

临床论著

Quadrant通道下腰椎间盘突出切除单边动态固定术
治疗腰椎间盘突出症的疗效观察

邢 帅, 高延征, 王红强, 张广泉, 张 锴

(河南省人民医院脊柱脊髓外科 450003 郑州市)

【摘要】目的:探讨 Quadrant 通道下腰椎间盘突出切除单边动态固定术治疗腰椎间盘突出症的临床效果。**方法:**回顾性分析 2013 年 1 月~2018 年 11 月在我院行 Quadrant 通道下腰椎间盘突出切除单边动态固定术治疗的 23 例单节段腰椎间盘突出症患者,其中男 13 例,女 10 例;年龄 20~40 岁(31.0 ± 6.9 岁)。术后均获随访,随访时间 28~68 个月(42.0 ± 6.6 个月)。记录手术时间、术中出血量、术后住院时间等资料;于术前及术后 2d、末次随访时采用视觉模拟(visual analogue scale, VAS)评分、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)、日本骨科协会(Japanese Orthopaedic Association, JOA)评分评估手术的临床效果;于术后 2d、末次随访时行腰椎正侧位及动力位 X 线片检查,测量椎间隙高度、椎间活动度;术前及末次随访时行腰椎 MRI 检查,应用 Pfirrmann 分级评估手术节段及邻近节段椎间盘高度及信号变化,计算 Pfirrmann 分级改善率。**结果:**所有患者均顺利完成手术,手术时间 82.5 ± 11.6 min,术中出血量 58.8 ± 9.5 ml,术后住院时间 3.1 ± 0.4 d。患者术后 2d、末次随访时的 ODI、JOA 评分及 VAS 评分均较术前有明显改善($P<0.05$)。术后 2d、末次随访时手术节段及其上位邻近节段椎间隙高度以及上位邻近节段活动度较术前无统计学差异($P>0.05$);术后 2d 手术节段活动度较术前明显改善($P<0.05$)。末次随访时,手术节段 Pfirrmann 分级 30.5%改善,56.5%无明显改变,13.0%退变加重;邻近节段 8.7%改善,73.9%无明显改变,17.4%退变加重。随访期间无椎间盘突出复发,无螺钉松动、断裂、失效等相关并发症。**结论:**Quadrant 通道辅助下腰椎间盘突出切除单边动态固定术治疗腰椎间盘突出症可获得良好的临床疗效,有效维持椎间隙高度,保留腰椎活动度。

【关键词】腰椎间盘突出症;Quadrant 通道辅助技术;动态非融合固定系统

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2022.11.07

中图分类号:R681.5, R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2022)-11-1010-07

Curative effect observation of unilateral dynamic fixation under a Quadrant system combined with lumbar discectomy in the treatment of lumbar intervertebral disc herniation/XING Shuai, GAO Yanzheng, WANG Hongqiang, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2022, 32(11): 1010-1016

【Abstract】 Objectives: To investigate the clinical effect of Quadrant system-assisted unilateral dynamic fixation combined with lumbar discectomy in the treatment of lumbar intervertebral disc herniation. **Methods:** 23 patients (13 males and 10 females) with lumbar disc herniation who underwent unilateral dynamic fixation combined with lumbar discectomy assisted with Quadrant system in our hospital from January 2013 to November 2018 were retrospectively analyzed. The patients averaged 31.0 ± 6.9 (20-40) years old and were followed up for 42.0 ± 6.6 months (28-68 months). The operative time, intraoperative blood loss, and postoperative hospital stay were recorded. The visual analogue scale (VAS), Oswestry disability index (ODI), and Japanese Orthopaedic Association (JOA) score were compared between preoperation, 2d after operation, and final follow-up to assess the clinical outcomes. Anteroposterior lateral and dynamic lumbar X-rays examinations were performed on postoperative 2d and at final follow-up to measure the intervertebral space height and intervertebral motion range. Lumbar MRI examination was performed before and at final follow-up, and Pfirrmann scale

基金项目:河南省医学科技攻关项目(编号:LHCJ20220034);河南省医学教育研究项目(编号:Wjlx2020384)

