

经伤椎椎弓根植骨置钉后路复位内固定术 治疗胸腰椎骨折

胡海刚, 谭 伦, 林 旭, 吴 超, 刘世伟, 罗小中

(四川省自贡市第四人民医院骨科 643000)

【摘要】目的:探讨在后路复位内固定术治疗胸腰椎骨折中,经椎弓根伤椎植骨置钉手术的有效性和安全性。**方法:**选取 2007 年 6 月~2009 年 9 月间的胸腰椎单节段骨折患者共 75 例,30 例行经椎弓根伤椎植骨置钉(A 组),45 例行常规跨伤椎(B 组)的后路复位内固定治疗;测量手术前后数字射线摄影(DR)侧位片上的伤椎相邻椎 Cobb 角、伤椎椎体前缘高度(前高),计算伤椎前高压缩比;测量手术前后 CT 片上伤椎椎管中矢径和计算椎管侵占率;统计手术时间和术中出血量,观察手术并发症,用 Denis 疼痛分级评估术后腰痛。**结果:**伤椎前高压缩比 A 组术前为 59.8%,术后为 92.9%;B 组术前为 57.3%,术后为 87.1%。相邻椎 Cobb 角 A 组术前为 20.2°,术后为 8.5°,末次随访时为 10.3°;B 组术前为 22.7°,术后为 12.3°,末次随访时为 16.7°;椎管侵占率 A 组术前为 37.1%,术后为 21.9%;B 组术前为 34.8%,术后为 18.3%;A 组平均出血量 256ml,手术时间 107min,疼痛评估 P1 25 例,P2 5 例,1 例脑脊液漏;B 组平均出血量 236ml,手术时间 87min,疼痛评估 P1 35 例,P2 8 例,P3 2 例,有 1 例断钉和 2 例内固定松动;两组手术时间差异有显著性($P<0.05$);术后与末次随访时的椎体压缩比和 Cobb 角两组间比较差异有显著性($P<0.05$),而组内比较 A 组差异无显著性($P>0.05$),B 组差异有显著性($P<0.05$);在椎管侵占率、手术出血量和并发症以及疼痛评估上,两组比较差异无显著性($P>0.05$)。**结论:**在后路复位内固定术治疗胸腰椎骨折中,经伤椎椎弓根植骨置钉能更好地矫正后凸畸形、重建椎体高度、维持矫正效果和减少内固定的松动断裂等并发症,手术有效且安全。

【关键词】 胸腰椎骨折;经伤椎固定;伤椎植骨

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2011.08.09

中图分类号:R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2011)-08-0663-06

The treatment of thoracolumbar fractures with posterior transpedicular instrumentation of bone graft and vertebral pedicle screw in fractured vertebra/HU Haigang, TAN Lun, LIN Xu, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2011, 21(8):

【Abstract】 Objective: To assess the efficacy and safety of the method in treatment of thoracolumbar fractures with posterior instrumentation of bone graft and vertebral pedicle screw in fractured vertebra. **Method:** 75 cases of single segmental thoracolumbar fracture between June 2007 and September 2009 were treated by posterior reduction and internal fixation, 30 cases with bone graft and vertebral pedicle screw in fractured vertebra (group A), 45 cases with routine fixation strided over fractured vertebra (group B). The adjacent vertebral Cobb angle and the anterior height of injured vertebra in lateral radiograph were measured before and after surgery, then the vertebral compression ratio was calculated. The sagittal diameter of injured vertebral spinal canal encroachment on the CT scan was measured before and after surgery, and the occupation ratio was calculated. The operation time and blood loss were recorded, the surgical complications were observed, and the scores of low back pain with Denis' Grading System were got. **Result:** The anterior high vertebral compression ratio in group A was 59.8% and 92.9%, before and after surgery respectively. In group B, it was 57.3% and 87.1% respectively. The adjacent vertebral average Cobb angle turned from 20.2° preoperatively to 8.5° postoperatively and maintained 10.3° at final follow-up in group A. In group B, it turned from 22.7° preopera-

基金项目:四川省卫生厅科学研究项目(080424)

