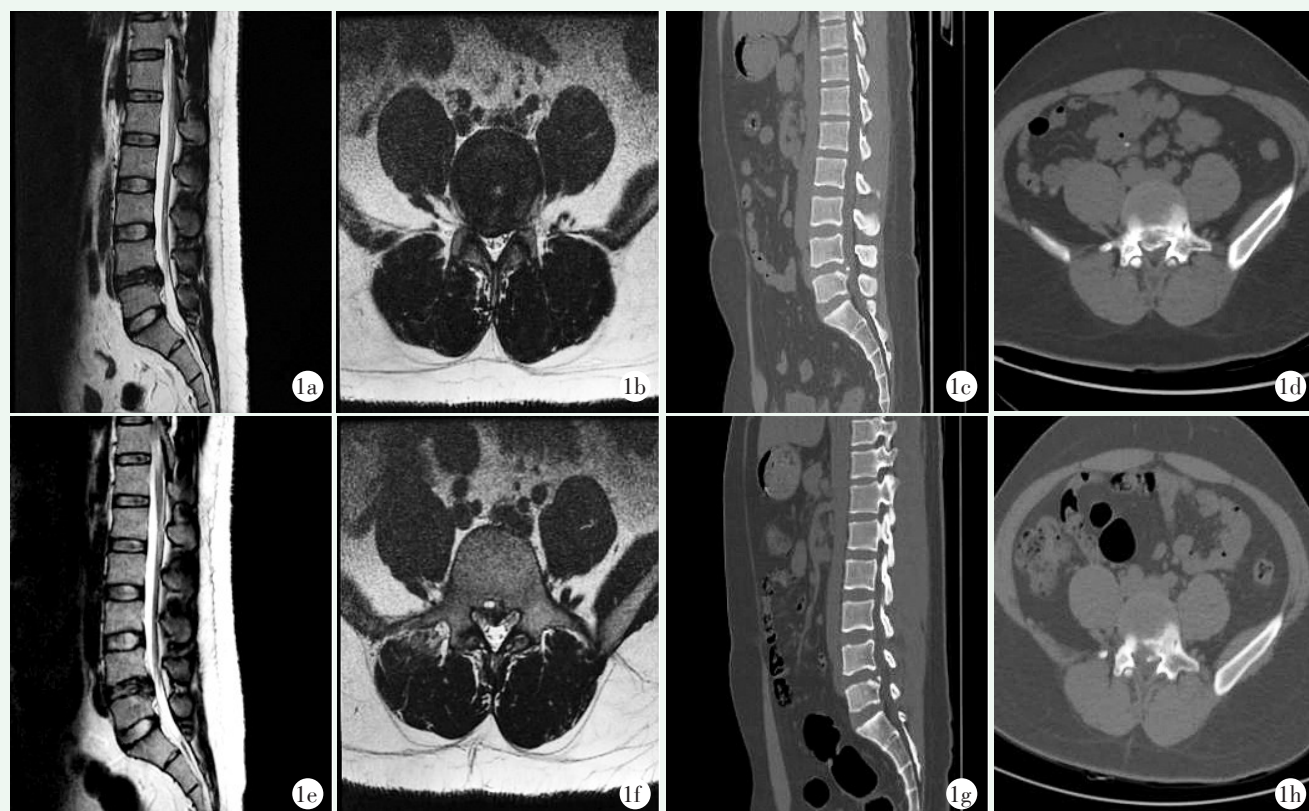


图 1 患者,男,19 岁,腰痛伴右下肢放射痛 6 个月,行 L_{4/5} 节段 TE 减压。1a: 术前 MRI 示 L_{4/5} 椎间盘层面突出; 1b: 术前 MRI 示右侧中央椎管及侧隐窝椎管狭窄; 1c: 术前 CT 示 L₅ 椎体后缘离断; 1d: 术前 CT 示右侧中央椎管及侧隐窝椎管以骨性突出为主; 1e, 1f: 术后 6 个月 MRI 示 L_{4/5} 椎间盘无明显退变, 右侧中央椎管及侧隐窝椎管明显扩大; 1g, 1h: 术后 6 个月 CT 示右侧中央椎管及侧隐窝椎管的骨性突出已明显减小。

Figure 1. A 19-year-old male received L_{4/5} TE decompression due to low back pain and radiating pain in the right lower extremity for 6 months. 1a: Preoperative MRI showed L_{4/5} disc level herniation. 1b: Preoperative MRI showed stenosis of the right central spinal canal and lateral recess. 1c: Preoperative CT showed posterior margin detachment of L₅ vertebra. 1d: Preoperative CT showed that the right central spinal canal and lateral recess involve mainly by bony protrusion. 1e, 1f: MRI 6 months after surgery showed no obvious degeneration of L_{4/5} discs, and the right central spinal canal and lateral recess were significantly enlarged. 1g, 1h: CT 6 months after surgery showed that the bony protrusion occupied the right central spinal canal and the lateral recess had significantly decreased.

