

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2022.24.014
文章编号: 1005-8982 (2022) 24-0085-06

临床研究·论著

腰椎弹性棒动态固定治疗腰椎椎管狭窄 邻近节段退变的疗效分析*

周若舟¹, 房佐忠¹, 邓国兵¹, 王元嵩¹, 李劲松²

(1. 郴州市第一人民医院 脊柱外科, 湖南 郴州 431000; 2. 中南大学湘雅三医院
脊柱外科, 湖南 长沙 410013)

摘要: 目的 比较脊柱融合辅以邻近节段弹性棒动态固定与单纯脊柱融合治疗腰椎椎管狭窄邻近节段退变(ASD)的临床疗效。**方法** 选取2019年12月—2021年4月在郴州市第一人民医院行手术治疗的40例腰椎椎管狭窄患者。将其随机分为A、B组, 每组20例。A组行脊柱融合辅以邻近节段弹性棒动态固定, B组行单纯脊柱融合。分析两组患者术前及术后1 d、3个月、6个月、12个月的腰痛视觉模拟评分(VAS)、腰椎Oswestry功能障碍指数(ODI)评分、术后固定节段和动态固定邻近节段椎间隙高度比值(ISR)、邻近节段腰椎活动度(ROM)、邻近节段腰椎间盘退变Pfirrmann分级的变化。**结果** 两组患者术前及术后1 d、3个月、6个月、12个月的VAS、ODI评分比较, 采用重复测量设计的方差分析, 结果: ①不同时间点VAS、ODI评分有差异($F=575.55$ 和 1436.967 , 均 $P=0.000$); ②A与B组VAS、ODI评分无差异($F=2.402$ 和 1.952 , $P=0.129$ 和 0.171); ③两组VAS、ODI评分变化趋势有差异($F=6.469$ 和 9.116 , 均 $P=0.000$)。两组患者术前及术后1 d、3个月、6个月、12个月的ISR、ROM、Pfirrmann分级比较, 采用重复测量设计的方差分析, 结果: ①不同时间点ISR、ROM有差异($F=65.454$ 和 614.002 , 均 $P=0.000$), Pfirrmann分级无差异($F=1.221$, $P=0.305$); ②A与B组ISR、ROM、Pfirrmann分级有差异($F=31.005$ 、 649.492 和 18.185 , 均 $P=0.000$); ③两组ISR、ROM、Pfirrmann分级变化趋势有差异($F=7.420$ 、 213.145 和 19.963 , 均 $P=0.000$)。**结论** 脊柱融合辅助以弹性棒动态固定治疗腰椎椎管狭窄, 可以保留脊柱活动度, 有效维持邻近节段的椎间高度, 分散加载至邻近节段椎间盘的力学载荷, 有效改善腰椎椎管狭窄ASD患者的临床症状和预后。

关键词: 腰椎椎管狭窄; 邻近节段退变; 动态固定; 脊柱融合

中图分类号: R687.3

文献标识码: A

Efficacy of novel dynamic fixation for the prevention of adjacent segment degeneration after treating lumbar spinal stenosis*

Ruo-zhou Zhou¹, Zuo-zhong Fang¹, Guo-bing Deng¹, Yuan-song Wang¹, Jin-song Li²

(1. Department of Spine Surgery, The First People's Hospital of Chenzhou, Chenzhou, Hunan 431000, China; 2. Department of Spine Surgery, The Third Xiangya Hospital, Central South University, Changsha, Huanan, 410013, China)

Abstract: Objective To compare the clinical efficacy of lumbar spinal fusion combined with novel dynamic fixation versus lumbar spinal fusion alone in the prevention of adjacent segment degeneration (ASD) after treating lumbar spinal stenosis. **Methods** A total of 40 patients with lumbar spinal stenosis admitted to the First People's Hospital of Chenzhou from December 2019 to April 2021 were selected and divided into two groups, with 20 cases