第一作者简介:男(1984-),硕士在读,研究方向:脊柱外科

电话:(0813)2400406 E-mail:gggydbh@163.com

通讯作者:谭伦 E-mail:tlcml@263.net

tively to 12.3° postoperatively and maintained 16.7° at final follow-up. The spinal canal encroachment ratio turned from 37.1% to 21.9% in group A and turned from 34.8% to 18.3% in group B. The average amount of blood loss in group A was 256ml, with the operation time of 107min; the pain assessment for P1 was in 25 cases, P2 in 5 cases; and there was 1 case of cerebrospinal fluid leakage. The average amount of blood loss in group B was 236ml, with the operation time of 87min; the pain assessment for P1 was in 35 cases, P2 in 8 cases, and P3 in 2 cases; and there was 1 case of screw breakage and 2 cases of loosening of internal fixation. There was a significant difference between two groups in operation time, vertebral compression ratio and Cobb angle ($P < 0.05$). The above data showed no significant difference within group A ($P > 0.05$), but showed statistically significant difference within group B ($P < 0.05$). However, there was no significant difference in spinal canal encroachment ratio, surgical bleeding amount, the complications and pain scores between two groups ($P > 0.05$). **Conclusion:** In the treatment of thoracolumbar fractures with posterior reduction and internal fixation, the method of bone graft and vertebral pedicle screw in fractured vertebra obtained better kyphosis correction, reconstructed vertebral body height and maintained the correction effect. It also reduced the incidence of internal fixation hardware failure. This method did not increase the amount of bleeding, the incidence of infection, nerve damage and other complications. It was safe and effective.

[Key words] Thoracolumbar fractures; Injured vertebral fixation; Bone graft in injured vertebra

[Author's address] No. 4 People's Hospital of Zigong City, 643000, China

脊柱胸腰段的骨折是临床上最常见的脊椎损伤, 其主要的病变为椎体后凸畸形和椎管骨折块侵占所导致的脊柱不稳及脊髓神经损伤, 目前广泛应用的跨伤椎后路复位内固定术存在术中椎体高度复位不佳、术后因椎体“空壳”效应而愈合不良的复位再丢失、出现迟发性后凸畸形和断钉棒等并发症^[1,2]。为了减少并发症, 近年来有经伤椎置钉植骨内固定术的报道, 但缺少其与常规手术有效性和安全性的临床比较研究。2007 年 6 月~2009 年 9 月间, 我科对 30 例胸腰椎单节段骨折患者行了经伤椎椎弓根置钉(5 钉)并椎体内植骨的后路复位内固定, 获得了较好的手术效果, 总结报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2007 年 6 月~2009 年 9 月期间我科收治的胸腰椎单节段骨折患者共 75 例, 均符合 Denis 胸腰椎骨折分类中的屈曲压缩型和垂直爆裂型, 后凸大于 20° 或椎体前缘压缩大于 50% 的患者, 伤椎至少有一侧椎弓根相对完整。但不包括: Denis 分类为屈曲牵张型(Ⅲ型)和骨折脱位型(Ⅳ型)的骨折; 伴有颅脑和胸腹腔内重要脏器的损伤; 脊髓神经功能损伤严重者(Frankel A 级和 B 级); 椎管骨块侵占大于 50% 的不全瘫痪(Frankel C 级和 D 级)患者。伤后至手术的平均时间为 5d(3~10d)。根据患者入院的顺序随机选

择不同的手术方式并分为两组: 经伤椎置钉植骨组(A 组)30 例, Denis 分类压缩型(Ⅰ型)骨折 7 例, 爆裂型(Ⅱ型)骨折 23 例, 男 18 例, 女 12 例, 年龄 32~61 岁, 平均 49.4 岁; 车祸伤 9 例, 高处坠落伤 17 例, 重物压伤 4 例, 神经功能分级 Frankel C 级 1 例, D 级 7 例, E 级 22 例; 跨伤椎置钉组(B 组)45 例, Denis 分类压缩型(Ⅰ型)骨折 13 例, 爆裂型(Ⅱ型)骨折 32 例, 男 25 例, 女 20 例, 年龄 30~65 岁, 平均 48.2 岁, 车祸 14 例, 高处坠落伤 26 例, 重物压伤 5 例, 神经功能分级 Frankel C 级 2 例, D 级 12 例, E 级 31 例。

