

·临床研究·

Wallis 棘突间动态稳定系统对缓解腰椎融合术后邻近节段退变的临床疗效分析

徐建平¹, 易红蕾², 李明², 石志才², 栗景峰², 赵颖川², 林国兵¹, 王怀云¹, 沈峰¹

(1. 南京军区福州总医院第一附属医院骨科, 福建 莆田 351100; 2. 第二军医大学附属长海医院脊柱外科, 上海 200433)

【摘要】 目的: 在行腰椎管减压融合的手术中, 置入 Wallis 棘突间稳定系统, 分析其缓解邻近节段腰椎退变的疗效。方法: 自 2007 年 7 月至 2009 年 7 月, 采用腰椎后路减压融合内固定术治疗腰椎退变性疾病患者 40 例(男 16 例, 女 24 例, 年龄 25~60 岁), 其中 20 例患者行腰椎后路减压融合内固定术的同时于具有退变趋势的邻近节段置入棘突间稳定系统 Wallis 固定(试验组), 其余 20 例单纯行腰椎后路减压融合内固定术(对照组)。分别于置入后 1 个月、3 年对两组患者进行术后的 JOA 评分和目测类比评分(VAS), 同时测量并计算两组患者手术前后邻近节段椎间隙高度和椎管面积的变化情况。结果: 40 例患者均获得随访, 时间 3~5 年, 平均 3.6 年。40 例患者伤口均 I 类甲级愈合, 术后疼痛情况均较术前缓解。两组患者置入后 1 个月 JOA 及 VAS 评分比较差异无统计学意义($P>0.05$); 术后 3 年 JOA 及 VAS 评分比较差异有统计学意义($P<0.05$)。两组患者术后 1 个月邻近节段椎间隙高度、椎管面积变化比较差异无统计学意义($P>0.05$); 术后 3 年邻近节段椎间隙高度、椎管面积变化比较差异有统计学意义($P<0.05$)。结论: 两种术式即刻效果无差异, 均能取得良好的效果, 此效果主要依赖于手术有效的减压。试验组中期效果明显优于对照组, 主要是棘突间稳定系统 Wallis 发挥良好的生物学作用, 有效减缓了因腰椎融合术导致的邻近节段的加速退变。

【关键词】 腰椎; 脊柱融合术; 外科减压术

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2013.12.009

Clinical application of Wallis interspinous dynamic stabilization in treating adjacent segment degeneration (ASD) after lumbar spinal fusion XU Jian-ping, YI Hong-lei*, LI Ming, SHI Zhi-cai, LI Jing-feng, ZHAO Ying-chuan, LIN Guo-bing, WANG Huai-yun, and SHEN Feng. *Department of Spinal Surgery, Changhai Hospital Affiliated to the Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

ABSTRACT Objective: To evaluate therapeutic effects of Wallis interspinous dynamic stabilization in treating ASD after lumbar spinal fusion. **Methods:** Totally 40 patients (included 16 males and 24 females, aged 25 to 60 years old) with degenerative disc disease were treated with posterior interbody fusion. Among them, 20 cases (treatment group) were treated with posterior interbody fusion combined with Wallis interspinous dynamic stabilization, while other 20 cases (control group) only treated with posterior interbody fusion. JOA score and VAS score were compared after inserted Wallis interspinous dynamic stabilization at 1 month and 3 years, and changes of intervertebral disc height of adjacent segment and cross-sectional area of the canal were tested and compared. **Results:** All patients were followed up from 3 to 5 years with an average of 3.6 years. All injuries were healed at stage I and the pain were released after treatment. There were no significant meaning in JOA score and VAS score at 1 month after treatment between two groups ($P>0.05$), while had meaning at 3 years ($P<0.05$). There were no statistical significance in intervertebral disc height of adjacent segment and cross-sectional area of the canal at 1 month after treatment ($P>0.05$), while had statistical meaning at 3 years ($P<0.05$). **Conclusion:** There is no difference in immediate effects between two groups. Both of them can obtain good results for effective decompression. Medial-term effectiveness of treatment group is obviously better than control group, which depends on Wallis interspinous dynamic stabilization to plays good biology effects and effective accelerate adjacent degeneration caused by lumbar fusion.

