

Isobar TTL 系统治疗腰椎退行性疾病的疗效及术后融合率的探讨

张晓哲¹, 王庆甫¹, 赵子义², 俞兴², 王统正²

(1. 北京中医药大学第三附属医院, 北京 100029; 2. 北京中医药大学东直门医院骨科, 北京 100700)

【摘要】 目的: 评价 Isobar TTL 动态内固定系统治疗腰椎退行性疾病的疗效并探讨术后融合率。方法: 对 2013 年 4 月至 2016 年 1 月行 Isobar TTL 动态固定系统治疗的腰椎退行性疾病 80 例患者进行回顾性分析, 其中男 39 例, 女 41 例; 年龄 28~69 岁, 平均 46.4 岁; 单节段 42 例, 双节段 38 例。临床疗效采用疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry Disability Index, ODI) 评分、改良 Macnab 评价标准进行评估。通过影像学资料测量椎间活动度 (rang of motion, ROM), 椎间隙高度比值 (intervertebral space height ratio, ISR), 按照 SUK 等制定的标准评定动态固定节段的融合情况。结果: 80 例患者均获得临床随访, 时间 17~45 个月, 平均 31.9 个月, 共有 30 例患者完成影像学复查。80 例患者术前 VAS、ODI 评分分别为 9.15 ± 1.55 , 38.65 ± 9.60 , 术后 2 周分别为 0.55 ± 1.18 , 1.06 ± 2.17 , 末次随访分别为 0.24 ± 0.70 , 0.16 ± 0.48 , 术后 2 周及末次随访 VAS、ODI 评分较术前均明显下降 ($P < 0.05$); 末次随访按照改良 Macnab 评价标准, 优 65 例, 良 14 例, 可 1 例。完成影像学复查的 30 例患者动态固定节段 ROM 值术前 (6.87 ± 2.18)°, 术后 2 周及末次随访降低至 (3.52 ± 2.80)°, (3.14 ± 2.60)° ($P < 0.05$); 邻近节段 ROM 值术前 (4.36 ± 1.28)°, 术后 2 周及末次随访提高至 (4.80 ± 1.99)°, (6.54 ± 4.83)° ($P < 0.05$)。动态固定节段与邻近节段术前的 ISR 值分别为 (36.73 ± 6.36)%, (40.74 ± 7.29)%, 术后 2 周提高为 (38.37 ± 6.35)%, (41.59 ± 7.77)% ($P < 0.05$), 末次随访降低为 (36.58 ± 9.53)%, (38.25 ± 8.08)%, 较术前差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。30 例完成影像学复查的患者, 可能融合 20 例, 不融合 10 例。结论: Isobar TTL 动态内固定系统治疗腰椎退行性疾病可以取得很好的临床疗效, 虽然增加了邻近节段的活动度, 但短期仍可有效防止邻近节段退变, 动态固定节段有融合倾向。

【关键词】 动态固定; 非融合; 腰椎退行性疾病; 邻近节段退变

中图分类号: R681.5

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2019.10.008

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



Therapeutic effect of Isobar TTL fixation system on lumbar degenerative disease and discussion on postoperative fusion rate ZHANG Xiao-zhe, WANG Qing-fu, ZHAO Zi-yi, YU Xing*, and WANG Tong-zheng. * Department of Orthopaedics, Dongzhimen Hospital Affiliated to Beijing University of Traditional Chinese Medicine, Beijing 100700, China