1.2 影像学检查及测量

两组患者手术前后均行正、侧位 X 线片及 CT 检查, 部分患者行 MRI 检查。①X 线检查: 在侧位片上观察骨折椎体形态, 测量椎体前缘高度(前高), 并计算伤椎前高与正常椎体前高的比值(正常前高取伤椎上下相邻椎体高度的平均值), 即椎体前高压缩比, 来表示椎体前缘压缩程度, 其比值(%) = $\frac{\text{伤椎前缘高度}}{[(\text{伤椎相邻上一椎体前缘高度} + \text{伤椎相邻下一椎体前缘高度})/2]} \times 100\%$ (图 1), 术后椎体的前高压缩比即为矫正率; 测量伤椎相邻椎 Cobb 角(即伤椎相邻上下椎体的上终板延长线之间的夹角^[3], 图 1)。②CT 检查: 观察有无椎板骨折下陷, 以及椎体和椎弓根的完整性, 爆裂骨折的折块突入椎管的形态和程度, 测量椎管中矢径(midsagittal diameter, MD)(图 2), 椎管侵占率(%) = $\frac{[(\text{伤椎相邻上一椎管 MD} + \text{伤椎相邻$

下一椎管 MD)/2]-伤椎椎管最小 MD/[(伤椎相邻上一椎管 MD+伤椎相邻下一椎管 MD)/2]}×100%,全部患者均获得手术前、后的 X 线片及 CT 检查资料。

1.3 手术方法

在全身麻醉下,患者俯卧于脊柱手术架上,以伤椎为中心取后正中切口,显露伤椎及相邻上下椎的棘突、椎板及上下关节突。在 C 型臂 X 线机透视监测下,应用椎板边缘对椎弓根进钉点的定位,B 组按常规在伤椎的上、下椎体椎弓根置入螺钉,复位内固定后行后外椎板关节突植骨融合,患者有脊髓神经功能损伤或骨块侵占椎管大于 30%时行椎板减压,根据 CT 影像尽可能有限减压(图 3);而 A 组则对伤椎及其相邻上、下椎体都进行椎弓根置钉,根据相邻椎正常矢状曲度^[9]预弯棒,连接椎弓根较完整侧的螺钉,对伤椎压缩和后凸实施三点顶压和前方张开复位并固定,具体操作原理是:在上下椎弓根螺钉和棒锁定时,使上下椎体随着棒的弧度而张开,并向后提拉椎体,同时利用伤椎螺钉作为支点,将骨折椎向前推顶,纠正伤椎后突畸形及水平移位,再根据情况对伤椎上下间隙适当伸开复位,使骨折椎体恢复高度,锁固钉棒连接(图 4)。完成后透视证实伤椎高度和矢状曲度基本纠正,证实伤椎椎弓根螺钉到达椎体前 1/2,然后拔除另一侧伤椎椎弓根螺钉,经该椎弓根钉道用克氏针钝头对椎体前中份骨折间隙进行扩大和触探,经该孔植入自体或异体骨粒,填满为止,经椎管探测椎弓根内侧壁完整、减压充分后,再次固定内固定器,去除椎板外缘和关节突的皮质骨并植骨,切口内放引流管,逐层缝合皮肤。

1.4 术后处理

术后卧床休息,24~48h 后引流量小于 50ml 时拔除引流管,2 周后开始腰背肌锻炼,卧床休息 4 周后在腰背支具保护下离床活动,术后 3 个月逐渐去除支具。两组患者均在术后即刻、1、3、6 个月定期复查 X 线片,术后即刻和末次随访行 CT 片复查。术后腰痛评估按 Denis 分级^[4](P1:无疼痛;P2:偶然有轻度疼痛,但不需要服用止痛药;P3:中度疼痛,偶然需服用止痛药,但不影响工作,日常工作无明显改变)。

1.5 统计学处理

所有数据均采用 SPSS 13.0 统计学软件进行分析,计量资料采用 *t* 检验,计数资料采用 χ^2 检验,以 $P<0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