KEYWORDS Lumbar vertebrae; Spinal fusion; Decompression surgical

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2013, 26(12): 1005-1009 www.zggszz.com

腰椎退变性疾病在老年人群中发病率很高, 同时也是导致长期慢性腰腿痛的原因之一。在对脊柱

退变失稳所引起的疼痛治疗中, 融合固定术是采用的常用方法。然而越来越多的临床研究发现, 融合术后增加了相邻节段的负荷压力, 从而加速其退变, 导致手术相邻节段椎间盘晚期出现退变症状^[1]。随着

非刚性固定技术的发展, 棘突间稳定系统固定和全椎间盘置换在脊柱非融合治疗中逐渐得到重视。非融合技术与传统融合手术的结合, 能否解决一直困扰着我们的融合术后邻近节段加速退变的无奈呢? 笔者对 2007 年 7 月至 2009 年 7 月收治的 40 例腰椎退变性疾病患者进行回顾性分析, 其中 20 例行腰椎后路减压融合内固定术的同时于具有退变趋势的邻近节段置入棘突间稳定系统 Wallis 固定 (试验组), 其余 20 例单纯行腰椎后路减压融合内固定术 (对照组), 分析比较融合固定加棘突间稳定系统 Wallis 固定对缓解邻近节段退变的临床疗效。

1 资料与方法

1.1 临床资料 本组 40 例, 男 16 例, 女 24 例。纳入标准: 腰椎退变性疾病, 单节段椎间盘突出、椎管狭窄, 邻近节段具有退变趋势; 年龄 25~60 岁; 体质指数 20~26 kg/m²。两组患者治疗前一般资料比较差异无统计学意义, 具有可比性, 见表 1。

1.2 材料选择 棘突间稳定系统 Wallis, 由美国 Zimmer 公司生产。

1.3 治疗方法 麻醉成功后, 患者取俯卧位, 40 例患者均于病变节段行腰椎后路椎板减压、椎间融合、椎弓根螺钉内固定术。其中试验组在此手术基础上, 在具有退变趋势的邻近节段置入棘突间稳定系统 Wallis 固定。Wallis 置入过程如下: 将棘上韧带从准备固定的上下 2 个棘突上剥离, 切除固定节段内的棘间韧带。选择合适大小的棘间垫假体, 用椎板撑开器帮助试模植入相应的棘间隙, 用捆绑带钩将捆绑带远端的小孔套在其凹槽内, 将捆绑带钩穿过需要固定节段的上下棘间韧带, 并尽可能靠近棘突的上缘, 捆绑带顺着锁扣最终拟定的位置显示其上指向棘间垫中心的箭头方向插入锁扣, 并将锁扣逆时针旋转 360°使旋转后的 2 层锁带完全平行的就位于锁扣内, 用锁扣夹钳施压使锁扣上的 4 个小柱子同时卡进棘间垫上与之相应的凹槽内。初步拉紧捆绑带以确保在最终锁紧前 2 条捆绑带处于最佳位置。选好适合的固定卡安装到锁紧器导向杆, 最后再将转矩手柄安装在锁紧器导向杆的另一端, 将 2 个锁紧器分别通过导向杆上的相应通道, 左右 2 条捆绑带

再从锁紧器的远端开口处穿出, 利用转矩手柄和锁紧器最终锁紧捆绑带。术后 3 d 常规应用头孢类抗生素及甘露醇、小剂量激素, 酌情使用营养神经药物; 下肢直腿抬高训练防神经根粘连, 绝对卧床 4 周, 4 周后戴弹力腰围下床。

1.4 观察项目与方法

1.4.1 JOA 及 VAS 评分 术后 1 个月及术后 3 年分别对两组患者进行 JOA^[2]、VAS^[2]评分。Joa 评分根据体格检查情况进行(0~29 分), 主要包括: ①主观症状(下腰背痛、腿痛兼或麻刺痛、步态); ②临床体征(直腿抬高试验、感觉障碍、运动障碍); ③日常活动受限度; ④膀胱功能。评分越高, 则患者的功能状态越好。VAS 评分根据患者所有的疼痛症状利用目测类比评分(visual analogue scale, VAS)进行评价, 0~3 分有轻微疼痛, 可以忍受, 不影响休息; 4~6 分疼痛影响休息了, 应给予一定的处理; 7~10 分疼痛难以忍受, 影响食欲, 影响睡眠。