表 4 两组患者影像资料 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

Table 4 Comparison of imaging data between the two groups

指标	TE 组 (n=18)	IE 组 (n=23)	P 值
椎管矢状径 (mm)			
术前	13.1±2.1	14.2±1.7	0.651
术后 12 个月	23.2±1.8	22.7±1.4	0.464
P 值	<0.001	<0.001	
椎间隙高度 (mm)			
术前	12.1±1.7	11.7±1.3	0.650
术后 12 个月	12.1±1.7	11.5±1.3	0.842
P 值	0.724	0.864	

本研究的手术策略是: (1) 经椎间孔入路术中主要在神经根及硬膜囊腹侧进行减压, 对椎管内结构刺

激较小, 故对于侧隐窝区域的腰椎椎体后缘离断症, 经椎间孔入路最适宜。对于中央椎管区骨块, 优先选择经椎板间入路, 但在同等情况下, 应优先考虑椎间孔入路; (2) 在行经椎间孔入路时, 可适当切除部分椎弓根外侧椎间盘, 为神经根下方提供足够的腹侧操作空间, 以避免神经根损伤和硬膜撕裂。在行经椎板间入路手术时, 判断离断骨块与神经根和硬膜囊的位置关系, 而选择神经根的牵拉方向, 以尽可能减少对神经根的刺激; (3) 骨块的处理: 游离和不稳的骨块, 应优先处理, 利用蓝钳或剥离子对骨块探查其稳定性, 合理利用不同类型往复磨头对骨块进行磨除, 磨除的大小及范围, 通过对骨块的整体形态和神经根走形区域下方的空间进行综合判断, 另外较为尖锐的骨块碎片必须打磨或者彻底切除。

骨性结构的处理一直是脊柱内镜下的重点与难点。在本研究中,所有患者神经功能都得到了令人满意的改善,除合适的手术策略外,往复磨钻的镜下应用也非常关键。高速磨钻是目前最为普遍的镜下动力工具,具有低振动、低冲击、快速、精确度高的优势^[22]。但也存在局部温度高、骨碎屑较多、易导致软组织卷刮等缺陷^[23]。超声骨刀系统是近年来脊柱外科更为主流的切骨工具,在理论上具有组织选择性好、神经损伤小、术中出血少等优点。但有文献报道使用超声骨刀仍有导致神经根损伤的风险,并认为夸大了其真实的组织选择性^[24]。Yu等^[25]利用超声骨凿在椎间孔镜下治疗25例钙化椎间盘患者,7例有不同程度的术后感觉迟钝,在随后的1年中感觉减退有所恢复。综合来看,尚无绝对适应安全的动力工具。铈锐往复磨钻是专为脊柱微创手术而设计的动力系统,其配备了钻头在各种骨面条件下的磨削,往复的工作模式具有独特的组织识别功能,只切除骨组织,不伤软组织,具有深度调节功能,逐步磨削。镜下偏心调节,能充分扩大操作主视野,单侧刃技术,刀头可以紧贴神经操作,扁平刃刀头技术,刀头可以插入神经和骨质的间隙磨削,具有镜头保护结构,磨头不损伤镜头,柱形刀头,磨削根部无残留,所有磨头尖端均有排水通道,在高速工作中,对于减少手术区域的机械切割损伤和热损伤非常重要,特别是在紧贴硬脊膜和神经根表面工作时,3种磨头的相互配合能有效避免神经根损伤。

综上所述,脊柱内镜在不同类型往复磨钻的配合下可彻底减压神经,且能有效避免神经根损伤。在精准减压的同时,保留了腰椎活动度,十分契合其发病率多为年轻人的特点,可作为手术治疗PRAF的优先选择。

