

· 临床研究 ·

单双侧伤椎置钉与不置钉在治疗胸腰椎骨折上的病例对照研究

徐强, 赵清华, 赵志慧, 邱勇, 刘臻, 朱泽章

(南京医科大学鼓楼临床医学院脊柱外科, 江苏 南京 210008)

【摘要】 目的: 比较单侧伤椎置钉、双侧伤椎置钉与伤椎不置钉 3 种置钉方式在后路短节段固定治疗胸腰椎骨折上的临床疗效差异。方法: 自 2012 年 6 月至 2015 年 6 月, 采用后路短节段椎弓根螺钉固定的胸腰椎骨折患者 67 例, 其中男 45 例, 女 22 例, 年龄 13~63 岁, 平均 42.5 岁。根据伤椎置钉情况将患者分为 3 组: A 组 26 例, 不采用伤椎置钉; B 组 19 例, 采用单侧伤椎置钉; C 组 22 例, 采用双侧伤椎置钉。观察并比较 3 组患者的影像学结果及临床预后等各项指标。结果: 所有患者获得随访, 时间 12~26 个月, 平均 17.6 个月。均未出现伤口感染、切口愈合不良及内固定松动断裂等并发症。术前、术后 1 周及末次随访时 3 组患者的伤椎前缘相对高度差异无统计学意义 ($P>0.05$)。术前及术后 1 周伤椎矢状面后凸 Cobb 角 3 组间差异无统计学意义 ($P>0.05$)。末次随访时, A 组患者的矢状面后凸 Cobb 角及其复位丢失角度均明显大于 B、C 两组 ($P<0.05$)。B、C 两组之间差异不明显 ($P>0.05$)。背部疼痛的视觉模拟评分 (VAS), 术前、术后 1 周及末次随访时 3 组患者均差异无统计学意义 ($P>0.05$)。结论: 单侧或双侧伤椎置钉与伤椎不置钉相比, 在治疗胸腰椎骨折上可以明显降低中远期的复位丢失角度, 减少迟发性后凸畸形发生的概率, 手术操作安全可靠, 可获得满意的影像学结果及临床疗效。

【关键词】 胸椎; 腰椎; 脊柱骨折; 骨折固定术, 内

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2018.08.005

Case control studies on unilateral or bilateral pedicle fixation at the level of fracture versus posterior fixation alone in the treatment of thoracolumbar fractures XU Qiang, ZHAO Qing-hua, ZHAO Zhi-hui, QIU Yong, LIU Zhen, and ZHU Ze-zhang. Department of Spinal Surgery, Drum Tower Hospital Clinical College of Nanjing Medical University, Nanjing 210008, Jiangsu, China

ABSTRACT Objective: To compare the clinical effects of three fixation methods at the level of fracture in treating thoracolumbar fractures. **Methods:** From June 2012 to June 2015, 67 patients with thoracolumbar fractures were treated with posterior short-segment pedicle fixation. There were 45 males and 22 females, aged from 13 to 63 years old with an average of 42.5 years. According to the methods of fixation at the level of fracture, the patients were divided into three groups. Group A included 26 patients treated by traditional posterior fixation alone. Group B included 19 patients treated by posterior fixation with unilateral pedicle fixation at the level of fracture. In group C, 22 patients were treated by posterior fixation with bilateral fracture-level screws. Radiological parameters and clinical outcomes were compared among the three groups. **Results:** All the patients were followed up for 12 to 26 months with an average of 17.6 months. No complications such as incision infection, poor wound healing, internal fixation loosening and breakage were found. Preoperative, postoperative 1 week, and final follow-up, there were no significance differences among the three groups with respect to the relative height of the fractured vertebra ($P>0.05$). The sagittal Cobb angles among the three groups were similar preoperatively, and a week after operation ($P>0.05$). At latest follow-up, the sagittal Cobb angles and the correction loss of Cobb angle in group A were significantly larger than that of groups B and C ($P<0.05$), while there was no statistical difference between group B and group C ($P>0.05$). With respect to visual analogue scale (VAS) scores for back pain, the three groups were similar at preoperatively, a week after operation and the latest follow-up ($P>0.05$). **Conclusion:** Compared to traditional posterior fixation alone, unilateral or bilateral pedicle fixation at the level of fracture can significantly decrease the loss of correction in the middle-long term, and reduce the incidence of tardive kyphosis deformity and can obtain satisfactory radiological results and clinical outcomes with safe surgical procedures.