1.4.2 邻近节段椎间隙高度及椎管面积的变化观察 椎间隙高度(R)是一个比值, 为材料植入后责任节段的椎间隙高度(前缘和后缘的均值)/材料植入前责任节段的椎间隙高度, 说明的是采用非融合技术植入 Wallis 材料后对于侵入性手术后椎间隙高度的一个保护值, 通过观察腰椎手术前后各种体位下 R 值的变化可以反应出对于脊柱腰椎运动节段的力学稳定性保护。平均椎管面积(S)是通过 CT 影像学资料测量得到, 直接说明椎管的硬膜受压情况, 可以反映出腰椎在应力作用下神经受压的情况。以上数值均由计算机在影像学资料扫描后获得。采用 Photoshop 图像分析软件对图像进行比例校正和边缘加强等处理, 测量腰椎受测节段随机 3 个切面椎管面积的均值。

1.5 统计学处理 采用 SPSS 13.0 统计软件进行统计处理, 术后 JOA、VAS 评分采用两独立样本 t 检验; 邻近节段椎间隙高度保持度、椎管面积的变化采用配对 t 检验, 数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

本组 40 例患者, 均未发现因安装技术原因而引

表 1 两组腰椎退变性疾病患者治疗前一般资料比较

Tab 1 Comparison of general data between two groups of patients with degenerative disc disease before treatment

组别	例数	性别(例)		年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	病程($\bar{x} \pm s$, 月)	JOA 评分($\bar{x} \pm s$, 分)	VSA 评分($\bar{x} \pm s$, 分)
		男	女				
对照组	20	8	12	40.9±3.7	13.9±3.7	9.8±0.8	6.1±0.3
试验组	20	8	12	41.5±2.7	15.1±3.7	10.2±0.2	5.9±0.8
检验值	-	$\chi^2=0.077$		$t=41.186$	$t=14.086$	$t=10.051$	$t=6.012$
P 值	-	0.781		0.390	0.281	0.479	0.211

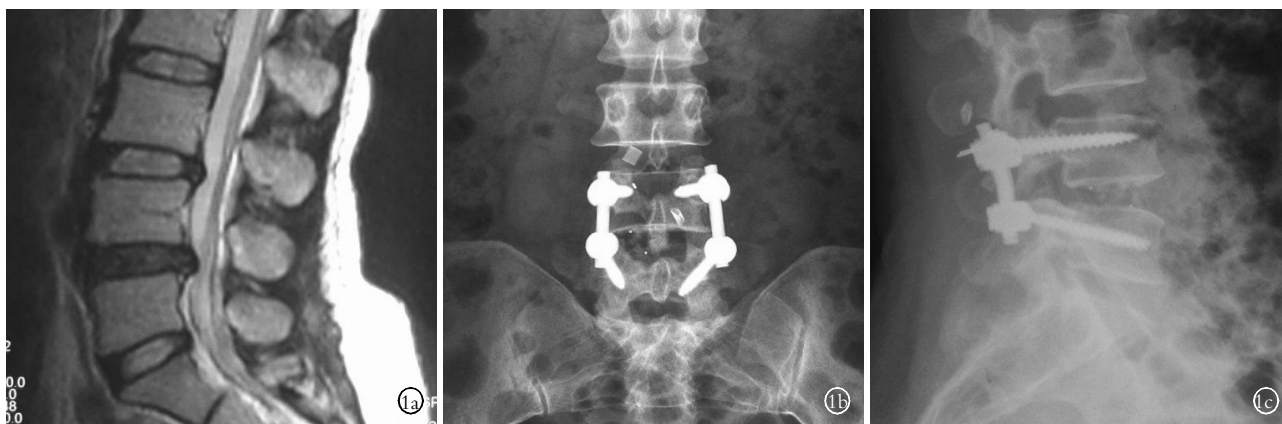


图 1 患者,男,45 岁,L_{4,5} 节段腰椎退变 1a. 术前腰椎 MRI 示 L_{4,5} 节段腰椎退变,邻近节段具有退变趋势 1b,1c. 行腰椎后路减压、L_{4,5} 椎间融合内固定加 L_{3,4} 节段 Wallis 系统内固定术;术后 3 年复查正侧位 X 线示腰椎内固定在位,椎间隙高度保持良好

