

短节段椎弓根螺钉复位固定伤椎内植骨治疗 Denis B 型胸腰椎骨折的影像学观察

印 飞, 张绍东, 吴小涛, 庄苏阳, 王 宸

(东南大学附属中大医院脊柱外科 210009 南京市)

【摘要】目的:探讨短节段椎弓根螺钉固定辅助椎体内植骨对预防 Denis B 型胸腰椎骨折术后矫正度丢失及伤椎骨缺损的效果。**方法:**对 2005 年 5 月~2011 年 12 月我科收治的 40 例 Denis B 型胸腰椎骨折患者经短节段椎弓根螺钉复位固定术后影像学资料进行分析, 根据伤椎内是否植骨分为伤椎内植骨组及未植骨组 (各 20 例), 统计两组患者手术前后 Cobb 角、伤椎前缘高度压缩率、椎间隙高度, 术后 CT 矢状位及横断面上观测伤椎骨缺损程度及位置, 并进行统计分析。**结果:**随访时间植骨组为 15~30 个月, 平均 22.3 个月; 未植骨组为 12~30 个月, 平均 19.6 个月。两组术后均能有效纠正 Cobb 角及伤椎前缘高度, 两组间差异无统计学意义 ($P>0.05$)。植骨组末次随访时 Cobb 角丢失 $4.1^\circ\pm 4.0^\circ$, 椎体前缘高度压缩率丢失 $(5.0\pm 3.7)\%$, 伤椎相邻上位椎间隙高度丢失 $(1.29\pm 1.9)\text{mm}$; 未植骨组末次随访时 Cobb 角丢失 $5.6^\circ\pm 3.2^\circ$, 椎体前缘高度压缩率丢失 $(5.7\pm 4.5)\%$, 伤椎相邻上位椎间隙高度丢失 $(1.87\pm 1.1)\text{mm}$; 两组矫正度丢失比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。植骨组末次随访时 CT 显示伤椎骨缺损在矢状面上主要位于椎体上 1/3 中部, 在横断面上主要位于前柱的中央前缘部, 其椎骨缺损程度为 $(7.1\pm 4.7)\%$, 与未植骨组的 $(14.7\pm 7.3)\%$ 相比, 明显降低 ($P<0.05$)。**结论:**短节段椎弓根螺钉固定椎体内同种异体骨植入治疗 Denis B 型胸腰椎爆裂骨折可有效矫正 Cobb 角及伤椎前缘高度, 并能有效降低伤椎骨缺损程度。

【关键词】 胸椎; 腰椎; 脊柱骨折; 植骨; 影像学分析

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2013.04.11

中图分类号: R683.2, R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2013)-04-0341-06

Imaging study of short-segment pedicle screw instrumentation and transpedicular interbody bone graft for Denis type B thoracolumbar fractures/YIN Fei, ZHANG Shaodong, WU Xiaotao, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2013, 23(4): 341-346

【Abstract】 Objectives: To investigate the loss of correction and defects repairment in Denis type B thoracolumbar fractures treated by short-segment pedicle screw instrumentation and transpedicular interbody bone graft. **Methods:** X-ray and CT images of forty patients suffering from Denis type B thoracolumbar fractures from May 2005 to December 2011 were collected. The assessments included sagittal Cobb angle, compression rate of anterior vertebral body height, and the height of disk space of preoperation and postoperation, the vertebra defect degrees and sites in sagittal view and cross-section view of latest CT imaging. **Results:** 20 cases underwent short-segment pedicle screw instrumentation with transpedicular interbody bone graft. The time of follow-up was 15-30 months with an average of 22.3 months. 20 cases underwent only short-segment pedicle screw instrumentation. The time of follow-up was 12-30 months with an average of 19.6 months. Two groups showed good recovery of Cobb angle and anterior vertebral body height, with no significant differences ($P>0.05$). In bone graft group, the loss of correction was $4.1^\circ\pm 4.0^\circ$, the loss of anterior vertebral body height was $(5.0\pm 3.7)\%$, the loss of height at cranial adjacent disc was $(1.29\pm 1.9)\text{mm}$. In none-bone graft group, the loss of correction was $5.6^\circ\pm 3.2^\circ$, the loss of anterior vertebral body height was $(5.7\pm 4.5)\%$, the loss of height at cranial adjacent disc was $(1.87\pm 1.1)\text{mm}$. There was no significant difference in the degree of loss of correction ($P>0.05$). The defects in sagittal and cross section CT scan in bone graft group mainly existed in one-