KEYWORDS Thoracic vertebrae; Lumbar vertebrae; Spinal fractures; Fracture fixation, internal

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(8): 709-713 www.zggszz.com

通讯作者: 朱泽章 E-mail: zhuzezhang@126.com

Corresponding author: ZHU Ze-zhang E-mail: zhuzezhang@126.com

后路短节段固定治疗不稳定型的胸腰椎爆裂型骨折已是当前最流行的手术方式。它具有手术创伤

小、出血少、解剖相对简单等优点,但过高的内固定失败率及复位丢失率引起了人们的注意。为增加短节段固定的稳定性,近年来,许多研究提出“伤椎置钉”的理念^[1-4]。笔者对我院 2012 年 6 月至 2015 年 6 月诊治的不稳定型胸腰椎骨折进行回顾性分析,旨在探讨单双侧伤椎置钉与不置钉在短节段固定治疗胸腰椎骨折上的影像学结果及临床疗效差异,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:(1)影像学资料证实为单一节段的新鲜胸腰椎骨折(T₁₁-L₂)。(2)单纯行后路短节段内固定手术。(3)无明显神经症状,未行椎板减压术。(4)获得完整随访,且随访时间大于 12 个月。排除标准:(1)受伤前脊柱合并其他畸形。(2)骨质疏松症及肿瘤等导致的病理性骨折。

1.2 一般资料

67 例患者纳入本项研究,依据胸腰椎损伤的 AO 分型,A1 型 29 例,A2 型 6 例,A3 型 32 例。其中男 45 例,女 22 例,平均年龄 42.5 岁。根据伤椎有无置钉及置钉数量,将患者分为 3 组:A 组 26 例,不采用伤椎置钉(传统 4 钉);B 组 19 例,采用单侧伤椎置钉(5 钉);C 组 22 例,采用双侧伤椎置钉(6 钉)。3 组患者的年龄、性别、伤椎节段、术前脊柱载荷评分(LSC)等差异均无统计学意义($P>0.05$),见表 1。

1.3 治疗方法

1.3.1 手术方法 患者全身麻醉成功后,取俯卧位,于胸部及双侧髂部放置海绵垫使腹部悬空,并保持适当过伸位以获得部分复位。术前床边透视确定伤椎位置,以伤椎为中心,取后正中纵行切口。剥离棘突旁两侧竖脊肌显露伤椎及其上下椎体的椎板和关节突,确定横突中线与上关节突外缘垂线的交叉点为进针点,在伤椎相邻上下椎体的椎弓根内分别置入 4 枚椎弓根螺钉。A 组患者不做伤椎椎弓根内置钉,B 组患者在伤椎椎弓根完好的一侧置入 1 枚万向椎弓根螺钉。C 组患者在伤椎两侧椎弓根均置

入 2 枚万向椎弓根螺钉。伤椎螺钉长度应超出椎弓根长度,但不宜过长,以免向前推压骨折块。安装连接棒前,根据伤椎节段的生理弧度预弯连接棒以矫正后凸。安装连接棒后,向头尾侧撑开伤椎上下椎体的椎弓根螺钉,固定拧紧伤椎螺钉,再以其为支点,分别撑开后拧紧上下端椎弓根螺钉。床边 X 线透视侧位片确定伤椎高度及生理曲度恢复情况,正位片确定椎弓根螺钉置入位置。均无误后,安装横连,增强内固定系统的抗扭转稳定性。所有患者未打开椎板行椎管内减压与复位术,以避免造成医源性不稳。用咬除的自体棘突松质骨及皮质骨行脊柱后外侧植骨融合。清点器械与纱布无误后,放置橡胶引流管 1 枚,逐层关闭切口。术中操作均在体感诱发电位和运动诱发电位的联合监测下进行。