Fig.1 A 45-year-old male patient with L_{4,5} degeneration 1a. Preoperative MRI showed L_{4,5} degeneration, adjacent segment trended with degeneration 1b,1c. Posterior decompression, L_{4,5} fusion combined with fixation, and L_{3,4} fixation with Wallis system were performed; Postoperative X-ray at 3 years showed fixation was in good position and the intervertebral disc height sustained well

起腰椎后凸的病例,亦无因棘突受力不均引起棘突骨折的病例,同时亦无假体脱出的病例。典型病例棘突间稳定系统 Wallis 置入前后影像学表现见图 1。

术后 1 个月试验组、对照组 VAS 评分分别为 0.12±0.21, 0.15±0.42, 两组比较差异无统计学意义 (P>0.05); 术后 3 年随访, 试验组、对照组 VAS 评分分别为 0.37±0.92, 3.36±1.21, 两组比较差异有统计学意义 (P<0.05)。术后 1 个月 JOA 评分试验组、对照组分别为 25.15±1.61 和 25.10±1.67, 两组比较差异无统计学意义 (P>0.05); 术后 3 年随访, 两组 JOA 评分比较差异有统计学意义 (P<0.05), 见表 2。

表 2 两组腰椎退变性疾病患者术后 3 年 JOA 各项评分变化 (x̄±s, 分)

Tab.2 Comparison of postoperative JOA scores at 3 years between two groups of patients with degenerative disc disease (x̄±s, score)

组别	病例数	主观症状	临床体征	日常活动受限度	总分
试验组	20	7.12±1.11	5.10±0.36	12.89±1.03	25.85±1.23
对照组	20	6.21±1.09	4.31±0.46	11.59±1.07	21.66±2.18
t 值	-	6.18	4.76	11.13	23.16
P 值	-	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

两组患者术后 1 个月、术后 3 年, 测量邻近节段椎间隙高度、椎管面积的变化情况见表 3。两组患者术后 1 个月邻近节段椎间隙高度、椎管面积变化比较差异无统计学意义 (P>0.05); 术后 3 年邻近节段椎间隙高度、椎管面积变化比较差异有统计学意义 (P<0.05)。

3 讨论

两组患者在手术早期均有较好的效果, 这主要取决于手术有效的减压。试验组由于邻近节段棘突间置入了稳定系统 Wallis, 通过棘间垫限制后伸, 捆

表 3 两组腰椎退变性疾病患者术后 1 个月及术后 3 年邻近节段椎间隙高度和椎管面积变化

Tab.3 Comparison of intervertebral disc height of adjacent segment and cross-sectional area of the canal at 1 month and 3 years after treatment

组别	例数	椎间隙高度 (x̄±s, mm)		椎管面积 (x̄±s, mm ²)	
		术后 1 个月	术后 3 年	术后 1 个月	术后 3 年
试验组	20	96.30±2.20	96.10±4.20	229.30±20.20	226.30±42.20
对照组	20	95.10±1.80	82.40±2.70	233.20±17.80	190.40±21.70
t 值	-	1.121	31.106	1.061	33.315
P 值	-	>0.05	<0.05	>0.05	<0.05

绑带限制前屈来达到对脊椎实施稳定, 有效限制腰椎活动度, 增加腰椎力学稳定性, 有效改善了因腰椎融合引发的邻近节段生物力学的改变。使手术的中期效果优于对照组, 从而明显减缓了融合术后邻近节段腰椎退行性变进程。

3.1 非融合势在必行 传统手术方式并发症多, 非融合势在必行, 在对脊柱退变失稳所引起的疼痛治疗中, 采用融合固定术是治疗的常用方法^[3-4]。但也有继发多种并发症的潜在危险, 随着该技术的广泛开展和患者的长期随访, 许多报道腰骶椎内固定融合术后应力集中导致相邻节段退变 (简称 ASD)^[5]。Ghiselli 等^[6]发现有症状的 ASD 发生率 5 年为 16.5%, 10 年为 36.1%。脊柱融合术的患者 49% 术后 5 年出现 ASD, 上位间隙出现率高于下位间隙, 椎间融合比后外侧融合更容易发生 ASD, 女性多于男性。脊柱融合后, 该运动节段完全不能活动, 则相邻节段被迫需要更多的前屈和后伸代偿使用器械间隙活动度的缺失。针对这点, 近年来许多学者提出了“动态稳定”的概念, 即在脊柱固定融合的手术中, 于邻近节段通过动态固定系统, 在保留腰椎活动度的同时, 又缓解了应力的相对集中, 达到减缓邻近节段退变的效果。本