参考文献

- [1] Wu X, Ma W, Du H, et al. A review of current treatment of lumbar posterior ring apophysis fracture with lumbar disc herniation [J]. *Eur Spine J*, 2013, 22 (3) : 475-488. DOI: 10.1007/s00586-012-2580-9.
- [2] 张海波, 王义生. 腰椎椎体后缘离断症的影像学诊断与探讨 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2004, 12 (19) : 18-20.
Zhang HB, Wang ZY. Study of imaging diagnosis of lumbar body posterior bony edge separation [J]. *Orthop J Chin*, 2004, 12 (19) : 18-20.
- [3] Akhaddar A, Belabyad S. Spontaneous regression of posterior ring apophysis separation in lumbar spine [J]. *World Neurosurg*, 2018, 119: 304-305. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.08.062.
- [4] 唐国柯, 裴世深, 李大伟, 等. 全脊柱内镜下治疗腰椎椎体后缘离断症 [J]. *中国骨与关节杂志*, 2019, 8 (10) : 783-787. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2019.10.012.
Tang GK, Pei SS, Li DW, et al. Full-endoscopic technique for the treatment of posterior lumbar apophyseal ring fractures [J]. *Chin J Bone Joint*, 2019, 8 (10) : 783-787. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2019.10.012.
- [5] Zheng ZZ, Tu Z, Li Y, et al. Full-endoscopic lumbar discectomy for lumbar disc herniation with posterior ring apophysis fracture: A retrospective study [J]. *World Neurosurg*, 2018, 124: e156-e162. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.12.054.
- [6] Matsumoto M, Watanabe K, Tuji T, et al. Microendoscopic discectomy for lumbar disc herniation with bony fragment due to apophyseal separation [J]. *Minim Invasive Neurosurg*, 2007, 50 (6) : 335-359. DOI: 10.1055/s-2007-993202.
- [7] Akhaddar A, Belfquih H, Oukabli M, et al. Posterior ring apophysis separation combined with lumbar disc herniation in adults: a 10-year experience in the surgical management of 87 cases [J]. *J Neurosurg Spine*, 2011, 14 (4) : 475-483. DOI: 10.3171/2010.11.SPINE10392.
- [8] Wang YB, Chen SL, Cao C, et al. Percutaneous transforaminal endoscopic discectomy and fenestration discectomy to treat posterior ring apophyseal fractures: A retrospective cohort study [J]. *Orthop Surg*, 2020, 12 (4) : 1092-1099. DOI: 10.1111/os.12698.
- [9] 王长昇, 朱希田, 陈荣生, 等. 椎间孔镜与开放手术治疗腰椎椎体后缘离断症比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (21) : 1936-1940. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.21.04.
Wang CS, Zhu XT, Chen RS, et al. Endoscopic versus open surgery for lumbar posterior ring apophysis separation [J]. *Orthop J Chin*, 2019, 27 (21) : 1936-1940. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.21.04.
- [10] 薛静波, 晏怡果, 王文军, 等. 经皮全脊柱内镜技术治疗青少年腰椎椎体后缘离断症 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25 (19) : 1741-1745. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.19.03.
Xue JB, Yan YG, Wang WJ, et al. Percutaneous full-endoscopic technique for treatment of posterior lumbar apophyseal ring fractures in adolescents [J]. *Orthop J Chin*, 2017, 25 (19) : 1741-1745. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.19.03.
- [11] 冯品, 张斌, 刘俊麟, 等. 经皮脊柱内镜治疗下腰椎椎体后缘离断症短期疗效 [J]. *中国骨与关节杂志*, 2019, 8 (2) : 105-109. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2019.02.005.
Feng P, Zhang B, Liu JL, et al. Short-term efficacy in the treatment of lumbar posterior apophyseal ring separation by percutaneous endoscopic spine surgery [J]. *Chin J Bone Joint*, 2019, 8 (2) : 105-109. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2019.02.005.
- [12] Wang Y, Dou Q, Yang J, et al. Percutaneous endoscopic lumbar decompression for lumbar lateral spinal canal stenosis: Classification of lateral region of lumbar spinal canal and surgical approaches [J]. *World Neurosurg*, 2018, 119: e276-e283. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.07.133.
- [13] Ahn SS, Kim SH, Kim DW, et al. Comparison of outcomes of percu-