第一作者简介:男(1985-),骨科学硕士,研究方向:脊柱外科

电话:(0371)86087962 E-mail:15838167225@126.com

通讯作者:高延征 E-mail:doctorgao63@163.com

was applied to evaluate the height and signal changes of the operative segments and adjacent segments, and Pfirrmann grading improvement was calculated. **Results:** All patients completed the operation successfully. The operation time was 82.5 ± 11.6 min, the intraoperative blood loss was 58.8 ± 9.5 ml, and postoperative hospital stay was 3.1 ± 0.4 d. The postoperative 2d and final follow-up ODI, JOA score, and VAS were significantly improved than before operation ($P < 0.05$). The height of the intervertebral space of operative segments and upper adjacent segments and the range of motion of upper adjacent segments on postoperative 2d and at final follow-up were not statistically different from those before operation ($P > 0.05$), while the range of motion of operative segments on postoperative 2d improved significantly than that before operation ($P < 0.05$). At final follow-up, the Pfirrmann scale showed an overall improvement rate of 30.5% at the operative segments, 56.5% no significant change, and 13.0% degeneration aggravation; and 8.7% overall improvement at the adjacent segments, 73.9% no significant change, and 17.4% degeneration aggravation. During the follow-up, there was no recurrence of intervertebral disc herniation, screw loosening, fracture, failure or other related complications. **Conclusions:** The Quadrant system assisted unilateral dynamic fixation combined with lumbar discectomy can achieve good clinical effects in the treatment of lumbar disc herniation through effectively maintaining the height of the intervertebral space and preserving the range of motion of the lumbar spine.

[Key words] Lumbar disc herniation; Quadrant system technique; Dynamic non-fusion fixation system

[Author's address] Department of Spine and Spinal Cord Surgery, He'nan Provincial People's Hospital, Zhengzhou, 450003, China

后路减压植骨融合内固定术是治疗腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)的常用手术方法之一,虽然可以获得良好的临床效果,但手术创伤大、卧床时间长、恢复慢,给患者术后康复和生活质量带来一定影响^[1]。且术后极易出现腰椎术后综合征、相邻节段退变等并发症,严重影响着患者术后的生活质量^[2-3]。为此,诸多学者对以动态固定为代表的非融合技术进行了多种改进和创新,并取得了显著的进步和成效^[4-6]。同时 Quadrant 通道技术的快速发展,为 Quadrant 通道技术与腰椎动态固定技术的联合应用提供了条件。与传统的手术方式相比,Quadrant 通道下腰椎间盘突出切除动态固定术具有创伤小、风险低、恢复快、疗效好等优势^[7-9]。我院自 2013 年 1 月以来,采用 Quadrant 通道辅助下腰椎间盘突出单边动态固定术治疗单侧 LDH 患者,取得了良好的临床效果,报道如下。

1 方法与资料

1.1 一般资料

回顾性分析 2013 年 1 月~2018 年 11 月在我院行 Quadrant 通道辅助下腰椎间盘突出单边动态固定术治疗的 LDH 患者。

纳入标准:(1)年龄 20~40 岁;(2)通过腰椎 MRI 及 CT 检查确诊为单侧 LDH;(3)影像学检查显示巨大椎间盘突出、脱垂等硬膜囊严重受压;

(4)系统保守治疗 3 个月以上,症状无明显好转或进行性加重,或出现大小便失禁等;(5)患者临床资料完整,依从性好,能够按照要求进行康复锻炼及定期随访。

排除标准:(1)合并骨质疏松(T 值 ≤ -2.5);(2)合并腰椎退变性侧凸、腰椎滑脱及失稳;(3)合并严重心肺功能障碍、肿瘤、结核及各种代谢性骨病等影响临床疗效评估的并发症;(4)伴有精神障碍性疾病,无法完成随访。

最终共有 23 例患者纳入本研究,其中男 13 例,女 10 例;年龄 20~40 岁(31.0 ± 6.9 岁)。随访时间 28~68 个月(42.0 ± 6.6 个月)。患者 LDH 突出节段:L3/4 2 例,L4/5 11 例,L5/S1 10 例。本研究通过河南省人民医院医学伦理委员会的伦理审核[(021)伦审(173)号],所有患者均签署知情同意书。