1.3.2 术后处理 术后常规应用抗生素 24~48 h 预防感染。负压引流管引流量<30 ml 时予以拔除。术后第 2 天指导患者加强双下肢股四头肌功能锻炼,预防血栓形成。卧床 4 周后,在腰背支具保护下下床活动。2~3 个月后,去除腰背支具并逐渐进行腰背肌锻炼。

1.4 观察项目及方法

选择术前、术后 1 周及末次随访时作为评价时间点。影像学评估采用伤椎前缘相对高度(伤椎前缘高度与相邻上下椎体前缘高度平均值的比值)及伤椎矢状面后凸 Cobb 角(伤椎上位椎体上终板与下位椎体下终板直线延长线的交角)等指标,背部疼痛评估采用疼痛视觉模拟量表(VAS)^[5]。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 19.0 统计软件进行统计学处理。计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示。3 组间计量资料比较采用单因素方差分析(One Way ANOVA),其中组内两两比较采用 SNK- q 检验。3 组间计数资料比较采用 χ^2 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

所有患者获得完整随访,各组平均随访时间见表 1。术后均未出现伤口感染、切口愈合不良及内固

表 1 不稳定型胸腰椎爆裂型骨折各组患者一般资料比较

Tab.1 Comparison of clinical data among three groups in thoracolumbar fractures with unstable type

组别	例数	年龄 ($\bar{x}\pm s$,岁)	性别(例)		T ₁₁	骨折节段(例)			LSC 分值 ($\bar{x}\pm s$,分)	随访时间 ($\bar{x}\pm s$,月)
			男	女		T ₁₂	L ₁	L ₂		
A 组	26	40.9±12.9	18	8	3	4	10	9	6.0±1.6	17.9±4.6
B 组	19	40.0±13.7	12	7	2	3	8	6	6.1±1.3	18.0±4.6
C 组	22	46.6±10.4	15	7	1	4	13	4	6.3±1.2	16.9±3.8
检验值	-	$F=1.789$	$\chi^2=0.199$		-	$\chi^2=3.352$			$F=0.176$	$F=0.407$
P 值	-	0.175	0.905		-	0.764			0.839	0.667

定松动断裂等并发症,随访期内无死亡病例发生。3 组患者术前、术后 1 周及末次随访时的伤椎前缘相对高度差异无统计学意义 ($P>0.05$)。3 组患者术前及术后 1 周时的伤椎矢状面后凸 Cobb 角差异无统计学意义 ($P>0.05$)。末次随访时, A 组患者的矢状面后凸 Cobb 角明显大于 B、C 两组 ($P<0.05$)。而 B、C 两组之间差异无统计学意义 ($P>0.05$)。比较 3 组患者末次随访时的复位丢失情况,在伤椎前缘相对高度指标上,3 组之间差异无统计学意义 ($P>0.05$)。而在矢状面后凸 Cobb 角丢失上, A 组患者复位丢失角度明显大于 B、C 两组,差异有统计学意义 ($P<0.05$)。而 B 组与 C 组差异无统计学意义 ($P>0.05$)。在背部疼痛评估上,3 组患者术前、术后 1 周及末次随访时的 VAS 评分差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。见表 2-3。