收稿日期: 2022-07-15

* 基金项目: 湖南省自然科学基金面上项目(No: 2021JJ31010); 郴州市科技创新能力培育计划(No: zdyf201934)

[通信作者] 李劲松, E-mail: jinsongli_csu@163.com; Tel: 0731-88618826

in each group. The group A was treated with lumbar spinal fusion and novel dynamic fixation, while the group B was treated with lumbar spinal fusion alone. The Visual Analogue Scale (VAS) scores, Oswestry Disability Index (ODI), and the intervertebral space ratio (ISR), lumbar spine range of motion (ROM) and Pfirrmann classification of adjacent segments before, and 1 day, 3 months, 6 months and 12 months after the operation were analyzed and compared between the two groups. **Results** The VAS score and ODI before, and 1 day, 3 months, 6 months and 12 months after the operation in the two groups were compared via repeated measures analysis of variance, and the results showed that the VAS score and ODI were different among the time points ($F = 575.55$ and 1436.967 , both $P = 0.000$). There was no significant difference in VAS score or ODI between the two groups at different time points ($F = 2.402$ and 1.952 , $P = 0.129$ and 0.171). The change trends of VAS score and ODI were different between the two groups ($F = 6.469$ and 9.116 , both $P = 0.000$). The ISR, lumbar spine ROM and Pfirrmann classification of adjacent segments before, and 1 day, 3 months, 6 months and 12 months after the operation in the two groups were also compared via repeated measures analysis of variance, which revealed that ISR and lumbar spine ROM ($F = 65.454$ and 614.002 , both $P = 0.000$) rather than Pfirrmann classification ($F = 1.221$, $P = 0.305$) of adjacent segments were different among the time points and that they were all discrepant between the two groups ($F = 31.005$, 649.492 and 18.185 , all $P = 0.000$). Besides, the change trends of them differed between the two groups ($F = 7.420$, 213.145 and 19.963 , all $P = 0.000$). **Conclusions** For the treatment of lumbar spinal stenosis, novel dynamic fixation effectively preserves the lumbar spine ROM, maintains the intervertebral height of adjacent segments, redistributes the mechanical load on the intervertebral disc of adjacent segments, and improves the clinical symptoms and prognosis of patients after lumbar spinal fusion.

Keywords: lumbar spinal stenosis; adjacent segment degeneration; dynamic fixation; spinal fusion

腰椎退变性疾病是影响中老年人生活质量的常见的骨骼肌肉系统疾病。1911年ALBEE^[1]采用脊柱融合术治疗脊柱结核,提出了椎体融合术的概念。1911年HIBBS^[2]首次报道了腰椎后侧融合术,有了脊柱融合术的雏形。脊柱融合术以其显著的疗效和较少的并发症被广泛应用于多种腰椎退变性疾病的治疗。脊柱融合术依赖于后路刚性钉棒内固定,可为脊柱融合提供即刻稳定,同时联合椎间植骨可以将脊柱病变节段融合,形成力学上的有机整体,达到减压的目的,并有效重建脊柱的稳定性。随着老年人口增加,我国脊柱融合手术量显著攀升。然而,脊柱融合术在成功治疗腰椎退变性疾病的同时,加速其邻近节段退变(adjacent segment degeneration, ASD)的弊端也逐渐凸显。1988年LEE^[3]首先报道了脊柱融合术后发生ASD。脊柱融合术后会导应力重分布,增加相邻节段椎间盘内压力,这些生物力学变化可导致ASD。ASD也是影响脊柱融合术中远期临床疗效的主要原因之一。有报道称,脊柱融合术后ASD的发生率为5.2%~18.5%^[4]。近年来,为减少脊柱融合手术后发生ASD,多种手术方式被应用于腰椎退行性疾病的治疗,邻近椎体动态固定技术可以减少脊柱融合术后发生ASD的风险。K-Rod动态固定系统是近年来出