ABSTRACT Objective: To evaluate the therapeutic effect of Isobar TTL dynamic internal fixation system on lumbar degenerative disease and to explore the postoperative fusion rate. **Methods:** The clinical data of 80 patients with lumbar degenerative disease underwent Isobar TTL dynamic internal fixation system from April 2013 to January 2016 were retrospectively analyzed. There were 39 males and 41 females, aged from 28 to 69 years old with an average of 46.4 years, 42 cases of single segment and 38 cases of double segments. Visual analogue scale (VAS), Oswestry Disability Index (ODI) and the modified Macnab criteria were used to evaluate the clinical effects. The intervertebral range of motion (ROM) and intervertebral height ratio (ISR) were measured by X-ray films. According to the standard established by SUK to evaluate the intervertebral fusion of dynamic fixed segment. **Results:** All the patients were followed up for 17 to 45 months with an average of 31.9 months, a total of 30 cases completed imaging review. VAS and ODI scores of 80 cases respectively were 9.15 ± 1.55 , 38.65 ± 9.60 before operation, 0.55 ± 1.18 , 1.06 ± 2.17 at 2 weeks after operation, 0.24 ± 0.70 , 0.16 ± 0.48 at the final follow-up. The VAS and ODI scores at 2 weeks and the final follow-up were significantly lower than those preoperative ($P < 0.05$). At the final follow-up, according to modified Macnab criteria to evaluate the clinical effect, 65 cases obtained excellent results, 14 good, 1 fair. In the 30 cases completed imaging review, the ROM of the dynamic fixed segment was decreased from (6.87 ± 2.18)° preoperatively to (3.52 ± 2.80)°, (3.14 ± 2.60)° at 2 weeks after operation and at the final follow-up ($P < 0.05$). The ROM of the adjacent segment was increased from (4.36 ± 1.28)° preoperatively to (4.80 ± 1.99)°, (6.54 ± 4.83)° at 2 weeks after operation and at the final follow-up ($P < 0.05$). The ISR of dynamic fixed segment and adjacent segment were increased from (36.73 ± 6.36)%, (40.74 ± 7.29)% preop-

通讯作者: 俞兴 E-mail: yuxing34@sina.com

Corresponding author: YU Xing E-mail: yuxing34@sina.com

eratively to $(38.37 \pm 6.35)\%$, $(41.59 \pm 7.77)\%$ at 2 weeks postoperatively ($P < 0.05$), and at the final follow-up were decreased to $(36.58 \pm 9.53)\%$, $(38.25 \pm 8.08)\%$, there was no significant difference between preoperative and the final follow-up ($P > 0.05$). Among them, 20 cases got possible fusion and 10 cases got non-fusion, with the possible fusion rate of 66.7%. **Conclusion:** Isobar TTL dynamic internal fixation system has a good clinical effect in the treatment of lumbar degenerative disease. Although the ROM of adjacent segments is increased, it can effectively prevent the degeneration of the adjacent segments in the short term. And the dynamic fixation segment tends to fusion.

KEYWORDS Dynamic fixation; Non-fusion; Lumbar degenerative disease; Adjacent segment degeneration

腰椎退行性疾病是指腰椎的自然老化、退化所导致的疾病,可引起腰腿痛、麻木、间歇性跛行、二便及性功能障碍等症状。有症状的患者首先经卧床休息、牵引、针灸、推拿、中药、功法锻炼等保守治疗^[1-2],半年后仍无缓解者可选择手术治疗。目前腰椎后路椎弓根螺钉固定术主要有坚强内固定术及动态内固定术两类。Isobar TTL 内固定系统是动态内固定术的代表产品,其优势在于改善脊柱融合术后生物力学,但临床上关于 Isobar TTL 内固定系统对邻近节段退变的影响及术后是否融合仍存在争议^[3-4, 18-19]。2013 年 4 月至 2016 年 1 月笔者使用 Isobar TTL 动态内固定系统(由 Scient'x 公司研发)治疗 80 例腰椎退行性疾病,取得良好的临床疗效,报告如下。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:诊断明确的腰椎退行性疾病;腰椎影像学改变与临床症状相一致;经正规非手术治疗半年以上无效,或经保守治疗 3 个月以上有效但经常反复发作,严重影响正常生活和工作。排除标准:既往有腰椎手术史;腰椎严重畸形;重度骨质疏松症、强直性脊柱炎;合并内科严重疾病,不适于手术治疗。

1.2 一般资料

本组 80 例,男 39 例,女 41 例;年龄 28~69 岁,平均 46.4 岁;双节段 38 例,单节段 42 例。双节段手术患者下位节段为坚强融合固定,上位节段为动态固定。完成 X 线片复查的患者 30 例。