3 讨论

3.1 胸腰椎骨折的治疗争议

临床上治疗胸腰椎骨折的手术方式主要包括前

路、后路及前后路联合手术。后路短节段椎弓根内固定因手术时间短、手术创伤少、解剖结构简单及尽可能的保留了运动节段,被人们广泛接受而成为首选术式。但早期的研究发现^[6-7],后路手术由于无法支撑脊柱的前柱结构易导致过高的内固定失败率,及复位丢失过多易产生迟发性后凸畸形。1994 年 McCormack 等^[8]提出脊柱载荷评分学说,对脊柱骨折的严重程度进行评估,分值高于 7 分时预示着有较高的内固定失败风险,建议采用前路手术或长节段固定。但前路手术创伤较大、手术并发症多等因素限制了它的使用。长节段固定由于脊柱运动节段显著减少,易出现慢性腰痛等症状,且手术费用较高,因此不被广泛应用。随着内固定器械材料学上的发展及设计理念的改进,越来越多的研究对 LSC 学说产生了质疑^[9-10],认为其已不适宜作为内固定失败的预测因素。Gelb 等^[11]报道了采用后路短节段内固定治疗 27 例胸腰椎患者,均无内固定失败发生,且复位丢失程度与 LSC 评分无明显相关性。Aono 等^[9]的

表 2 不稳定型的胸腰椎爆裂型骨折各组患者手术前后影像学结果比较 ($\bar{x}\pm s$)

Tab.2 Comparison of the radiographic data among three groups before and after operation in thoracolumbar fractures with unstable type ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	伤椎前缘相对高度 (%)			矢状面后凸 Cobb 角 (°)		
		术前	术后 1 周	末次随访	术前	术后 1 周	末次随访
A 组	26	56.1±11.3	97.4±6.8	95.3±6.8	14.3±6.0	0.5±6.5	5.9±4.7
B 组	19	53.2±10.0	95.7±6.2	92.2±9.1	13.4±6.6	0.1±4.0	2.8±4.4
C 组	22	56.5±12.5	97.1±4.3	95.9±5.9	15.1±5.9	0.9±5.3	2.5±3.9
F 值	-	0.514	0.479	1.480	0.401	0.096	4.611
P 值	-	0.600	0.622	0.235	0.671	0.908	0.013

注:末次随访时的矢状面后凸 Cobb 角:A 组与 B 组相比, $q=3.357, P<0.05$; A 组与 C 组相比, $q=3.882, P<0.05$; B 组与 C 组相比, $q=0.355, P>0.05$
 Note: Sagittal Cobb angle at the final follow-up: group A vs group B, $q=3.357, P<0.05$; group A vs group C, $q=3.882, P<0.05$; group B vs group C, $q=0.355, P>0.05$

表 3 不稳定型的胸腰椎爆裂型骨折各组患者 VAS 评分及伤椎复位丢失情况 ($\bar{x}\pm s$)

Tab.3 Comparison of VAS scores and total correction loss among three groups in thoracolumbar fractures with unstable type ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	VAS 评分 (分)			伤椎复位丢失情况	
		术前	术后 1 周	末次随访	伤椎前缘相对高度 (%)	矢状面后凸 Cobb 角 (°)
A 组	26	6.0±1.0	3.4±0.9	1.8±1.0	2.1±2.7	4.3±2.8
B 组	19	5.8±1.3	3.2±0.9	1.6±0.9	1.6±4.3	2.5±3.7
C 组	22	6.1±1.3	3.5±1.2	1.4±0.9	1.2±5.1	1.1±3.4
F 值	-	0.180	0.433	1.353	0.288	5.819
P 值	-	0.836	0.651	0.266	0.751	0.005

注:复位丢失情况 (矢状面后凸 Cobb 角): A 组与 B 组相比, $q=2.874, P<0.05$; A 组与 C 组相比, $q=4.744, P<0.05$; B 组与 C 组相比, $q=1.618, P>0.05$
 Note: Correction loss of the sagittal Cobb angle: group A vs group B, $q=2.874, P<0.05$; group A vs group C, $q=4.744, P<0.05$; group B vs group C, $q=1.618, P>0.05$

研究同样支持了这一观点,并分析认为早期文献中所使用的内固定金属为不锈钢材料,如今普遍使用的是钛合金材料。后者的刚度和弹性是前者的 2 倍以上。为了避免短节段固定后期出现的复位丢失及内固定失败,多种方法用来增强脊柱内固定系统的稳定性,如采用伤椎置钉或经椎弓根打入骨水泥强化伤椎等。相对于传统的 4 钉固定,近年来经伤椎置钉固定方式获得了不少骨科医生的认可^[12]。