现的一种新型经椎弓根动态固定装置,其通过弹性棒固定于椎弓根螺钉尾部,发挥动态固定的作用,维持脊柱生物学功能,延缓ASD进展,但远期疗效仍有待进一步观察^[5]。Isobar动态固定系统是一种基于椎弓根螺钉的动态内固定装置,其微动棒包含1个受控微动关节,该微动关节具有 $\pm 2.25^\circ$ 的伸屈及侧屈(多向)三维活动度,以及最大0.4 mm的轴向压缩和拉伸,起到震荡吸收器的作用,从而达到动态稳定的目的。该技术被证实可以有效预防ASD^[6]。

本研究拟对一种新型弹性动态连接棒的后路杂交内固定手术方式进行临床观察,比较脊柱融合辅以邻近节段弹性棒动态固定与单纯脊柱融合治疗腰椎椎管狭窄症ASD的临床疗效。探讨该弹性棒动态固定治疗腰椎椎管狭窄症ASD的可行性与有效性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2019年12月—2021年4月在郴州市第一人民医院行手术治疗的40例腰椎椎管狭窄患者。将其随机分为A、B组,每组20例。A组行脊柱融合辅以邻近节段弹性棒动态固定,B组行单纯脊柱融

合。两组患者性别构成、年龄、病变节段构成比较,差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。随访时间均达到 12 个月。见表 1。

表 1 两组一般资料比较 ($n=20$)

组别	男/女/例	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	病变节段/例			随访时间/ (月, $\bar{x} \pm s$)
			L ₃ /L ₄	L ₄ /L ₅	L ₅ /S ₁	
A 组	8/12	50.25 ± 6.2	6	7	7	14.05 ± 1.5
B 组	9/11	48.75 ± 5.26	5	8	7	14.7 ± 2.49
t/χ^2 值	0.463	0.756	0.384			0.4737
P 值	0.396	0.876	0.475			0.564

1.2 纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准 ①年龄 42 ~ 62 岁;②术前诊断为腰椎管狭窄症、腰椎间盘突出症;③术前完善 X 射线、CT 和 MRI 等检查,诊断存在 1 个责任节段椎间盘退变或者狭窄,同时伴有 ASD;④邻近节段椎间盘退变程度 Pfirrmann 分级 ≥ 3 级,但不引发症状;⑤保守治疗 ≥ 6 个月无效,需行手术治疗。

1.2.2 排除标准 ①非腰椎管狭窄症、腰椎间盘突出症等疾病,如严重骨质疏松骨折、脊柱滑脱、脊柱肿瘤、脊柱感染及结核;②既往有腰椎手术史,合并其他内科疾病无法耐受手术;③多节段椎间盘突出及狭窄;④责任节段不明确;⑤患者依从性差,无法配合随访。

1.3 手术方法

患者全身麻醉,取俯卧位于脊柱外科专用手术台上,常规手术消毒铺巾,取后正中切口,紧贴棘突,沿骨膜下剥离显露至双侧小关节外侧缘,保护小关节囊,双侧置入合适直径及长度的椎弓根螺钉,对退变严重的责任节段行常规椎管减压、椎间盘切除,仔细处理好上、下软骨板,将切除的自体关节突、椎板等骨组织修剪成骨粒并填充到椎间隙,选择 PEEK 材料融合器置入椎间隙。A 组:在拟保护的邻近退变节段置入一端为动态固定的弹性连接棒,实现动态-非动态组合椎弓根螺钉固定,锁紧螺钉。B 组:仅对退变严重的责任节段采用后路单节段减压椎间融合内固定术,其融合术式 A 组相同,钛钉棒系统固定,相邻退变节段不予动态固定,生理

盐水冲洗术野,充分止血,放置引流管,关闭切口。

1.4 术后处理

两组手术后常规使用抗生素预防感染,并用营养神经药物进行对症支持治疗,引流量 < 50 mL/d 时拔除引流管,术后第 5 天佩戴腰部支具少量下床活动,术后 1 个月开始逐步恢复腰背部肌肉功能锻炼。