1.3 治疗方法

麻醉成功后,患者俯卧于腰椎软垫、腹部悬空,常规消毒铺巾。取腰椎后正中入路,逐层切开皮肤、皮下组织及腰背筋膜,剥离两侧骶棘肌,显露手术节段棘突、椎板至双侧关节突关节外侧(注意保护各手术节段关节突关节、关节囊),C 形臂 X 线透视确定手术节段无误,依次置入长度合适的万向椎弓根螺钉(货号:12VTLP45/55/62/70-25~80),螺钉尖方向尽可能指向椎体上终板,并一次置钉到位,避免调整。咬骨钳咬除狭窄节段腰椎部分棘突、椎板,切除增生的骨赘和增厚的黄韧带,注意保护关节突关节,侧隐窝减压采用潜式减压,直至神经根管和中央椎管压迫完全解除,探查并摘除游离脱出的髓核组织

(包容性突出的间盘若对神经根不存在压迫,不予处理),尽可能不骚扰手术节段椎间隙。充分减压后按特定方向置入 Isobar TTL 动态棒(货号:12TGN55-55/85/130),拧紧锁定螺栓。充分止血、冲洗并留置硬膜外引流管,逐层关闭切口。

1.4 观察项目与方法

1.4.1 临床疗效评定 术前、术后 2 周及末次随访时行疼痛视觉模拟量表(VAS)^[5]和 Oswestry 功能障碍指数(ODI)^[6]评分评定临床疗效。末次随访时采用改良 Macnab^[7]疗效评价标准进行手术优良率评价。

1.4.2 影像学观察 (1)椎间活动度(ROM)测量方法:分别在腰椎站立位前屈及后伸 X 线片上画出上椎体下终板平行线、下椎体上终板平行线,两线夹角即为前屈位、后伸位角度,两角度数之差即 ROM,见图 1。(2)椎间隙高度比(ISR)测量方法:在站立位的腰椎侧位 X 线片上测量相关节段的椎间隙前缘和后缘的高度,二者的平均值与上位椎体前缘高度的比值就是椎间隙高度比(ISR),见图 2。(3)动态固定节段融合率评估:末次随访时按等 SUK 等^[8]制定的标准判断动态固定节段的融合率:坚强融合,正侧位 X 线片上椎间可见连续的骨小梁,屈伸位 X 线片上 ROM $<4^\circ$;可能融合,正侧位 X 线片上椎间未见连续的骨小梁,屈伸位 X 线片上 ROM $<4^\circ$;不融合,正侧位 X 线片上椎间有明显的间隙,屈伸位 X 线片上 ROM $>4^\circ$ 。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 19.0 软件进行统计学分析,定量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示。术后 2 周和末次随访的 VAS、ODI 评分及 ROM、ISR 数值与术前数据进行比较。首先检验数据是否符合正态分布,若符合正态分布采用配对样本 *t* 检验,若不符合正态分布则采用非参数秩和检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

80 例患者顺利完成手术且术后症状均显著改善,恢复日常生活能力,无断钉、短棒等手术并发症。手术时间 125~290 min,平均 177 min;术中出血 50~600 ml,平均 199.3 ml。本组患者均获得随访,时间 17~45 个月,平均 31.9 个月。80 例患者均完成 VAS、ODI 评分及手术优良率评价,至我院完成 X 线片复

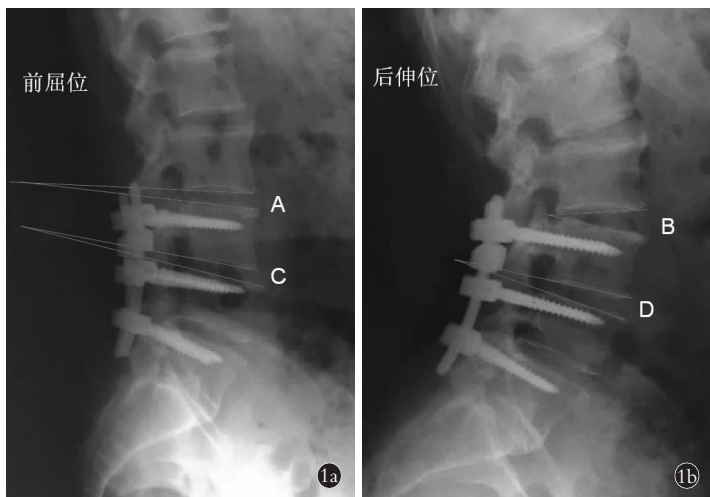


图 1 椎间活动度测量方法(1a 和 1b 分别为腰椎前屈后伸位 X 线片)