第一作者简介: 男 (1987-), 硕士研究生在读, 研究方向: 脊柱外科

电话: (025)83262330 E-mail: yfseu0126@126.com

通讯作者: 张绍东 E-mail: shaodongmd@126.com

third of the vertebral superior border. Compared with none-bone graft group, bone graft group had less degree of bone defects ($P < 0.05$). **Conclusions:** Short-segment pedicle screw instrumentation with allograft graft is effective for Denis type B thoracolumbar fractures, which can effectively correct kyphosis, recover anterior vertebral body height and decrease the degree of bone defect.

【Key words】 Thoracic vertebrae; Lumbar vertebrae; Spinal fractures; Bone grafting; Imaging analysis

【Author's address】 Spine Surgery, ZhongDa Hospital, Southeast University, Nanjing, 210009, China

Denis B 型胸腰椎爆裂骨折仅累及上终板损伤,其发生率约占胸腰椎骨折的 54.7%^[1]。椎弓根螺钉复位治疗胸腰椎骨折通过韧带整复作用,可达到矫正后凸畸形的目的,但挤压破坏的骨小梁不能完全恢复,易形成“蛋壳”样椎体^[2]。对伤椎内进行骨填充可以重建椎体前中柱,恢复脊柱正常载荷^[3];但关于椎体内植骨对术后矫正度的影响目前仍有争议^[4],特别是植骨后椎体内骨愈合情况及其与矫正度丢失有无影响均未见相关研究。我们从 2003 年开始采用椎体内植骨治疗胸腰椎爆裂骨折,为分析其疗效,本研究选择同期行短节段固定未行椎体内植骨治疗的椎体骨折患者与之比较,报告如下。

1 临床资料

1.1 一般资料

病例纳入标准:(1)新鲜单节段胸腰椎骨折,损伤节段为 T11~L2;(2)仅累及上终板损伤的 Denis B 型胸腰椎爆裂骨折;(3)神经症状 Frankel 分级 D~E 级;(4)行后路手术;(5)术后随访有 X 线及 CT 复查结果。病例排除标准:(1)陈旧性骨折;(2)多节段胸腰椎骨折;(3)神经症状 Frankel 分级 A、B 或 C 级;(4)术式为前路或者前后路联合;(5)术后随访存在内固定断裂等严重并发症。

本研究共纳入胸腰椎骨折患者 40 例,其中短节段椎弓根螺钉复位固定伤椎内植骨者 20 例:男 12 例,女 8 例,年龄 24~58 岁,平均 44.2 岁;Frankel 分级:D 级 4 例,E 级 16 例;骨折部位:T12 3 例,L1 14 例,L2 3 例;均为经椎弓根途径双侧植入同种异体骨,植骨量 4.0~6.0g。短节段椎弓根螺钉复位固定未行椎体内植骨者 20 例:男 15 例,女 5 例;年龄 29~53 岁,平均 39.8 岁;Frankel 分级:D 级 1 例,E 级 19 例;骨折部位:T12 4 例,L1 10 例,L2 6 例;未行椎体内植骨。伤椎内是否植骨无特殊标准,由医师与患者商榷后决定。两组患者在年龄、性别比例、受伤节段及神经功能分级上差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

1.2 手术方法

所有患者均采用全麻、俯卧位,先行手法复位后实施手术。采用后正中切口,剥离两侧椎旁肌,显露椎弓根螺钉置钉点(上关节突人字嵴顶点的凹陷处),于伤椎上下相邻椎体置入椎弓根螺钉,透视无误后,略向上下撑开以复位椎体高度,以连接棒固定,未植骨组结束手术。植骨组经伤椎两侧椎弓根途径穿刺,利用器械对终板行翘推复位,并植入同种异体骨 4.0~6.0g。置引流管、关闭切口。

1.3 术后处理

所有患者术后 1~2d 引流量少于 20ml/d 后拔除引流管,术后 4 周佩戴支具下地活动,并逐步加大在床上的腰背肌锻炼强度及幅度,期间避免过度弯腰,3 个月后复查后去支具活动。