1.2 手术方法

本研究中所有手术由同一组医师完成。采用经气管插管全身麻醉,取俯卧位,腹部悬空,C 型臂 X 线机透视辅助确定手术节段后,体表画标记线。取后正中患侧旁开 2.0~2.5 cm 纵切口,经多裂肌与最长肌肉间隙安装 Quadrant 通道,逐次显露患侧椎板间隙至关节突外缘,行椎板开窗减压,暴露并注意保护硬脊膜和神经根,用髓核钳摘除突出的髓核,保留椎体间剩余的椎间盘,充分减压神经及硬膜。神经剥离子再次探查椎间孔神经根容

积,确认减压充分彻底。采用通道下置钉方法于病变节段上下椎弓根置入 2 枚椎弓根螺钉,选取适合型号的弹性棒(Isobar TTL 动力棒)于钉尾并安装钉帽锁紧,逐层缝合关闭切口。

术后常规给予抗生素、脱水剂及神经营养药物等支持治疗。术后 2d 鼓励患者开始佩戴腰围下床活动,术后腰围保护 3 个月。

1.3 随访及评价标准

记录手术时间、术中出血量、术后住院时间等;于术前及术后 2d、末次随访时采用视觉模拟(visual analogue scale,VAS)评分、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index,ODI)、日本骨科协会(Japanese Orthopaedic Association,JOA)评分评估手术临床效果。

1.4 影像学评估

术前及术后 2d、末次随访时行腰椎正侧位及动力位 X 线片检查,测量以下指标:(1)椎间隙高度:测量手术节段及邻近节段椎间隙高度(腹侧、中心、背侧高度平均值);(2)椎间活动度:分别测量手术节段及相邻节段动力位的 Cobb 角并计算差值;(3)术前及末次随访时行腰椎 MRI 检查,应用 Pfirrmann 分级评估手术节段及邻近节段椎间隙高度及信号变化,计算术后椎间盘 Pfirrmann 分级改善率。具体方法:术后 Pfirrmann 分级改善数目/术前 Pfirrmann 分级数目 $\times 100\%$;Pfirrmann 分级变化 ≥ 1 级定义为影像学邻近节段退变(adjacent segment degeneration,ASD),记录患者随访期间腰椎间盘突出复发、螺钉松动及断裂等相关并发症。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 24.0 软件(SPSS 公司,美国)进行统计学分析,计量资料用 $\bar{x}\pm s$ 表示,术后各随访点的 ODI、JOA 评分、VAS 评分、手术节段及其上位邻近节段椎间隙高度和椎间活动的比较采用方差分析,非正态分布的数据以中位数及范围表示,行 Wilcoxon 非参数秩和检验,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床疗效评估

23 例患者手术均顺利完成,术中无脑脊液漏、神经损伤等严重并发症发生。手术时间 $82.5\pm 11.6\text{min}$,术中出血量 $58.8\pm 9.5\text{ml}$,术后住院时间

$3.1\pm 0.4\text{d}$ 。术后 2d、末次随访时,患者 VAS 评分和 ODI 较术前显著性降低($P<0.05$),JOA 评分较术前明显升高(表 1, $P<0.05$)。随访期间未发现内固定断裂、移位等并发症(图 1)。

2.2 影像学评估

术后各时间点手术节段及其上位邻近节段椎间隙高度和上位邻近节段活动度较术前均无显著性改变($P>0.05$);但术后 2d 手术节段活动度较术前明显改善($P<0.05$,表 2)。

末次随访时,手术节段 Pfirrmann 分级改善 7 例(30.5%),无明显改变 13 例(56.5%),退变加重 3 例(3.0%),上位邻近节段的改善 2 例(8.7%),无明显改变 17 例(73.9%),退变加重 4 例(17.4%)(表 3)。

3 讨论

传统腰椎手术一般采用后正中入路。该入路适用于多种后路手术,视野清晰,易于推广应用,但极易造成腰神经后支损伤。有研究证实,腰椎后正中入路患者剥离椎旁肌过程中损伤腰神经后支是引起术后腰背肌无力的原因之一^[10]。而术中手术切口的持续牵拉、电刀烧灼极易造成肌肉软组织缺血坏死,造成术后感染或肌肉疼痛^[9]。采用 Quadrant 通道下椎旁入路可有效减少医源性神经肌肉损伤,尤其对于手术效果要求高的青年患者来说有重要意义。