试验主要通过研究 40 例腰椎不稳性退变的患者, 在进行腰椎融合固定的手术中, 于邻近节段置入棘突间稳定系统 Wallis, 是否能缓解邻近节段腰椎退变的疗效分析。

3.2 Wallis 优势明显 Wallis 器械是研究历史最悠久的棘突间非融合内固定系统, 它是按照微创植入和撑开原理设计的, 钛内固定器置于棘突间, 而两侧涤纶索带缠绕相邻棘突提供张力稳定。最初是由钛内固定器和 2 条涤纶索带组成的棘突间动力化固定装置。近年 S negas 等^[7]以聚醚醚酮(PEEK)为原料代替钛合金发明了第 2 代 Wallis 器械。新固定器具有更好的弹性(PEEK 弹性是钛的 30 倍), 其主要通过撑开力降低后方纤维环的负荷发挥作用。由于垫块在棘突之间起支撑作用, 减少了腰椎小关节所受到的压应力, 小关节处脊神经后根内侧支的压迫及刺激直接解除; 同时, 上下棘突被弹性固定在一起, 通过杠杆的原理, 减少了前柱椎间盘内压力, 降低了纤维环所受到的应力负荷, 可有效降低椎间盘突出物的复发率^[8]。该系统还可减轻黄韧带向椎管突出的程度, 垂直牵拉相邻节段椎体增加椎间孔直径^[9-11], 避免神经根受压。目前该器械已被美国 FDA 批准进行临床试验。

生物力学研究表明 Wallis 系统可以限制 35% 的椎间活动, 提高 1.5 倍固定节段的强度, 对椎骨没有永久的固定, 它可以增加失稳节段的稳定性。腰椎棘突间动态稳定内固定技术避免相邻节段退变加速, 在一定程度上腰椎棘突间动态稳定促使椎间盘组织发生了部分的逆转, 即髓核组织的重新水合。

腰椎棘突间动态稳定系统的手术植入过程简单、安全, 组织结构创伤小, 出血少, 住院时间短, 患者术后恢复时间也相应缩短。

Sobotke 等^[12]回顾性研究发现, 植入 Wallis 器械后, 对维持椎间孔高、宽、横截面积及椎间盘前后方高度疗效确切。S negas 等^[7]设计了一项前瞻性、非随机对照的临床试验, 术后患者平均获随访 3 年 4 个月, 结果显示 Wallis 器械可有效缓解残留的下腰痛并改善临床功能。同时, 使用第 2 代 Wallis 器械治疗的患者椎间盘髓核出现了“再水合”现象, 这是脊柱融合术不能比拟的。

3.3 本研究技术路线 本研究通过观察 2 个影像学指标来说明体内材料植入后的力学性能变化, 并且经过随访获得了动态的力学性能改变^[13-15]。研究结果显示, Wallis 植入物的固定是稳定可靠的, 对融合椎体邻近椎间盘椎间隙的高度保护明显优于未行 Wallis 置入的患者。椎管的平均面积在 Wallis 植入后得到稳定有效的保护, 椎管的容积得到维持甚至

改善。得到此种效果的原因笔者考虑是 Wallis 的棘间垫和锁扣由 PEEK 材料制成, 其力学性能接近于骨组织, 棘间垫上的开口可最大限度地减少植入物的刚性, 捆绑带由聚酯材料制成, 其抗张力性能好, 呈扁平状, 可提供低表面张力, 不对上下棘突产生应力集中现象。通过这些构造, Wallis 能很好地保持椎体的高度和椎管的平均面积, 从而减轻硬膜以及椎间孔神经的压力, 自然避免了 II 期再行椎管的减压的必要^[16-17]。本试验所测量椎管面积的选择主要是通过术后腰椎 CT 的影像资料提供, 选择同一节段的椎管横截面, 通过面积测量软件计算得出椎管面积大小, 进行比较。