1.5 随访及术后评估

比较两组患者术前及术后 1 d、3 个月、6 个月、12 个月的临床疗效。分析两组患者腰痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、腰椎 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI)、术后固定节段和动态固定邻近节段椎间隙高度比值 (intervertebral space ratio, ISR)、邻近节段腰椎活动度 (range of motion, ROM)、邻近节段椎间盘退变 Pfirrmann 分级的变化。ISR:前后椎间隙高度之和的一半与上位椎体前缘高度的比值。ROM:分别测量 X 射线检查腰椎过伸、过屈侧位相应节段椎间隙上下终板延长线形成的夹角,前者与后者之差即为该节段的椎间活动度。Pfirrmann 分级:在腰椎 MRI 矢状位 T₂ 相上采用 Pfirrmann 分级对邻近节段椎间盘的退变程度进行评定。

1.6 统计学方法

数据分析采用 SPSS 20.0 统计软件。计量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,比较用 t 检验或重复测量设计的方差分析;计数资料以构成比或率 (%) 表示,比较用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者手术前后 VAS 评分、ODI 的变化

两组患者术前及术后 1 d、3 个月、6 个月、12 个月的 VAS 评分、ODI 比较,采用重复测量设计的方差分析,结果:①不同时间点 VAS 评分、ODI 有差异 ($F=575.55$ 和 1436.967 , 均 $P=0.000$);②A 与 B 组 VAS 评分、ODI 无差异 ($F=2.402$ 和 1.952 , $P=0.129$ 和 0.171);③两组 VAS 评分、ODI 变化趋势有差异 ($F=6.469$ 和 9.116 , 均 $P=0.000$)。A 组术后 12 个月 VAS 评分、ODI 低于 B 组 ($P < 0.05$)。见表 2。

表2 两组患者不同时间点VAS评分、ODI比较 (n=20, 分, $\bar{x} \pm s$)

组别	VAS评分					ODI				
	术前	术后1d	术后3个月	术后6个月	术后12个月	术前	术后1d	术后3个月	术后6个月	术后12个月
A组	6.85 ± 0.58	2.2 ± 0.77	2.1 ± 0.64	2.35 ± 0.49	2.2 ± 0.52	68.1 ± 5.5	22.8 ± 3.3	22.2 ± 2.59	24 ± 2.60	24.3 ± 2.53
B组	6.8 ± 0.62	2.25 ± 0.72	2.15 ± 0.59	2.3 ± 0.47	3.15 ± 0.67 [†]	67.2 ± 5.56	22.6 ± 3.05	22.5 ± 2.41	23.2 ± 1.99	30.8 ± 4.92 [†]

注: †与A组比较, $P < 0.05$ 。

2.2 两组患者手术前后ISR、ROM、Pfirrmann分级的变化

两组患者术前及术后1d、3个月、6个月、12个月的ISR、ROM、Pfirrmann分级比较,采用重复测量设计的方差分析,结果:①不同时间点ISR、ROM有差异($F=65.454$ 和 614.002 ,均 $P=0.000$),Pfirrmann分级无差异($F=1.221$, $P=0.305$);②A组与B组ISR、ROM、Pfirrmann分级有差异($F=31.005$ 、 649.492 和

18.185 ,均 $P=0.000$);③两组ISR、ROM、Pfirrmann分级变化趋势有差异($F=7.420$ 、 213.145 和 19.963 ,均 $P=0.000$)。A组术后12个月与术前ISR比较,差异无统计学意义($P > 0.05$);A组术后12个月ISR高于B组($P < 0.05$)。A组术后各时间点ROM低于术前和同时期的B组($P < 0.05$)。A组术后各时间点Pfirrmann分级低于同时期的B组($P < 0.05$)。见表3。

表3 两组不同时间点ISR、ROM、Pfirrmann分级比较 (n=20, $\bar{x} \pm s$)