Quadrant 通道可通过肌间隙或肌束间隙逐级扩张获得清晰的手术视野,配合长柄器械,操作方便简单,同时可保留椎旁肌肉纤维的完整性和连续性,最大限度地保留了椎旁肌肉的功能;由于通道的逐级扩张对周围肌肉存在一定的挤压作用,还可有效减少术中出血,减少组织烧灼等止血操作,进而减少术后腰背部疼痛的发生。周健等^[11]通过对比分析 Quadrant 通道下和常规暴露术式治

表 1 术前、术后 2d 和末次随访时临床功能评估 ($\bar{x}\pm s$)

Table 1 The preoperative, postoperative 2d, and final follow-up clinical functions evaluation

	术前 Pre-op	术后 2d Post-op 2d	末次随访 Final follow-up
VAS(分)	6.6 $\pm$ 1.4	2.5 $\pm$ 1.0 ^①	1.1 $\pm$ 0.8 ^①
JOA(分)	13.2 $\pm$ 2.7	22.1 $\pm$ 1.2 ^①	24.8 $\pm$ 1.9 ^①
ODI(%)	57.2 $\pm$ 7.8	25.6 $\pm$ 4.2 ^①	16.6 $\pm$ 5.2 ^①

注:①与术前比较 $P<0.001$

Note: ①Compared with pre-op, $P<0.001$



图 1 患者男性,40 岁,行 Quadrant 通道下腰椎间盘突出切除单边动态固定术 **a,b** 术前腰椎动力位 X 线片示腰椎活动减弱 **c,d** 腰椎正侧位 X 线片示腰椎退行性改变 **e,f** 腰椎 MRI 示腰椎间盘突出左后方突出,硬膜囊受压 **g,h** 术后腰椎正侧位 X 线片示腰椎内固定牢固在位,腰椎序列良好 **i-l** 末次随访时腰椎正侧位和腰椎动力位,腰椎内固定位置可、无断裂、无松动,和术前相比,腰椎活动度无明显差异 **m,n** 末次随访时腰椎 MRI 示手术节段椎间隙退变较术前恢复,神经无受压,腰椎间盘突出无复发

Figure 1 A 40-year-old male patient underwent unilateral

dynamic rod fixation under Quadrant system **a, b** Preoperative dynamic lumbar X-ray showed decreased lumbar motion **c, d** Anteroposterior and lateral X-ray showed lumbar degenerative changes **e, f** Lumbar MRI showed the left posterior lumbar disc was herniated and the dural sac was compressed **g, h** Postoperative anteroposterior and lateral lumbar X-ray showed that the internal fixation was well positioned and the lumbar spine alignment was good **i-l** At final follow-up, the internal fixation position was acceptable, and there was no fracture or loosening of the lumbar internal fixation position in the anteroposterior and lateral lumbar positions and the dynamic lumbar positions. There was no significant difference in the range of motion of the lumbar spine compared with the preoperative position **m, n** At final follow-up, lumbar MRI showed that the degeneration of the intervertebral space in the operation segment was recovered compared with that before operation, and there was no nerve compression and no recurrence of lumbar disc herniation

疗 LDH, 结果发现 Quadrant 通道辅助下的手术术中出血量少, 术后可早期下床活动, 住院时间较短。也有研究显示 Quadrant 通道下行腰椎手术, 除了上述优点外, 经肌间隙入路手术切口偏离棘突, 可直接暴露关节突关节, 获得理想进针点, 不需要持续牵拉, 术后椎旁软组织水肿较轻, 术后的并发症也比较少^[12,13]。

表 2 术前、术后 2d 和末次随访时患者的椎间隙高度和椎间活动度比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparisons of lumbar motion parameters			
	术前 Pre-op	术后 2d Post-op 2d	末次随访 Final follow-up
椎间隙高度 (mm) Intervertebral height			
手术节段 Operated segment	10.6±1.4	10.5±1.6	10.4±2.8
上位邻椎 Upper adjacent segment	11.4±1.9	11.4±1.6	11.2±1.8
椎间活动度 (°) Intervertebral range of motion			
手术节段 Operated segment	8.1±1.8	4.3±0.6 ^①	4.2±0.8 ^①
上位邻椎 Upper adjacent segment	7.4±2.1	7.9±2.2	8.1±1.9