注: 动态固定节段活动度为动态棒固定节段的后伸角度与前屈角度之差, 即 $ROM = \angle D - \angle C$; 邻近节段活动度为动态棒固定节段的上位节的后伸角度与前屈角度之差, 即 $ROM = \angle B - \angle A$

Fig.1 Vertebral activity measurement method (1a and 1b were lumbar spine flexion and posterior extension X-ray films respectively)

Note: The ROM of the dynamic fixed segment was the difference between the backward extension angle and the flexion angle of the dynamic rod fixed segment, $ROM = \angle D - \angle C$. The ROM of the adjacent segment was the difference between the extension angle and the flexion angle of the upper segment of the dynamic rod fixed segment, $ROM = \angle B - \angle A$



图 2 椎间隙高度比测量方法(腰椎侧位 X 线片)

注: 椎间隙高度比为椎间隙前缘和后缘高度的平均值/上位椎体前缘的高度, 即 $ISR = (A+B)/2H$

Fig.2 Measuring method of the ISR by lumbar spine lateral X-ray film

Note: The ISR was the average of height of the anterior border and posterior border of the intervertebral space/ the height of the anterior border of the upper vertebral body, $ISR = (A+B)/2H$

查的患者为 30 例, 单节段、双节段各 15 例。

2.1 临床疗效评估

术后 2 周和末次随访的 VAS 评分与术前比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。80 例患者手术前后 ODI 评分见表 1, 术后 2 周和末次随访时 ODI 评分与术前比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。末次随访采用改良 Macnab 标准进行疗效评价, 优 65 例, 良 14 例, 可 1 例。

2.2 影像学评估结果

30 例患者动态固定节段和邻近节段术后 2 周及末次随访的 ROM 值较术前明显下降 ($P < 0.05$); 30 例患者动态固定节段和邻近节段术后 2 周 ISR 值较术前改善 ($P < 0.05$), 末次随访与术前比较差异

表 1 腰椎退行性疾病 80 例患者手术前后 ODI 评分结果 ($\bar{x} \pm s$, 分)

Tab.1 Comparison of ODI score of 80 patients with lumbar degenerative disease before and after operation ($\bar{x} \pm s$, score)

项目	术前	术后 2 周	末次随访
疼痛	4.44±1.02	0.21±0.52	0.08±0.30
生活自理能力	3.70±1.43	0.06±0.24	0
提物	4.45±0.99	0.18±0.44	0.04±0.19
行走	3.83±1.39	0.09±0.28	0.01±0.11
坐	3.89±1.37	0.15±0.45	0
站立	3.81±1.42	0.10±0.30	0
睡眠	2.94±1.87	0.06±0.24	0
性生活	4.03±1.44	0.13±0.33	0
社会活动	4.59±0.96	0.11±0.35	0
旅行	4.61±1.04	0.13±0.37	0
总分	38.65±9.60	1.06±2.17 [▲]	0.16±0.48 [▲]

注: 与术前总分比较, [▲] $P < 0.05$

Note: Compared with the preoperative total score, [▲] $P < 0.05$

无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 2。

末次随访时, 30 例患者的 X 线片中: 动态固定节段椎间可见连续骨小梁患者 0 例; 动态固定节段椎间未见连续骨小梁, ROM 值 $< 4^\circ$ 患者 20 例; 动态固定节段椎间有明显的间隙, ROM 值 $> 4^\circ$ 患者 10 例。根据 SUK 等^[8]制定的标准评定, 坚强融合的患者 0 例, 可能融合 20 例占 66.7%, 不融合 10 例占 33.3%。

3 讨论

3.1 动态固定的起源

大量的临床实践已经充分肯定融合手术的安全性和有效性, 并且在大多数脊柱手术中, 融合与否已成为判定手术是否成功的主要标准之一。然而, 脊柱融合术后增加其邻近节段的应力负荷, 加快邻近节