- taneous endoscopic lumbar discectomy and open lumbar microdiscectomy for young adults: A retrospective matched cohort study [J]. *World Neurosurg*, 2016, 86: 250–258. DOI: 10.1016/j.wneu.2015.09.047.
- [14] Kim P, Kim SW, Ju CI, et al. Lumbar disc herniation combined with posterior apophyseal ring separation in a young child: a case report [J]. *Korean J Spine*, 2015, 12 (3): 143–145. DOI: 10.14245/kjs.2015.12.3.143.
- [15] 王长昇, 陈荣生, 朱希田, 等. 椎间孔脊柱内镜治疗腰椎椎体后缘离断 [J]. *中华创伤杂志*, 2019, 39 (11): 1006–1011. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2019.11.008.
- Wang CS, Chen RS, Zhu XT, et al. Spinal endoscopy via percutaneous transforaminal approach for lumbar posterior ring apophysis separation [J]. *Chin J Traumatol*, 2019, 39 (11): 1006–1011. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2019.11.008.
- [16] Yuan S, Wu Q, Zang L, et al. Posterior apophyseal ring fracture in adult lumbar disc herniation: an 8-year experience in minimally invasive surgical management of 48 cases [J]. *Neurospine*, 2022, 19 (3): 586–593. DOI: 10.14245/ns.2244346.173.
- [17] Shirado O, Yamazaki Y, Takeda N, et al. Lumbar disc herniation associated with separation of the ring apophysis: is removal of the detached apophyses mandatory to achieve satisfactory results [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2005, 431 (431): 120–128. DOI: 10.1097/01.blo.0000150457.47232.fd.
- [18] Bae JS, Rhee WT, Kim WJ, et al. Clinical and radiologic analysis of posterior apophyseal ring separation associated with lumbar disc herniation [J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2013, 53 (3): 145–159. DOI: 10.3340/jkns.2013.53.3.145.
- [19] 肖清清, 李越, 吴忌, 等. 经皮脊柱内镜椎间孔入路治疗腰椎椎体后缘离断症临床研究 [J]. *颈腰痛杂志*, 2021, 42 (2): 173–176. DOI: 10.3969/j.issn.1005-7234.2021.02.007.
- Xiao QQ, Li Y, Wu J, et al. Clinical study of percutaneous endoscopic transforaminal approach in the treatment of posterior edge spondylolysis [J]. *J Cervicodynia Lumbodynia*, 2021, 42 (2): 173–176. DOI: 10.3969/j.issn.1005-7234.2021.02.007.
- [20] Wu XY, Ma W. Posterior lumbar ring apophysis fracture [J]. *Orthop Surg*, 2011, 3 (1): 72–77. DOI: 10.1111/j.1757-7861.2010.00122.x.
- [21] 彭智愚, 孔清泉. 腰椎间盘突出症或腰椎管狭窄症合并椎体后缘离断的诊断和内镜治疗进展 [J]. *中国骨与关节杂志*, 2019, 8 (2): 132–136. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2019.02.010.
- Peng ZY, Kong QQ. Advances in diagnosis and endoscopic treatment of lumbar disc herniation or lumbar spinal stenosis with posterior apophyseal ring separation [J]. *Chin J Bone Joint*, 2019, 8 (2): 132–136. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2019.02.010.
- [22] 尹国栋, 林舟丹, 程昌志, 等. 椎间孔镜结合可变向磨钻治疗老年性腰椎管狭窄症 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26 (5): 458–462. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2018.05.16.
- Yin GD, Lin ZD, Cheng CZ, et al. Efficacy of transforaminal endoscopy for treatment of senile degenerative lumbar stenosis using direction changeable burr [J]. *Orthop J Chin*, 2018, 26 (5): 458–462. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2018.05.16.
- [23] Sairyo K, Chikawa T, Nagamachi A. State-of-the-art transforaminal percutaneous endoscopic lumbar surgery under local anesthesia: Discectomy, foraminoplasty, and ventral facetectomy [J]. *J Orthop Sci*, 2018, 23 (2): 229–236. DOI: 10.1016/j.jos.2017.10.015.
- [24] Dabo X, Ziqiang C, Yinchuan Z, et al. The clinical results of percutaneous endoscopic interlaminar discectomy (PEID) in the treatment of calcified lumbar disc herniation: A case-control study [J]. *Pain Physician*, 2016, 19 (2): 69–76.
- [25] Yu L, Wen JK, Wang S, et al. Removal of calcified lumbar disc herniation with endoscopic-matched ultrasonic osteotome: our preliminary experience [J]. *Br J Neurosurg*, 2020, 34 (1): 80–85. DOI: 10.1080/02688697.2019.1687850.
- (收稿: 2023-01-15 修回: 2023-07-31)
(同行评议专家: 孙永生, 钱列)
(本文编辑: 闫承杰)