注: ①与术前相比 $P < 0.05$

Note: ①Compared with Pre-op, $P < 0.05$

表 3 术前和末次随访时手术节段及相邻上节段椎间盘 Pfirrmann 分级

Table 3 Comparisons of Pfirrmann gradings between the operated segment and upper adjacent segment

术前 Pre-op		末次随访 Final follow up			
		I 级 Grade I	II 级 Grade II	III 级 Grade III	IV 级 Grade IV
手术节段 Operated segment					
I 级 Grade I	-	-	-	-	-
II 级 Grade II	-	-	-	-	-
III 级 Grade III	14	-	3	8	3
IV 级 Grade IV	9	-	1	4	4
相邻上位节段 Upper adjacent segment					
I 级 Grade I	15	12	2	1	-
II 级 Grade II	8	2	5	1	-
III 级 Grade III	-	-	-	-	-
IV 级 Grade IV	-	-	-	-	-

ASD 是腰椎后路减压植骨融合内固定术后的一个棘手问题, 尤其是对活动量较大且腰椎退变较轻的中青年患者, 更是影响其远期疗效的最主要因素。生物力学研究表明, 腰椎融合手术可使手术节段活动度完全丧失, 脊柱正常力学传导序列发生变化, 相邻节段椎间盘及关节突关节应力随之增大, 进而出现邻近节段腰椎退变加剧, 甚至出现关节突关节增生内聚、椎管狭窄或节段不稳等^[14,15]。为解决这一问题, 诸多学者进行了各种手术方案的探索和研究, 法国学者 Dubios 教授首次提出非融合内固定系统的理论^[16], 并于 1994 年首次应用于临床, 此后得到广泛应用。与传统融合内固定术式相比, 非融合手术可保留病变节段一定的活动度和腰椎生理性前凸, 并提供足够的脊柱稳定性, 从而避免邻近节段退变。Zhang 等^[17]采用动态固定技术治疗腰椎管狭窄症, 末次随访时, 患者腰部及腿部疼痛 VAS 评分、ODI 均较术前显著降低, 影像学检查未发现腰椎邻椎病的发生。也有学者采用前瞻性随机对照研究对比分析非融合与融合术的临床疗效, 临床症状较术前显著改善, 且非融合技术在腰椎活动度保留和延缓邻近节段退变方面存在显著优势^[17,18]。近年来, 国内学者对于非融合技术的报道逐渐增多, 采用非融合技术治疗腰椎疾病取得了满意的临床疗效。

在常规非融合手术基础上采用 Quadrant 通道辅助技术, 进一步减少了非融合技术的手术时间、出血量和创伤, 临床疗效进一步显现。本研究结果显示, 与术前相比, 末次随访时患者的腰痛及腿痛 VAS 评分、ODI、JOA 评分均有显著性改善 ($P < 0.05$)。

动态非融合技术可很好地满足脊柱的生物力学要求, 通过微动装置限制或控制手术节段运动范围, 即可保留腰椎手术节段的活动度, 对腰椎活动也有一定的限制作用, 避免术后因腰椎活动度较大导致的内固定松动、断裂等并发症, 动态固定棒的微动效应可以缓冲邻近节段的应力冲击, 延缓 ASD, 进而避免邻椎病的发生^[18]。纳入本研究患者均无邻椎病的发生, ASD 程度至末次随访和术前无明显差异。本研究纳入患者年龄偏小, 对术后腰椎活动度要求较高, 术中应尽量保留对侧软组织、小关节、棘间韧带和棘上韧带, 行单侧椎旁肌肉剥离暴露手术视野, 经椎板开窗或半椎板切除彻底减压后, 置入弹性棒 (Isobar TTL 动力棒), 进