表 2 完成影像学复查的 30 例患者腰椎 ROM、ISR 值变化 ($\bar{x}\pm s$)
 Tab.2 Changes of ROM and ISR of lumbar spine in 30 cases completed imaging review ($\bar{x}\pm s$)

项目	动态固定节段			邻近节段		
	术前	术后 2 周	末次随访	术前	术后 2 周	末次随访
ROM(°)	6.87±2.18	3.52±2.80 [△]	3.14±2.60 [△]	4.36±1.28	4.80±1.99 [△]	6.54±4.83 [△]
ISR	36.73±6.36	38.37±6.35 [△]	36.58±9.53 [▲]	40.74±7.29	41.59±7.77 [△]	38.25±8.08 [▲]

注:与术前比较, [△] $P<0.05$, [▲] $P>0.05$

Note: Compared with preoperative data, [△] $P<0.05$, [▲] $P>0.05$

段椎间盘退变 (adjacent segment degeneration, ASD) 的速度。刘则征等^[9]在随访中发现腰椎坚强融合术的 ASD 发生率为 13.6%。Nakashima 等^[10]对 101 例行 PLIF 手术患者的随访资料发现,邻近节段退变主要发生在上位相邻节段。为了防止 ASD 的发生,动态固定被广泛应用于临床。腰椎动态固定在维持融合节段稳定性的前提下,保留该节段的部分活动能力,从而延缓邻近节段椎间盘及腰椎小关节退变^[11]。

3.2 Isobar TTL 动态固定系统治疗腰椎退行性疾病的临床疗效

本组患者术后 2 周和末次随访 VAS、ODI 评分值较术前明显改善,说明 Isobar TTL 动态固定系统术后早期即能有效减轻腰椎退行性疾病患者的疼痛症状,改善其日常工作、生活能力,并持续维持至末次随访。末次随访改良 Macnab 疗效评价优良率高达 98.75%,临床疗效满意。

3.3 Isobar TTL 系统对椎间活动度及椎间盘退变的影响

Qian 等^[12]认为 Isobar TTL 系统能有效保留固定节段的活动度,然而在本研究说明动态固定节段保留了一定的活动度的同时,仍代偿性的增加了邻近节段的活动度,增加了邻近椎体退变的风险。Gao 等^[13]将 Isobar TTL 系统与坚强固定系统进行对比,发现术后 2 年动态固定组的邻近节段 ADC (Apparent Diffusion Coefficient) 值明显优于坚强固定组,由此认为 Isobar TTL 动态固定系统与坚强固定系统相比能有效阻止或者延缓椎间盘的退变。Zhou 等^[14]发现术前和术后 2 年 Isobar TTL 动态固定节段的相邻椎间盘相对灰度值无显著变化,认为此系统可有效预防邻近椎体退变的进展。Wang 等^[15]将椎弓根动态固定术和椎间融合术对比发现动态固定组具有手术时间短、出血量少、保留固定节段及腰椎整体活动度的优点。Chou 等^[16]将“topping-off”技术(动态固定或少刚性固定)与坚强融合固定比较,发现坚强融合固定的 X 线退变率(52.6%)、症状出现率(11.6%)、二次手术率(8.6%)远高于采用“topping-off”技术的患者,混合固定装置组超邻近水平的 X 线退变率

(10.5%) 远低于坚强融合组(24.7%),最后得出结论:“topping-off”技术可有效减少 ASD 的发生率。本研究中,术后 2 周动态固定节段与邻近节段 ISR 值与术前比较有所提高,这可能与术中操作、住院输液和卧床休息相关,末次随访动态固定节段与邻近节段 ISR 值与术前 ISR 值比较差异无统计学意义,说明在本研究中 Isobar TTL 动态固定系统有效地保护了动态固定节段的椎间隙高度并预防了邻近椎体的退变,这与有些学者^[13-14]的观点相合。