3.2 伤椎置钉与不置钉的比较

多数研究认为^[13-14],伤椎置钉能够增强内固定的力学稳定性,分散脊柱固定的压力载荷,帮助患者获得满意的影像学结果及临床疗效。Kanna 等^[14]采用后路短节段内固定联合伤椎置钉的方法治疗 32 例重度的胸腰椎骨折患者,所有患者的 LSC 分值 > 7 分,随访 2 年后发现,伤椎后凸 Cobb 角的复位丢失平均为 2.4°,且无内固定松动、断裂等并发症发生,认为即便是对于重度的胸腰椎爆裂骨折,包含伤椎置钉的后路椎弓根固定系统仍能够获得满意的临床效果,完全可以避免前路重建手术。Ökten 等^[3]回顾性分析了伤椎置钉对两组患者的影响,发现置钉组与不置钉组相比,在随访期内患者伤椎后凸的 Cobb 角度前者明显要小于后者,伤椎前柱的高度恢复情况同样是置钉组明显优于非置钉组。在尸体标本的基础力学试验上,Norton 等^[15]制造了 L₁ 椎体骨折模型,发现伤椎置入椎弓根螺钉后,脊柱内固定的稳定强度增加了 31%,同时也增加了连接棒的应力。但仍有作者对伤椎置钉的意义产生了质疑。Sun 等^[16]比较了有无伤椎置钉对轻度胸腰椎爆裂骨折治疗效果的差异。伤椎置钉组与传统的不置钉组相比,两者在影像学结果及术后生活质量上,差异均无统计学意义。作者认为,由于椎体骨折主要发生在前中柱并常累及上下终板,伤椎置钉并不能提供前柱的支撑力量,相反,其增大了脊髓损伤的可能性,延长了手术时间并使手术出血增多。除此之外,伤椎置钉还加重了患者的经济负担。因此,在采用伤椎置钉时,手术医师有必要权衡利弊。

在本研究中,伤椎置钉与不置钉对术中椎体高度的恢复及脊柱后凸的复位效果无明显影响,但在末次随访时单侧或双侧伤椎置钉组的复位丢失率要明显小于不置钉组,这说明伤椎置钉有利于减少迟发性后凸畸形的发生率。可能的相关机制如下:(1)与无伤椎置钉相比,单双侧伤椎置钉增加了额外的支点,有利于分散内固定载荷,减少了螺钉的承载应力,在骨折愈合中强化了内固定系统的稳定性,帮助避免骨折复位的丢失,降低了后凸畸形的发生率。(2)胸腰椎骨折往往伴随椎间盘的损伤,后期由于椎

间盘形成瘢痕愈合,导致其强度及承重能力下降,退变速度加快,最终引起伤椎上下椎间隙变窄,从而容易致使迟发性后凸畸形的发生。伤椎置钉与不置钉相比,由于在伤椎中置入螺钉,帮助分散了椎间盘的应力,可使邻位椎间盘的载荷下降,为损伤椎间盘的恢复提供了空间及条件,减轻了椎间隙的变窄程度^[17]。因此,伤椎置钉可通过保护伤椎间盘的作用,进一步降低迟发性后凸畸形的发生。同时,笔者选用短钉穿入椎弓根固定伤椎,对前柱粉碎的骨折块并不产生明显的挤压与推移,因此安全可靠,并不加重脊髓损伤。