组别	ISR					ROM				
	术前	术后1天	术后3个月	术后6个月	术后12个月	术前	术后1天	术后3个月	术后6个月	术后12个月
A组	0.34 ± 0.04	0.41 ± 0.03	0.40 ± 0.03	0.39 ± 0.02	0.37 ± 0.02 ^①	6.86 ± 0.37	4.11 ± 0.38 ^①	3.98 ± 0.30 ^①	3.82 ± 0.25 ^①	3.49 ± 0.24 ^①
B组	0.33 ± 0.04	0.39 ± 0.02	0.38 ± 0.01	0.37 ± 0.01	0.32 ± 0.02 ^②	6.78 ± 0.38	6.52 ± 0.26 ^②	6.25 ± 0.18 ^②	5.97 ± 0.21 ^②	5.55 ± 0.30 ^②

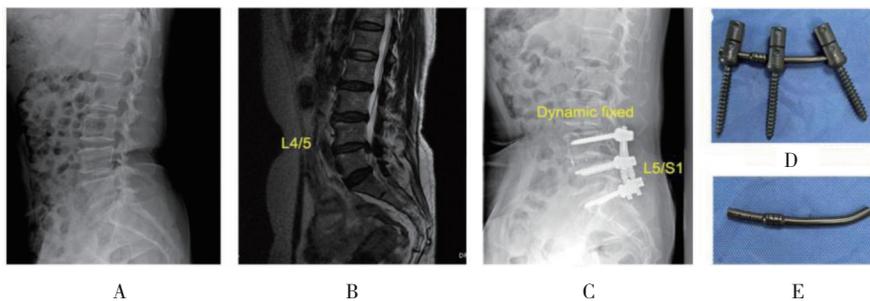
组别	Pfirrmann分级				
	术前	术后1天	术后3个月	术后6个月	术后12个月
A组	3.45 ± 0.51	3.40 ± 0.50	3.15 ± 0.37	3.10 ± 0.30	3.00 ± 0.32
B组	3.40 ± 0.50	3.55 ± 0.60 ^②	3.65 ± 0.59 ^②	3.95 ± 0.51 ^②	4.05 ± 0.39 ^②

注: ①与术前比较, $P < 0.05$; ②与A组比较, $P < 0.05$ 。

2.3 典型病例

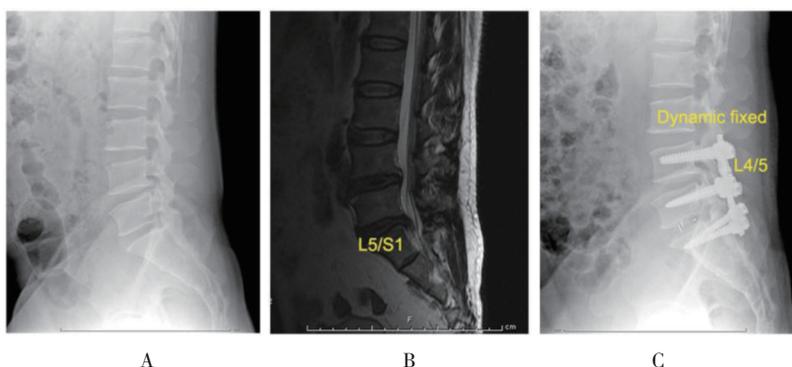
47岁女性患者,因L₄/L₅腰椎椎管狭窄,行L₄/L₅椎管减压融合,邻近节段L₅/S₁行弹性棒动态固定。动态随访观察L₄/L₅、L₅/S₁椎间隙高度维持良好,邻近节段L₅/S₁椎间盘退变未加重。见图1。

53岁男性患者,因L₅/S₁腰椎椎管狭窄,行L₅/S₁椎管减压融合,邻近节段L₄/L₅行弹性棒动态固定。动态随访观察L₄/L₅、L₅/S₁椎间隙高度维持良好,邻近节段L₄/L₅椎间盘退变未加重。见图2。