本组病例术后均获得良好的即刻、中期效果, 经临床随访没有发现因安装技术原因而引起腰椎后凸的病例, 亦无因棘突受力不均引起棘突骨折的病例^[18]。同时亦无假体脱出的病例, 可见棘突间稳定系统 Wallis 的应用有效地缓解患者残余的慢性下腰痛, 并有效防止复发。

3.4 Wallis 的适应证和禁忌症 根据 S negas 等^[7]的建议, 应用 Wallis 的主要适应证如下: 椎间盘突出症, 融合部位相邻节段的椎间盘退变性疾病, L₅ 骶化的椎间盘切除, 孤立 Modic I 病变导致的慢性下腰痛。不适用于术前已存在严重滑脱的病例^[7], 腰椎棘突间内固定术后的潜在并发症即棘突骨折, 特别是对伴有骨质疏松的老年患者, 选择时应该慎重。同时本研究病例选择还要求融合节段的邻近节段有退变不稳定的趋势, 笔者研究病例选择的依据和标准主要是通过患者的症状体征及辅助检查来确定的, 邻近节段有退变趋势的患者在查体时相应的邻近节段有对应的症状体征表现, 同时在 X 线片及核磁共振影像资料上有退变不稳定趋势的表现。

脊柱融合术后 ASD 已经成为脊柱外科领域讨论的热点之一。以棘突间动态稳定系统为代表的脊柱非融合技术给脊柱外科医师提供了新的选择^[19-20]。由于棘突间动态稳定系统植入物的理论和临床应用还处于起步阶段, 有许多问题还需要临床医生和工程技术人员协作来解决, 如该材料植入物的临床适应证、远期疗效以及植入物的耐久性, 尤其是在脊柱非融合条件下植入物的耐久性取决于腰椎活动时变化的负荷^[21]。在应用 Wallis 器械时需将棘间韧带移除, 因此移除后对生物力学的影响有待进一步研究^[22-23]。腰椎棘突间内固定术后的潜在并发症即棘突骨折, 特别是对伴有骨质疏松老年患者, 骨折可能发生在术中植入过程, 或由术后内植物和宿主骨模量不匹配所致^[24]。