两组患者均获得术后随访,时间 3~12 个月,平均 7.4 个月。两组患者各观测指标测量结果见表 1。两组手术时间比较差异有显著性($P<0.05$),而失血量无明显差异($P>0.05$)。A 组在 Cobb 角和椎体前高压压缩比的术后及末次随访的纠正上明显优于 B 组($P<0.05$);而椎管侵占的纠正和术后腰痛的分级上与 B 组无显著差异($P>0.05$)。A 组在 Cobb 角和前高压压缩比的术后和末次随访的比较中差异无显著性($P>0.05$),而 B 组有显著性($P<0.05$)。

在末次随访时按 Denis 分级评估腰痛:A 组 P1 25 例,P2 5 例;B 组 P1 35 例,P2 8 例,P3 2 例,两组间比较差异无显著性($P>0.05$);两组共 22 例不全瘫患者神经功能都有不同程度的恢复,其中 A 组 8 例,1 例 Frankel C 级患者恢复至 D 级,余 7 例 D 级全部恢复到 E 级;B 组 14 例,1 例 C 级患者恢复至 D 级,1 例恢复至 E 级,其余 12 例 D 级患者均达到了 E 级。无切口感染和医源性神经脊髓损伤并发症。A 组发生脑脊液漏 1 例,经保守治疗愈合;B 组出现 2 例内固定松动、1 例内固定断裂,均再次手术取出内固定,术后随访无腰痛等不适。并发症比较两组差异无显著性 ($\chi^2=0.0110, P>0.05$)。

表 1 两组患者各指标测量结果

		伤椎置钉组 (A 组)	跨伤椎置钉组 (B 组)
手术时间 (min)		108(90~130)	88(75~110) ^①
出血量 (ml)		266(230~295)	256(215~280) ^②
Cobb 角 (°)	术前	20.9±3.1	22.4±5.7 ^②
	术后	9.46±1.9 ^③	11.1±1.6 ^{①③}
	末次随访时	10.1±2.1 ^{③④}	13.6±1.8 ^{①⑤}
椎体前高压 缩比 (%)	术前	59.2±3.7	57.5±6.9 ^②
	术后	93.4±2.2 ^③	88.4±2.1 ^{①③}
	末次随访时	92.1±1.9 ^{③④}	85.3±2.2 ^{①⑤}
椎管侵占率 (%)	术前	33.1±5.4	31.7±3.6 ^②
	术后	26.6±4.7 ^③	28.5±3.4 ^{①③}
	末次随访时	23.9±4.9 ^{③④}	26.5±3.5 ^{①⑤}

注:与 A 组比较,① $P<0.05$,② $P>0.05$;③与同组术前比较 $P<0.05$;与同组术后比较④ $P>0.05$,⑤ $P<0.05$)

3 讨论

3.1 伤椎置钉植骨的优点及有效性

后路跨伤椎椎弓根螺钉内固定治疗单节段胸腰椎骨折是临床上较常用的术式,传统的跨伤椎



图1 椎体前高及相邻椎 Cobb 角测量示意图(a 线: 伤椎前缘高度, a1 线: 伤椎相邻上椎体前缘高度, a2 线: 伤椎相邻下椎体前缘高度, $\angle \alpha$: 伤椎相邻椎 Cobb 角) 图2 椎管正中矢状径及侵占率测量示意图(B 区: 突入伤椎椎管的骨折块, AB 线: 伤椎椎管中矢径, CD 线: 伤椎椎管横径) 图3 患者男, 41 岁, 高处坠落伤, L1 爆裂性骨折, 应用后路短节段复位固定结合伤椎置钉经椎弓根植骨 (3 椎 5 钉) a、b 术前正侧位 X 线片示椎体前方压缩, 相邻椎 Cobb 角为 22°, 椎体前高压缩为 55% c 术前 CT 片示双侧椎弓根完整, 骨折块突入椎管, 椎管有 30% 占位 d、e 术后