A: 术前X射线检查; B: 术前MRI; C: 术中行L₄/L₅椎管减压融合,邻近节段L₅/S₁行弹性棒动态固定; D: 弹性钉棒; E: 弹性棒。

图1 典型病例



A: 术前X射线检查; B: 术前MRI; C: 术中行L₄/S₁椎管减压融合, 邻近节段L₄/L₅行弹性棒动态固定。

图2 典型病例

3 讨论

ASD 是脊柱融合手术的一个潜在的长期并发症^[7]。脊柱融合术后, 80% 患者发生 ASD。脊柱融合术后发生 ASD 的危险因素包括年龄、遗传因素、高体重指数、既往存在 ASD、相邻节段椎板切除术、融合节段过度撑开、腰椎前凸程度不足、多节段固定等。既往研究报道, ASD 与临床预后有相关性^[8]。ASD 导致神经压迫, 出现神经根性症状引起腰腿部疼痛, 甚至需要手术进行干预。固定融合术后 10 年随访发现 ASD 的发生率为 5.2% ~ 36.1%^[9]; 当 ASD 患者保守治疗失败后, 36% 患者需要翻修手术, 如预后较差, 最终可能进展为失败综合征^[9]。

因此, 为避免或延缓融合术后 ASD 的出现, 在邻近节段采用动态固定进行保护的技术应运而生。新型非融合技术在融合节段和头侧可移动的融合节段之间提供一个过渡区^[10]。邻近节段进行动态固定的设想是通过提供接近生理状态的载荷传导和控制异常的位移来减轻甚至避免相邻节段的退变; 动态固定系统不仅可以稳定固定节段, 而且可以保留腰椎的部分活动度, 降低邻近节段地应力负荷, 有效避免和延缓 ASD 导致的神经压迫症状发生。腰椎后路动态固定装置主要分为棘突间动态固定装置, 如 Coflex 的 Wallis 系统^[11]; 另一类则是基于椎弓根螺钉的动态固定系统, 包含椎弓根螺钉-韧带系统、半刚性椎弓根螺钉固定系统、动态椎弓根螺钉和特殊材料连接棒系统, 如 PEEK 棒系统^[12]。陈小龙等^[13]对 35 例患者行脊柱融合联合棘突间 Coflex 置入术, 结果显示 Coflex 置入节段稳定性良好, 可保留动态固定节段的运动功能, 而且能限制上位相邻节段的异常活动。有研究结果表明, Coflex 置入节段承担近端腰椎部分

活动与应力, 对腰椎矢状面平衡有一定的保护作用, 有助于减缓邻近节段退变^[14]。有研究报道, 腰椎后路融合联合邻近节段 K-Rod 动态固定术治疗腰椎退行性疾病近期疗效明确, 能够维持一定的脊柱生物学功能, 并延缓 ASD 进展, 但远期疗效需要进一步观察^[5]。有研究报道, 辅助 Isobar 动态固定近期疗效较好, 至末次随访, 邻近保护节段退变未见进展。

动态固定技术虽然限制了脊柱伸展、屈曲和侧弯的运动, 但与完整脊柱相比, 不能完全补偿旋转运动的增加。与此同时, 动态固定技术使相邻水平的椎间盘内压力降低, 并对邻近节段椎间盘退变有一定的预防作用^[15]。临床上腰椎椎管狭窄节段的相邻节段出现椎间盘退变时, 脊柱外科医生需判断其可能罹患 ASD 疾病的风险, 如仅融合固定症状节段, 风险将会转移至邻近节段, 是否行邻近节段动态固定是手术医师应该考虑的问题。本研究采用的装置与 Isobar 装置类似, 椎弓根螺钉弹性棒动态固定术改变腰椎运动节段载荷模式, 解决应力集中问题, 减轻邻近节段椎间盘承受的载荷, 避免或减缓 ASD 的发生。本研究结果表明, 动态固定节段可以维持腰椎活动度和邻近节段腰椎的高度, 延缓邻近节段椎间盘退变, 降低 Pfirrmann 分级。

弹性动态脊柱固定系统是一种安全有效的手术方式, 可以维持椎间隙高度, 稳定固定节段, 有效改善腰椎椎管狭窄 ASD 患者的临床症状和预后, 为预防 ASD 提供新的治疗策略。

参 考 文 献 :

- [1] ALBEE F H. Transplantation of a portion of the tibia into the spine for Pott's disease: a preliminary report[J]. JAMA, 1911, 57(11): 885-886.