我们应该客观、科学地分析问题, 可以说脊柱融

合术不可能被非融合术完全替代, 它们应该是相辅相成的两种技术, 可以作为互补。在符合适应证的情况下, 应积极、慎重、科学、正确地采用非融合术。

参考文献

- [1] Sengupta DK. Dynamic stabilization devices in the treatment of low back pain[J]. *Orthop Clin North Am*, 2010, 35(1):43-56.
- [2] 郭伟, 赵平, 周卫. 腰椎间盘突出症手法治疗前后症状学评分与 MRI 指标相关性研究[J]. *中国骨伤*, 2010, 23(1):45-89.
Guo W, Zhao P, Zhou W. Correlation studies between MRI and the symptom scores of patients with LDH before and after manipulative therapy[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2010, 23(1):45-89. Chinese with abstract in English.
- [3] Huang RC, Girardi FP, Lim MR, et al. Advantage and disadvantages of nonfusion technology in spine surgery[J]. *Orthop Clin North Am*, 2010, 36(3):263-269.
- [4] Disch AC, Schmoelz W, Matziolis G, et al. Higher risk of adjacent segment degeneration after floating fusions; long-term outcome after low lumbar spine fusions[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2008, 21(2):79-85.
- [5] Korovessis P, Papazisis Z, Koureas G, et al. Rigid, semirigid versus dynamic instrumentation for degenerative lumbar spinal stenosis: a correlative radiological and clinical analysis of short-term results[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2010, 29(7):735-742.
- [6] Ghiselli G, Wang JC, Bhatia NN, et al. Adjacent segment degeneration in the lumbar spine[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2011, 86(7):1497-1503.
- [7] S negas J, Vatal JM, Pointillart V, et al. Long-term actuarial survivorship analysis of anointer spinous stabilization system[J]. *Eur Spine J*, 2007, 16(8):1279-1287.
- [8] Bono CM, Vaccaro AR. Interspinous process devices in the lumbar spine[J]. *Spinal Disord Tech*, 2007, 20(3):255-261.
- [9] Lee J, Hida K, Seki T, et al. An interspinous process distractor (X STOP) for lumbar spinal stenosis in elderly patients: preliminary experiences in 10 consecutive cases[J]. *Spinal Disord Tech*, 2004, 17(1):72-77.
- [10] Richards JC, Majumdar S, Lindsey DP, et al. The treatment mechanism of an interspinous process implant for lumbar neurogenic intermittent claudication[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2005, 30(7):744-749.
- [11] Siddiqui M, Nicol M, Karadimas E, et al. The positional magnetic resonance imaging changes in the lumbar spine following insertion of a novel interspinous process distraction device[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2005, 30(23):2677-2682.
- [12] Sobottke R, Schl ter-Brust K, Kaulhausen T, et al. Interspinous implants (X STOP, Wallis, Diam) for the treatment of LSS: is there a correlation between radiological parameters and clinical outcome[J]. *Eur Spine J*, 2009, 18(10):1494-1503.
- [13] 苗胜, 沙广钊, 王永东, 等. 不同程度退变的软骨终板的影像学变化及其临床意义[J]. *中国骨伤*, 2008, 21(6):414-417.
Miao S, Sha GZ, Wang YD, et al. Imageology change of degenerative cartilage endplate to different degree and its clinical significance[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2008, 21(6):414-417. Chinese.
- [14] 解京明, 张颖, 王迎松. 经后路手术治疗合并椎管狭窄的退变性腰椎侧弯[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2008, 22(6):711-714.
Xie JM, Zhang Y, Wang YS. Posterior approach to treatment of spinal stenosis associated with degenerative lumbar scoliosis[J]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*, 2008, 22(6):711-714.
- [15] 赵兴, 范顺武, 方向前, 等. 改良前后路联合手术 I 期治疗腰椎骨折脱位[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2008, 22(8):910-913.
Zhao X, Fan SW, Fang XQ, et al. Modified posterior-anterior operation for treatment of serious lumbar fracture and dislocation[J]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*, 2010, 22(8):910-913. Chinese.
- [16] He F, He B, Zhang CQ, et al. Multi-slice spiral CT 3-dimensional reconstruction technique to treat multi-segmental degenerative spinal stenosis with traumatic instability of lower cervical spine[J]. *Chin J Traumatol*, 2009, 12(1):22-30.
- [17] Gupta S, Soellinger M, Boesiger P, et al. Three-dimensional computational modeling of subject-specific cerebrospinal fluid flow in the subarachnoid space[J]. *J Biomech Eng*, 2009, 131(2):021010.
- [18] Kong DS, Kim ES, Eoh W. One-year outcome evaluation after interspinous implantation for degenerative spinal stenosis with segmental instability[J]. *J Korean Med Sci*, 2007, 22(2):330-335.
- [19] 袁文. 脊柱非融合技术是融合术的终结者吗[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2008, 18(1):11.
Yuan W. Spinal nonfusion technologies is the fusion of the Terminator[J]. *Zhongguo Ji Zhu Ji Sui Za Zhi*, 2008, 18(1):11. Chinese.
- [20] Smith HE, Wimberley DW, Vaccaro AR. Cervical arthroplasty: material properties[J]. *Neurosurg Focus*, 2004, 17(3):E3.
- [21] Vadapalli S, Sairyo K, Goel VK, et al. Biomechanical rationale for using polyether ether ketone (PEEK) spacers for lumbar interbody fusion-A finite element study[J]. *Spine*, 2006, 31(26):E992-998.
- [22] Bono CM, Vaccaro AR. Interspinous process devices in the lumbar spine[J]. *Spinal Disord Tech*, 2010, 20(3):255-261.
- [23] Kim KA, McDonald M, Pik JH, et al. Dynamic intraspinal spacer technology for posterior stabilization; case-control study on the safety, sagittal angulation, and pain outcome at 1-year follow-up evaluation[J]. *Neurosurg Focus*, 2007, 22(1):E7.
- [24] Kong DS, Kim ES, Eoh W. One-year outcome evaluation after interspinous implantation for degenerative spinal stenosis with segmental instability[J]. *Korean Med Sci*, 2010, 22(2):330-335.

(收稿日期:2013-02-16 本文编辑:王宏)