3.4 Isobar TTL 系统术后椎间融合率的探讨

Yu 等^[17]根据沃尔夫定律:通过前柱载荷(AL)可以增强骨重建和生长,制定 Isobar 动态固定装置与坚强固定装置的体外生物力学实验,通过比较发现 Isobar 动态固定装置提供与坚强固定装置相同稳定性的同时,有效地增加了 AL 值,从而有利于关节融合。Yeh 等^[18]在术后随访中发现,2 年时 DS (Dynesys stabilization, 术中无植骨) 组中 ROM 从术后的 7.3° 降到 3.6°,且 DS 组的小关节融合为 50.0%,显著高于 MicD (Microdisectomy) 组的 13.0%,DS 组的 ROM 值随着时间的推移显著降低,并且退变程度与术后的时间呈正相关,最后认为有限的 ROM 可能是邻近椎体退化的潜在风险并导致意想不到的关节融合。而 Xing 等^[19]对 13 例 Isobar TTL 动态内固定系统(术中有植骨)术后随访中,2 年时 CT 扫描 13 例患者均发现了关节的骨性融合。杨红军等^[20]进行随访中,术后 3 个月 PEEK 棒组(83.3%)融合率显著高于钛棒组(55.6%) ($P<0.05$),术后 6 个月的融合率分别为 91.7%、81.5% ($P>0.05$),术后 12 个月两组植骨融合率差异无统计学意义 ($P>0.05$)。李丹等^[21]做的椎弓根螺钉坚强固定术后随访中,按 Suk 标准评定椎间融合率为 95%。本研究中在未植骨的情况下,按 Suk 标准评定末次随访的可能融合率为 66.7%,说明有椎间融合的趋势但是否真正融合尚不明确。当前关于动态固定术中未植骨的情况下,术后多久出现融合、融合率的研究资料非常少,还需要更多的研究资料及 CT 扫描来明确其融合情况。

Isobar TTL 动态固定系统的微动特点使椎弓根

螺钉承受更强的压应力,增加了椎弓根螺钉松动、断裂可能性^[22],但在本次随访中未出现松动、断钉、断棒的现象。但本研究随访时间较短,样本量偏少,受个体偏移影响大,需要做大样本的长期随访观察及系统综述来明确 Isobar TTL 动态固定系统的长远临床疗效。

参考文献

[1] 徐清平,宋登峰,朱晓峰,等. 中药内服联合中医手法、针灸治疗腰椎间盘突出症的临床疗效[J]. 中华中医药学刊,2018,36(3):765-768.
XU QP, SONG DF, ZHU XF, et al. Clinical curative effect of treating lumbar disc herniation by herbal oral administration combining with traditional Chinese manual therapy and acupuncture[J]. Zhonghua Zhong Yi Yao Xue Kan, 2018, 36(3):765-768. Chinese.

[2] 王锋. 针灸配合中药外敷治疗老年腰椎间盘突出症疗效分析[J]. 中国临床医生杂志,2018,46(1):112-114.
WANG F. Therapeutic effect of acupuncture combined with external application of traditional Chinese medicine on elderly patients with lumbar disc herniation[J]. Zhongguo Lin Chuang Yi Sheng Za Zhi, 2018, 46(1):112-114. Chinese.

[3] Li Z, Li F, Yu S, et al. Two-year follow-up results of the Isobar TTL Semi-Rigid Rod System for the treatment of lumbar degenerative disease[J]. J Clin Neurosci, 2013, 20(3):394-399.

[4] Bredow J, Lhrer L, Oppermann J, et al. Pathoanatomic risk factors for instability and adjacent segment disease in lumbar spine: how to use topping off[J]. Biomed Res Int, 2017, 2017:2964529.

[5] 钟毓贤,丁宇,刘金玉,等. 腰椎经皮椎间孔镜围手术期运动康复和步态分析的临床研究[J]. 中国骨伤,2018,31(4):311-316.
ZHONG YX, DING Y, LIU JY, et al. Clinical study of exercise rehabilitation and gait analysis during the perioperative period of lumbar percutaneous transforaminal endoscopic discectomy[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(4):311-316. Chinese with abstract in English.

[6] Pfirrmann CW, Metzдорff A, Zanetti M, et al. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(17):1873-1878.

[7] Macnab I. Negative disc exploration. An analysis of the causes of nerve-root involvement in sixty-eight patients[J]. J Bone Joint Surg Am, 1971, 53(5):891-903.