- [2] HIBBS R A. An operation for progressive spinal deformities: a preliminary report of three cases from the service of the orthopaedic hospital[J]. N Y Med J, 1911, 93(21): 1013-1016.
- [3] LEE C K. Accelerated degeneration of the segment adjacent to a lumbar fusion[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1988, 13(3): 375-377.
- [4] HASHIMOTO K, AIZAWA T, KANNO H, et al. Adjacent segment degeneration after fusion spinal surgery-a systematic review[J]. Int Orthop, 2019, 43(4): 987-993.
- [5] 岳兵, 蒋国强, 卢斌, 等. K-Rod 脊柱动态稳定系统在多节段腰椎退行性疾病中的临床应用[J]. 中国骨伤, 2015, 28(11): 988-993.
- [6] 黄文强, 邵高海, 李波, 等. MRI 辅助髓核容积测量评价 ISOBAR TTL 动态内固定系统对固定节段邻近椎间盘退变影响的临床研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2016, 30(7): 855-860.
- [7] WANG T, DING W Y. 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.
- [8] FARSHAD M, FURRER P R, WANIVENHAUS F, et al. Musculoskeletal biomechanics of patients with or without adjacent segment degeneration after spinal fusion[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2021, 22(1): 1038.
- [9] JEONG T S, SON S, LEE S G, et al. Comparison of adjacent segment disease after minimally invasive versus open lumbar fusion: a minimum 10-year follow-up[J]. J Neurosurg Spine, 2022, 36(4): 525-533.
- [10] FUSTER S, MARTÍNEZ-ANDA J J, CASTILLO-RIVERA S A, 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.
- [11] MO Z M, LI D, ZHANG R W, et al. Comparative effectiveness and safety of posterior lumbar interbody fusion, Coflex, Wallis, and X-stop for lumbar degenerative diseases: a systematic review and network meta-analysis[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2018, 172: 74-81.
- [12] PUTZIER M, HOFF E, TOHTZ S, et al. Dynamic stabilization adjacent to single-level fusion: part II. No clinical benefit for asymptomatic, initially degenerated adjacent segments after 6 years follow-up[J]. Eur Spine J, 2010, 19(12): 2181-2189.
- [13] 陈小龙, 海涌, 关立, 等. Topping-off 手术治疗腰椎退行性疾病的影像学分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2015, 25(1): 6-12.
- [14] 李冬月, 海涌, 孟祥龙, 等. Topping-off 与融合固定治疗退行性腰椎疾病的临床疗效及邻近节段退变的对比研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2017, 25(11): 967-973.
- [15] WANG W, KONG C, PAN F M, et al. Biomechanical comparative analysis of effects of dynamic and rigid fusion on lumbar motion with different sagittal parameters: an *in vitro* study[J]. Front Bioeng Biotechnol, 2022, 10: 943092.

(童颖丹 编辑)

本文引用格式: 周若舟, 房佐忠, 邓国兵, 等. 腰椎弹性棒动态固定治疗腰椎椎管狭窄邻近节段退变的疗效分析[J]. 中国现代医学杂志, 2022, 32(24): 85-90.

Cite this article as: ZHOU R Z, FANG Z Z, DENG G B, et al. Efficacy of novel dynamic fixation for the prevention of adjacent segment degeneration after treating lumbar spinal stenosis[J]. China Journal of Modern Medicine, 2022, 32(24): 85-90.