3.3 单侧置钉与双侧置钉的比较

目前,鲜有文献报道单侧伤椎置钉与双侧伤椎置钉的临床疗效差异。一般主张,对于双侧椎弓根均完整的患者,建议采用双侧置钉,而对于一侧有椎弓根骨折或损伤时,可考虑行单侧伤椎置钉。陈艺等^[18]在国人新鲜脊柱尸体标本上制作了 L₁ 椎体骨折模型,并进行了 6 钉、5 钉及 4 钉的生物力学试验,发现 6 钉或 5 钉的固定方式均可以增强生物力学稳定性,稳定效果要明显强于传统的 4 钉固定,而 6 钉与 5 钉的固定稳定性差异不明显。曾至立等^[19]回顾性分析了 25 例采用单侧伤椎置钉与 21 例双侧伤椎置钉患者的临床资料,发现对于轻中度的胸腰椎骨折患者,单双侧伤椎置钉在手术时间、术中出血量、放射学及功能学评价指标上差异均无统计学意义,认为伤椎只需单侧置钉就能获得满意的放射学及功能学评价。在本研究中,发现两者在椎体高度恢复及伤椎后凸矫正上无明显差异,在复位丢失率上,两者差异虽无统计学意义,但在丢失度数上单侧伤椎置钉较双侧伤椎置钉偏高。

3.4 伤椎置钉手术注意事项

首先,应严格把握伤椎置钉的适应证。术前要对伤椎的椎弓根完整程度进行仔细的评估,对于椎弓根粉碎性骨折或分离移位的患者,不应采用伤椎置钉。因为不完整的椎弓根缺少固定支点,其并不能帮助分散载荷力量,且在复位过程中螺钉容易移位,及螺钉打入困难等因素会明显加重手术风险。对于只有一侧椎弓根完整的患者,单侧椎弓根螺钉置入仍有着积极的意义。在本研究中,3 种手术方式的病例选择上,双侧伤椎置钉组患者的椎弓根均较完整,单侧置钉组患者往往存在一侧椎弓根的骨折或怀疑损伤,而不置钉组少数患者的双侧椎弓根均存在一定程度的损伤。其次,关于置钉的顺序,笔者倾向于在上下邻椎的椎弓根螺钉固定好且撑开复位之后,再打入伤椎的椎弓根螺钉。这是因为如果在复位之前打入伤椎椎弓根钉,由于阻挡作用,可能会影响突入

椎管内的骨折块复位；且选用的椎弓根螺钉在长度上应较正常螺钉短小，避免置入过深推移前柱的粉碎骨折块或损伤椎体前侧的内脏及大血管。而在螺钉的粗细程度上，应根据椎弓根的大小选择合适粗细的螺钉，尽量选择稍粗的螺钉以发挥更好的把持力量。另外，本组术中操作均在体感诱发电位和运动诱发电位联合监测下进行，能及时反映脊髓及神经功能的变化，这明显提高了手术的安全性，帮助术者减少医源性损伤的发生。

综上所述，单侧或双侧伤椎置钉较不置钉能明显减少胸腰椎骨折患者术后复位丢失的发生，而单侧置钉与双侧置钉两者在影像学指标及临床评估上差异无统计学意义。因此，短节段内固定联合单侧或双侧伤椎置钉治疗胸腰椎骨折，相较传统的 4 钉固定方式，能获得更为满意的临床效果。