一步保证了腰椎术后活动度的保留。基于弹性棒的动态非融合固定,一方面可有效维持椎间隙高度,也可很好地缓解术后腰痛症状。

对于合并外侧型突出或伴小关节增生及椎间孔狭窄患者,需在术中行部分关节突切除,解除神经根压迫。关节突关节在脊柱功能单元中具有重要作用,承担脊柱生物力学稳定性的 39%^[19]。采用单侧弹性棒固定具有以下优点:(1)保留手术节段活动度的同时,还能维持其椎间隙高度;(2)单侧入路动态固定,不仅微创,而且对椎旁肌肉损伤小,可完整保留对侧运动单元,有效地维持了椎体序列稳定性,患者可早期下床活动,快速回归生活和工作;(3)保留手术节段一定的活动度,减轻椎间盘及小关节所承受的负荷,防止或减缓手术节段及邻近节段的进一步退变。Ozer 等^[20]采用动态螺钉+刚性杆的手术方案,但因刚性杆的单轴稳定性,术后极易出现关节突关节僵硬,最终导致术后脊柱两侧运动的不对称性。临床上,Quadrant 通道辅助下腰椎间盘切除单边动态固定术主要有以下适应证:(1)中青年患者除椎间盘突出外,关节突关节及黄韧带等其他结构退变较轻;(2)单节段 LDH,系统保守治疗效果不佳,或症状进行性加重;(3)影像学检查显示巨大椎间盘突出、脱垂等硬膜囊严重受压;(4)椎体序列稳定性好,无椎体失稳及滑脱。本研究采用的单侧 Isobar TTL 动态稳定系统,可提供更加符合脊柱生物力学的小关节运动,在腰椎活动时产生的微小形变分散了椎间盘及关节突关节所承受的负荷,有效地保护了脊柱功能单元的正常活动^[18]。

椎弓根螺钉暴露在恒定负载下时间越长,其松动、断裂的可能性就越高^[21]。有研究对 Dynesys 动态内固定术后并发症进行统计发现,螺钉松动是最为常见的并发症^[22]。Würgler-Hauri 等^[23]报告接受 Dynesys 动态内固定术的患者在术后 1 年时,224 枚螺钉中 4 枚断裂,2 枚误置,2 枚松动。因此,螺钉松动被认为是动态固定的局限性之一。为此采用该术式需要坚强的骨质为螺钉提供足够的把持力,故对高龄或伴骨质疏松症的患者,需谨慎用此种手术方式。本研究随访过程中无内固定松动发生,这与本研究严格把握适应证及相关操作有关。中年患者采用非融合动态固定技术术后远期并发症较少^[24,25],术中操作时,尽可能减少椎板的切除及运动复合体的破坏,保留椎间盘、棘上韧带

带及关节囊;选择最佳型号的椎弓根螺钉及动态固定棒规格也可减少并发症的发生。

综上所述,Quadrant 通道辅助下腰椎间盘切除单边动态固定术治疗 LDH 可获得满意的临床效果,微创,出血少,手术时间短,可早期下床活动,具有潜在的椎间盘保护作用,保留手术节段的活动度,缓冲邻近节段的应力,对邻近节段干扰影响小,有利于避免或延缓 ASD。

4 参考文献

1. Shen J, Wang Q, Wang Y, et al. Comparison between fusion and non-fusion surgery for lumbar spinal stenosis: a Meta-analysis[J]. Adv Ther, 2021, 38(3): 1404-1414.
2. Wang T, Ding W. Risk factors for adjacent segment degeneration after posterior lumbar fusion surgery in treatment for degenerative lumbar disorders: a Meta-analysis[J]. J Orthop Surg Res, 2020, 15(1): 582.
3. Liu J, Zhang F, Gao Z, et al. Lumbar subtotal corpectomy non-fusion model produced using a novel prosthesis[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2017, 137(11): 1467-1476.
4. Holsgrove TP, Gill HS, Miles AW, et al. The dynamic, six-axis stiffness matrix testing of porcine spinal specimens[J]. Spine J, 2015, 15(1): 176-184.
5. 罗建平, 崔力扬, 张新胜, 等. 应用棘突间动态稳定系统治疗腰椎退变性疾病疗效观察[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2013, 23(10): 879-885.
6. Fuster S, Martínez-Anda JJ, Castillo-Rivera SA, et al. Dynamic fixation techniques for the prevention of adjacent segment disease: a retrospective controlled study[J]. Asian Spine J, 2022, 16(3): 401-410.
7. 陈龙, 简月奎, 赵伟峰, 等. 腰椎经椎弓根动态固定系统的研究进展[J]. 中华骨科杂志, 2021, 41(17): 1283-1290.
8. 刘屹林, 杨浩, 张敏, 等. Isobar 动态稳定系统固定联合腰椎间盘切除术治疗腰椎间盘突出症患者的近期疗效[J]. 中华医学杂志, 2019, 99(3): 188-192.
9. 罗磊, 赵晨, 周强, 等. 经椎弓根动态固定与经椎间孔椎间融合术治疗单节段腰椎间盘突出症的中期疗效[J]. 中华骨科杂志, 2021, 41(17): 1217-1226.
10. Kawaguchi Y, Yabuki S, Styf J, et al. Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery: topographic evaluation of intramuscular pressure and blood flow in the porcine back muscle during surgery[J]. Spine(Phila Pa 1976), 1996, 21(22): 2683-2688.
11. 周健, 滕学仁. Quadrant 通道下微创经椎间孔腰椎椎体间融合术治疗腰椎间盘突出的临床观察 [J]. 中国矫形外科杂志, 2015, 23(17): 1557-1561.
12. Lee KH, Yue WM, Yeo W, et al. Clinical and radiological outcomes of open versus minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion [J]. Eur Spine J, 2012, 21(11): 1557-1561.