[8] Suk SI, Lee CK, Kim WJ, et al. Adding posterior lumbar interbody fusion to pedicle screw fixation and posterolateral fusion after decompression in spondylolytic spondylolisthesis[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1997, 22(2):210-219.

[9] 刘则征,张忠民,金大地. 腰椎融合内固定术后邻近节段退变的影响因素[J]. 南方医科大学学报,2010,30(5):1134-1137.
LIU ZZ, ZHANG ZM, JIN DD. Factors affecting adjacent segment degeneration after rigid lumbar internal fixation[J]. Nan Fang Yi Ke Da Xue Xue Bao, 2010, 30(5):1134-1137. Chinese.

[10] Nakashima H, Kawakami N, Tsuji T, et al. Adjacent segment disease after posterior lumbar interbody fusion: based on cases with a minimum of 10 years of follow-up[J]. Spine (Phila Pa 1976),

2015, 40(14):831-841.

[11] Sengupta DK. Dynamic stabilization devices in the treatment of low back pain[J]. Orthop Clin North Am, 2004, 35(1):43-56.

[12] Qian J, Bao ZH, Li X, et al. Short-term therapeutic efficacy of the Isobar TTL dynamic internal fixation system for the treatment of lumbar degenerative disc diseases[J]. Pain Physician, 2016, 19(6):853-861.

[13] Gao J, Zhao W, Zhang X, et al. MRI analysis of the Isobar TTL internal fixation system for the dynamic fixation of intervertebral discs: a comparison with rigid internal fixation[J]. J Orthop Surg Res, 2014, 9:43.

[14] Zhou Q, Shi R, Kopjar B, et al. Adjacent intervertebral disc changes in patients with Isobar semirigid dynamic stabilization system[J]. Global Spine J, 2014, 4(1 Suppl):PP.S-0034-1376699.

[15] Wang H, Lv B. Comparison of clinical and radiographic results between posterior pedicle-based dynamic stabilization and posterior lumbar intervertebral fusion (PLIF) for lumbar degenerative disease: a 2-year retrospective study[J]. World Neurosurgery, 2018, 114:e403-e411.

[16] Chou PH, Lin HH, An HS, et al. Could the topping-off technique be the preventive strategy against adjacent segment disease after pedicle screw-based fusion in lumbar degenerative diseases? A systematic review[J]. Biomed Res Int, 2017, 2017:4385620.

[17] Yu AK, Siegfried CM, Chew B, et al. Biomechanics of posterior dynamic fusion systems in the lumbar spine: implications for stabilization with improved arthrodesis[J]. Clin Spine Surg, 2012, 29(7):325-330.

[18] Yeh MY, Kuo CH, Wu JC, et al. Changes of facet joints after dynamic stabilization: continuous degeneration or slow fusion[J]. World Neurosurg, 2018, 113:e45-e50.

[19] Xing R, Dou Q, Li X, et al. Posterior dynamic stabilization with direct pars repair via wiltse approach for the treatment of lumbar spondylolysis: the application of a novel surgery[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, 41(8):494-502.

[20] 杨红军,樊勇,吴子祥,等. 新型 PEEK 棒半刚性固定系统应用于腰椎退变性疾病手术治疗的临床疗效[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2015, 25(9):826-831.
YANG HJ, FAN Y, WU ZX, et al. The clinical outcomes of a novel PEEK rod semi-rigid fixation system in the treatment of lumbar degenerative disease[J]. Zhongguo Ji Zhu Ji Sui Za Zhi, 2015, 25(9):826-831. Chinese.

[21] 李丹,罗旭,杨俊. 椎弓根螺钉固定局部减压与选择性椎间融合修复退变性腰椎侧凸[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(39):5807-5812.
LI D, LUO X, YANG J. Local decompression and selective interbody fusion with pedicle screw fixation technique for the treatment of degenerative lumbar scoliosis[J]. Zhongguo Zu Zhi Gong Cheng Yan Jiu, 2016, 20(39):5807-5812. Chinese.

[22] Umehara S, Zindrick MR, Patwardhan AG, et al. The biomechanical effect of postoperative hypolordosis in instrumented lumbar fusion on instrumented and adjacent spinal segments[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2015, 25(13):1617-1624.

(收稿日期:2018-12-18 本文编辑:王宏)