参考文献

- [1] Dick JC, Jones MP, Zdeblick TA, et al. A biomechanical comparison evaluating the use of intermediate screws and cross-linkage in lumbar pedicle fixation[J]. *J Spinal Disord*, 1994, 7(5): 402-407.
- [2] Tian JW, Wang L, Xia T, et al. Posterior short-segmental fixation combined with intermediate screws vs conventional intersegmental fixation for monosegmental thoracolumbar fractures[J]. *Orthopedics*, 2011, 34(8): e389-e396.
- [3] Ökten AI, Gezeran Y, Özsoy KM, et al. Results of treatment of unstable thoracolumbar burst fractures using pedicle instrumentation with and without fracture-level screws[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2015, 157(5): 831-836.
- [4] 顾勇杰, 胡勇, 马维虎, 等. 后路短节段结合骨折椎弓根螺钉复位内固定治疗胸腰椎骨折[J]. *中国骨伤*, 2010, 23(4): 264-267.
GU YJ, HU Y, MA WH, et al. Treatment of thoracolumbar vertebral fractures with posterior short segmental pedicle screw fixation and pedicle screw at the fracture level[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2010, 23(4): 264-267. Chinese with abstract in English.
- [5] Huskisson EC, Jones J, Scott PJ. Application of visual-analogue scales to the measurement of functional capacity[J]. *Rheumatol Rehabil*, 1976, 15(3): 185-187.
- [6] McLain RF, Sparling E, Benson DR. Early failure of short-segment pedicle instrumentation for thoracolumbar fractures. A preliminary report[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1993, 75(2): 162-167.
- [7] Speth MJ, Oner FC, Kadic MA, et al. Recurrent kyphosis after posterior stabilization of thoracolumbar fractures. 24 cases treated with a dick internal fixator followed for 1.5-4 years[J]. *Acta Orthop Scand*, 1995, 66(5): 406-410.
- [8] McCormack T, Karaikovic E, Gaines RW. The load sharing classification of spine fractures[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1994, 19(15): 1741-1744.
- [9] Aono H, Tobimatsu H, Ariga K, et al. Surgical outcomes of temporary short-segment instrumentation without augmentation for thoracolumbar burst fractures[J]. *Injury*, 2016, 47(6): 1337-1344.
- [10] Kose KC, Inanmaz ME, Isik C, et al. Short segment pedicle screw instrumentation with an index level screw and cantilevered hyperlordotic reduction in the treatment of type-A fractures of the thoracolumbar spine[J]. *Bone Joint J*, 2014, 96(4): 541-547.
- [11] Gelb D, Ludwig S, Karp JE, et al. Successful treatment of thoracolumbar fractures with short-segment pedicle instrumentation[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2010, 23(5): 293-301.
- [12] 邓万祥, 赵胡瑞, 刘华, 等. 经伤椎置钉治疗胸腰椎骨折的临床研究[J]. *中国骨伤*, 2011, 24(7): 541-543.
DENG WX, ZHAO HR, LIU H, et al. Treatment of thoracolumbar fractures with pedicle-screw placement on the level of injured vertebrae[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2011, 24(7): 541-543. Chinese with abstract in English.
- [13] Zhao QM, Gu XF, Yang HL, et al. Surgical outcome of posterior fixation, including fractured vertebra, for thoracolumbar fractures[J]. *Neurosciences (Riyadh)*, 2015, 20(4): 362-367.
- [14] Kanna RM, Shetty AP, Rajasekaran S. Posterior fixation including the fractured vertebra for severe unstable thoracolumbar fractures[J]. *Spine J*, 2015, 15(2): 256-264.
- [15] Norton RP, Milne EL, Kaimrajh DN, et al. Biomechanical analysis of four-versus six-screw constructs for short-segment pedicle screw and rod instrumentation of unstable thoracolumbar fractures[J]. *Spine J*, 2014, 14(8): 1734-1739.
- [16] Sun C, Guan G, Liu X, et al. Comparison of short-segment pedicle fixation with versus without inclusion of the fracture level in the treatment of mild thoracolumbar burst fractures[J]. *Int J Surg*, 2016, 36(Pt A): 352-357.
- [17] Mahar A, Kim C, Wedemeyer M, et al. Short-segment fixation of lumbar burst fractures using pedicle fixation at the level of the fracture[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2007, 32(14): 1503-1507.
- [18] 陈艺, 白波, 孙辉, 等. 短节段椎弓根钉固定术的生物力学研究[J]. *中华创伤杂志*, 2010, 26(1): 39-43.
CHEN Y, BAI B, SUN H, et al. Biomechanical research on short-segment posterior pedicle screw fixation[J]. *Zhonghua Chuang Shang Za Zhi*, 2010, 26(1): 39-43. Chinese.
- [19] 曾至立, 程黎明, 李山珠, 等. 伤椎置钉结合短节段椎弓根螺钉固定治疗胸腰椎骨折[J]. *中华医学杂志*, 2013, 93(27): 2117-2121.
ZENG ZL, CHENG LM, LI SZ, et al. Unilateral versus bilateral pedicle fixation at the level of fracture in the treatment of thoracolumbar fractures with mild to moderate instability[J]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, 2013, 93(27): 2117-2121.

(收稿日期: 2018-01-11 本文编辑: 王宏)