- 2265–2270.
13. Stevens KJ, Spenciner DB, Griffiths KL, et al. Comparison of minimally invasive and conventional open posterolateral lumbar fusion using magnetic resonance imaging and retraction pressure studies[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2006, 19(2): 77–86.
14. Yokoyama K, Yamada M, Tanaka H, et al. Factors of adjacent segment disease onset after microsurgical decompression for lumbar spinal canal stenosis[J]. *World Neurosurg*, 2020, 144(12): e110–e118.
15. Okuda S, Nagamoto Y, Takenaka S, et al. Effect of segmental lordosis on early-onset adjacent-segment disease after posterior lumbar interbody fusion [J]. *J Neurosurg Spine*, 2021, 35(4): 454–459.
16. Stoll TM, Dubois G, Schwarzenbach O. The dynamic neutralization system for the spine: a multi-center study of a novel non-fusion system[J]. *Eur Spine J*, 2002, 11(Suppl 2): S170–S178.
17. Zhang Y, Zhang ZC, Li F, et al. Long-term outcome of Dynesys dynamics tabilization for lumbar spinal stenosis [J]. *Chin Med J(Engl)*, 2018, 131(21): 2537–2543.
18. Wang Q, Liu J, Shi Y, et al. Short-term effects of a dynamic neutralization system (Dynesys) for multi-segmental lumbar disc herniation[J]. *Eur SpineJ*, 2016, 25(5): 1409–1416.
19. Yu SW, Yang SC, Ma CH, et al. Comparison of Dynesys posterior stabilization and posterior lumbar interbody fusion for spinal stenosis L4/5[J]. *Acta Orthop Belg*, 2012, 78(2): 230–239.
20. Ozer AF, Suzer T, Sasani M, et al. Simple facet joint repair with dynamic pedicular system: technical note and cases eries[J]. *J Craniovertebr Junction Spine*, 2015, 6(2): 65–68.
21. Veresciagina K, Mehrkens A, Schären S, et al. Minimum ten year follow-up of spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis treated with decompression and dynamic stabilization[J]. *J Spine Surg*, 2018, 4(1): 93–101.
22. St-Pierre GH, Jack A, Siddiqui MM, et al. Nonfusion does not prevent adjacent segment disease: dynesys long-term outcomes with minimum five-year follow up [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2016, 41(3): 265–273.
23. Würgler-Hauri CC, Kalbarczyk A, Wiesli M, et al. Dynamic neutralization of the lumbar spine after microsurgical decompression in acquired lumbar spinal stenosis and segmental instability[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2008, 33(3): E66–E72.
24. 李宗阳, 罗建平, 张新胜, 等. Dynesys 非融合技术治疗腰椎间盘突出症 8 年临床随访[J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2020, 13(10): 799–805.
25. 王东杰, 杨彬, 李宗阳, 等. Wallis 棘突间动态稳定系统治疗腰椎间盘突出症的长期疗效[J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26(13): 1170–1176.

(收稿日期:2022-09-29 修回日期:2022-10-21)

(英文编审 谭 啸)

(本文编辑 姜雅浩)