正侧位 X 线片示伤椎单侧螺钉固定, 椎体前高恢复到 89%, 相邻椎 Cobb 角纠正至 7°, 内固定位置良好, 胸腰段生理弧度可 f 术后 CT 片可见椎体内植骨块(箭头所指), 骨折块基本得到回纳, 椎管形态有恢复 图4 患者女, 50 岁, 高处坠落伤, L2 爆裂骨折, 应用传统的跨伤椎置钉附加后外侧植骨 (2 椎 4 钉) a、b 术前正侧位 X 线片示相邻椎 Cobb 角为 17°, 椎体前高压缩为 50% c 术前 CT 片示椎管变窄, 椎管侵占 22% d、e 术后正侧位 X 线片示伤椎上下相邻椎椎弓根置钉, 伤椎椎体前高恢复到 83%, 相邻椎 Cobb 角纠正至 9° f 术后 CT 片示椎管仍有部分占位

四钉棒内固定仍有内置物松动或断裂、术后伤椎椎体高度和矫正度的继发性丢失等并发症的发生。近年来,有作者^[5,6]探索在伤椎置入椎弓根螺钉的后路复位内固定技术,以改善其复位固定效果。在生物力学方面,Dick、胡樵等^[7,8]分别报道在牛胸腰椎模型上行 4 钉固定、6 钉固定和 8 钉固定,比较其生物力学差异,发现 6 钉固定在轴向压缩、屈伸、扭转各方面的稳定性,均明显优于 4 钉固定,显著增加了脊柱的强度、刚度及稳定性,能更好地分散内固定的承载应力,减少内固定的松动或断裂;吕夫新^[9]等也得出了相似的结论,三种置钉均能提高骨折失稳后脊柱的各向稳定性,而 6 钉固定与 8 钉固定对失稳脊柱的各向稳定性的加强程度较为接近($P>0.05$),且均高于 4 钉固定形式($P<0.05$)。伤椎置钉的依据在于:①提供三点固定,降低了悬挂效应,减少后凸的形成;②分散了应力,改善了应力分布,降低了平行四边形效应和内固定失败的几率;③避免了对正常椎间盘的牵张,有利于伤椎形态的恢复,增强伤椎前柱支撑力量,减少晚期椎体高度的丢失;④伤椎固定可以避免由于撑开复位导致的腰椎前凸角度的减小,有利于保持固定部位的生理曲度。在临床运用方面,李晶^[10]等对合并前后纵韧带断裂及椎间盘破裂的脊柱骨折脱位患者应用 3 椎体 6 椎弓根螺钉置入复位固定治疗,认为伤椎行椎弓根内固定在技术操作上是可行的,对恢复椎体高度和纠正脱位有效;贾水森等^[11-13]通过临床实践发现伤椎置 1 枚螺钉(5 钉)的后路经椎弓根固定,在抗扭、抗折、复位程度及固定稳定性等方面与 6 枚螺钉无明显差异($P>0.05$),同时还可减少对骨折椎的损伤,且更经济,具备广泛的适应证,尤其是对有一侧椎弓根破坏的患者,所以我们手术中均选择在伤椎置入 1 枚螺钉(3 椎 5 钉),椎弓根完好是进行伤椎椎弓根钉固定的前提条件。

经后路椎弓根置钉治疗胸腰椎骨折,在复位伤椎后所形成的“空壳”使椎体失去正常的支撑,假若负重,应力会持续加载于后方的内置物上,使其疲劳,产生松动、断裂,严重者可导致晚期脊髓损伤的发生^[6,14]。因此在胸腰椎骨折复位、内固定的同时,行椎体内植骨重建前、中柱生理结构,并有效地植骨融合固定,是防止椎体在术后乃至内固定取出后矫正角度丢失的重要手段,进而也可避免术后椎弓根钉负荷过大而折断。其植入途径

可经椎弓根、椎间孔、后路和前路。孔维清^[15]等通过对 63 例胸腰椎骨折术后患者随访发现,切开复位内固定并椎体内植骨总体疗效优于传统切开复位内固定,且实施简便,不增加手术难度。

刘焕林等^[16]通过对 24 只山羊模型研究发现采用椎弓根固定治疗椎体压缩性骨折,无论植骨与否,只要伤椎有足够时间恢复强度与刚度,则二者治疗效果无明显差别。于凤珍^[17]等也认为胸腰椎骨折治疗成功的关键在于术中满意复位和足够卧床时间以获得骨折椎体的愈合及椎体强度的恢复,无论后路融合还是椎体内植骨,都没有足够的证据显示其明显的优点。本组严格掌握手术适应证、采取了有效的(5 钉)复位内固定、尽可能对椎体中前份的植骨和充分的后路融合。本组伤椎置钉植骨后效果与文献报道类似^[2],而在内固定的松动断裂、椎体高度矫正丢失等并发症发生率上要低于传统跨伤椎置钉的文献报告,获得了良好的疗效。

3.3 伤椎置钉植骨的安全性

Hakalo 等^[18]认为,经伤椎椎弓根固定是没有依据且危险的;魏富鑫等^[19]也发现,对于未合并前、后纵韧带断裂的胸腰椎骨折,行跨节段椎弓根钉固定、撑开后,其稳定性足以满足临床需要,不必再行伤椎固定,这样不仅没有明显提高固定节段稳定性,反而增加患者经济负担、手术时间及风险。胸腰椎爆裂骨折一般多为上终板破裂,椎弓根完整时,可以通过椎弓根对上终板进行直接撬拨复位^[20,21],只要椎弓根完整,伤椎的植骨置钉和终板的撬拨操作就远离了神经脊髓。本研究发现,经伤椎置钉植骨组在椎体高度、相邻椎 Cobb 角、椎管中矢径的恢复方面都要优于跨伤椎置钉组;伤椎椎弓根完整即可行伤椎椎弓根置钉,在复位过程中是三点复位的原理,伤椎椎弓根螺钉推动伤椎向前而纠正后突达到复位的目的,即推动向椎管内移动的骨块向前复位而扩大了椎管,所以对脊髓神经是安全的,理论上讲伤椎的椎弓根螺钉在向前的持续的推力作用下可使椎弓根螺钉向前移动而损伤椎前组织,我们采取了椎体畸形不过度矫正和伤椎椎弓根钉达椎体中份即可的办法避免了此风险,本组没有发生伤椎椎弓根螺钉的移动和骨块后移产生的神经血管并发症,所以伤椎椎弓根置钉是安全的。

Knop 等^[22]认为经椎弓根椎体内植骨并不能

防止内固定失败和椎体高度丢失, 主要由于植骨量有限, 充填不确定, 特别是空洞较大时, 难以达到满意效果, 并且椎体严重骨折时, 经椎弓根打压植骨易掉出椎体外, 甚至突向椎管内, 反而加重椎体损伤和椎管狭窄, 造成医源性损伤, 并且单纯复位固定不植骨无需显露植骨床而进行广泛剥离, 可减少对小关节的破坏, 从而减少手术创伤和出血, 缩短手术时间。本组虽手术时间稍长但出血量并未增加, 无脊髓神经的损伤及切口感染等并发症发生, 伤椎矫正丢失较少, 钉棒松动断裂发生较少, 手术安全有效, 我们认为椎弓根通道向椎体内植颗粒骨是有益的, 椎体内形成的“空壳”效应有利于颗粒骨的推入。由于颗粒骨推进的方向是背离椎管, 所以对脊髓神经是安全的, 但要避免过度的击入骨块而造成椎体后缘骨块的移动。我们发现椎体“空壳”内植骨量可达 1~2g, 虽不能完全填充, 但足以形成腔隙内“骨生长岛”, 促进骨折的早日愈合, 在内固定的保护下, 可形成前柱有效的支撑, 而获得好的临床效果。

综上, 通过与传统跨伤椎椎弓根螺钉内固定方法的疗效比较, 我们发现经伤椎置钉植骨治疗胸腰椎骨折安全有效, 其术中复位、重建椎体高度、矫正后凸畸形效果较好, 术后发生断钉、断棒和畸形矫正的丢失较少, 神经功能和腰痛恢复满意, 虽然手术时间更长以及术中失血量可能会增加, 但其没有血管神经的医源性损伤和切口的感染。本研究中没有能应用正常生理曲度值来判断椎体压缩程度和矫正程度, 并且本组病例数不多、随访时间不长、手术适应证还较窄, 因此尚需进一步更深入研究。

4 参考文献

1. Peter D, Angevine CA, Curtis A, et al. Lumbar fusion with and without pedicle screw fixation [J]. Spine, 2007, 32 (13): 1466-1471.
2. 胡生庭, 丁真奇, 康两期, 等. 经伤椎固定及植骨治疗胸腰椎 Magerl A3 型骨折 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2010, 20 (3): 219-223.
3. 吴超, 谭伦, 林旭, 等. X 线片上胸腰椎相邻节段矢状曲度的测量及临床应用 [J]. 中国矫形外科杂志, 2009, 17 (15): 1167-1169.
4. Denis F. Spinal instability as defined by the three-column spine concept in acute spinal trauma [J]. Clin Orthop Relat Res, 1984, 189: 65-76.
5. 袁强, 田伟, 张贵林, 等. 骨折椎垂直应力螺钉在胸腰椎骨折中的应用 [J]. 中华骨科杂志, 2006, 26 (4): 217-222.
6. 宋元进, 孙海燕, 王谦军, 等. 后路短节段固定结合伤椎固定经椎弓根植骨治疗胸腰段骨折 [J]. 中国矫形外科杂志, 2010, 18 (2): 110-112.
7. 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.
8. 胡樵, 黄勇, 赵东升, 等. 胸腰椎骨折伤椎椎弓根内固定的生物力学研究 [J]. 河北医学, 2008, 14 (7): 57-61.
9. 吕夫新, 黄勇, 张强, 等. 胸腰椎骨折伤椎椎弓根内固定生物力学研究与临床应用 [J]. 脊柱外科杂志, 2008, 6 (4): 229-233.
10. 李晶, 吕国华, 王冰, 等. 胸腰椎骨折脱位伤椎固定的可行性研究 [J]. 中华骨科杂志, 2005, 25 (5): 293-296.
11. 贾水森, 董胜利, 张凯, 等. 伤椎单侧椎弓根固定治疗胸腰椎骨折的临床探讨 [J]. 中国矫形外科杂志, 2008, 16 (20): 1595-1596.
12. 李健, 肖斌, 于跃芹, 等. 经伤椎椎弓根钉固定结合经椎弓根植骨治疗胸腰椎爆裂骨折 [J]. 中国矫形外科杂志, 2009, 17 (8): 590-592.
13. 周飞, 周文玉, 周蔚, 等. 经伤椎一侧椎弓根通道椎体内植骨并对侧椎弓根置钉固定治疗胸腰椎骨折 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2008, 23 (4): 271-273.
14. 谭明生. 胸腰椎骨折的分类与治疗选择 [J]. 中国骨伤, 2008, 21 (1): 1-3.
15. 孔维清, 徐建广, 周蔚, 等. 胸腰椎骨折手术治疗中椎体内植骨与非植骨病例 2 年随访疗效比较 [J]. 脊柱外科杂志, 2010, 8 (1): 7-10.
16. 刘焕林, 刘亚, 邱玉金, 等. 短节段固定不植骨治疗山羊腰椎压缩性骨折效果观察 [J]. 山东医药, 2010, 50 (19): 47-48.
17. 于凤珍, 徐卫国, 肖善富, 等. 胸腰椎骨折短节段固定不植骨的临床研究与应用 [J]. 脊柱外科杂志, 2007, 5 (4): 246-247.
18. Hakalo J, Wronski J. Complications of a transpedicular stabilization of thoracolumbar burst fractures [J]. Neurol Neurochir Pot, 2006, 40 (2): 134-139.
19. 魏富鑫, 刘少喻, 赵卫东, 等. 胸腰椎爆裂性骨折伤椎固定的生物力学研究 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2006, 8 (9): 857-860.
20. 潘勇, 初同伟, 郝勇, 等. 经伤椎与不经伤椎椎弓根螺钉复位固定治疗胸腰椎骨折的临床对比研究 [J]. 中华创伤杂志, 2009, 25 (8): 694-697.
21. 陈志刚, 周广镒, 吕书军, 等. 胸腰椎爆裂骨折两种后路术式的疗效比较 [J]. 实用骨科杂志, 2009, 15 (11): 804-806.
22. Knop C, Fabian HF, Bastian L, et al. Late results of thoracolumbar fractures after posterior instrumentation and transpedicular bone grafting [J]. Spine, 2001, 26 (1): 88-99.

(收稿日期: 2011-03-09 修回日期: 2011-04-21)

(英文编审 赵景鑫/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)