1.4 观察指标

选取术后 X 线、CT 片为测量对象,采用 NEUSOFT PACS/RIS 软件进行测量。(1)骨缺损部位:选择正中矢状位 CT 片,将椎体均匀分为 9 等份,1、2、3 区为上终板区,7、8、9 区为下终板,4、5、6 为椎体中央区域;选择经伤椎椎弓根正中横断位 CT 片,根据临床置入椎弓根螺钉时可能形成的椎弓根螺钉道最大交叉角度,将椎体分为四部分。a 区为两侧植骨均可到达区域,c、d 区为两单侧椎弓根植骨可达区域,b 区为两侧均不可达区域(图 1、2)。对以上图像中各区域骨缺损出现次数进行统计,当骨缺损同时位于多个区域时,则每个区域计数同时增加 1 次。(2)Cobb 角:伤椎相邻上椎体的上缘垂线与相邻下椎体下缘垂线的夹角。(3)伤椎前缘高度压缩率:伤椎前缘高度压缩率=(伤椎相邻椎体前缘高度平均值-伤椎前缘高度)/伤椎相邻椎体前缘高度平均值 $\times 100\%$ 。(4)椎间隙高度:测量伤椎与相邻上位椎体间椎间隙前、中、后的高度,取平均值。(5)伤椎骨缺损程度:选取末次随访 CT 横断面图像,测量伤椎缺损面积占椎体面积的百分比(图 3)。

1.4 统计学分析

数据输入 SPSS 16.0 统计学软件,采用 $\bar{x} \pm s$

表示,对患者一般资料进行卡方检验,影像学测量结果进行 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

40 例患者均获得随访,随访时间植骨组为 15~30 个月,平均 22.3 个月;未植骨组为 12~30 个月,平均 19.6 个月,两组间差异无显著性 ($P > 0.05$)。术后 4 周后戴硬质腰围下床活动,所有患者均行内固定取出,末次随访神经功能评估均为 E 级。两组患者 Cobb 角度、椎体前缘高度及椎间隙高度评估情况见表 1。两组术前数据比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$),术后 Cobb 角、椎体前缘高度压缩率与术前相比均有明显改善 ($P < 0.05$),术后两组间比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$),末次随访时两组在 Cobb 角度丢失、椎体前缘高度丢失及伤椎相邻上位椎间隙高度丢失方面均无明显差异 ($P > 0.05$)。

末次随访骨缺损情况见表 2。伤椎内植骨组 20 例中 3 例无骨缺损发生,17 例骨缺损程度为 2.06%~16.63%,平均为 $(7.1 \pm 4.7)\%$,CT 矢状位上骨缺损主要位于 2 号区域,CT 横断位上伤椎骨缺损主要出现在 a 区域;伤椎未植骨组 20 例均存在不同程度骨缺损 (5.76%~25.29%),平均 $(14.7 \pm 7.3)\%$,末次随访 CT 矢状位上骨缺损主要位于 2、3 号区域,CT 横断位上伤椎骨缺损主要出现在 a、c、d 区域(图 4、5)。两组在 CT 横断位及矢状位骨

缺损分布情况上差异无统计学意义 ($P > 0.05$),但植骨组较未植骨组能有效降低伤椎骨缺损程度 ($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 Denis B 型胸腰椎爆裂骨折复位后骨缺损机制

Denis B 型胸腰椎爆裂骨折为上终板塌陷型,特点为椎体上位终板破坏,椎体上部分压缩并后凸,但下终板及下位椎间盘相对完整,临床最为多见。Holdsworth^[5]认为胸腰椎爆裂骨折是在轴向压力和不同程度的屈曲、旋转力作用于脊柱时,髓核通过骨折的上终板嵌入椎体,导致椎体内压急剧升高,椎体自内向外爆裂而形成。Brown 等^[6]通过动物实验也认为椎间盘在爆裂性骨折的发生中起重要作用。椎弓根螺钉技术利用韧带整复作用,恢复伤椎高度、矫正后凸畸形^[7],但椎体骨折伴椎间盘不同程度破裂,挤入椎体中的髓核、破碎的终板、被挤压破坏的骨小梁没有纤维环附着,在撑开复位时不能完全复位,术后椎体内缺损不会发生骨性愈合,而是由纤维组织填充,形成“蛋壳样”椎体^[8]。

3.2 椎体内植骨对胸腰椎骨折后凸畸形的作用

Daniaux 等^[9]最早采用后路椎弓根螺钉复位固定后经椎弓根途径椎体内自体骨植入治疗胸腰椎骨折,以后该方法逐渐被推广。胡海刚等^[10]认为

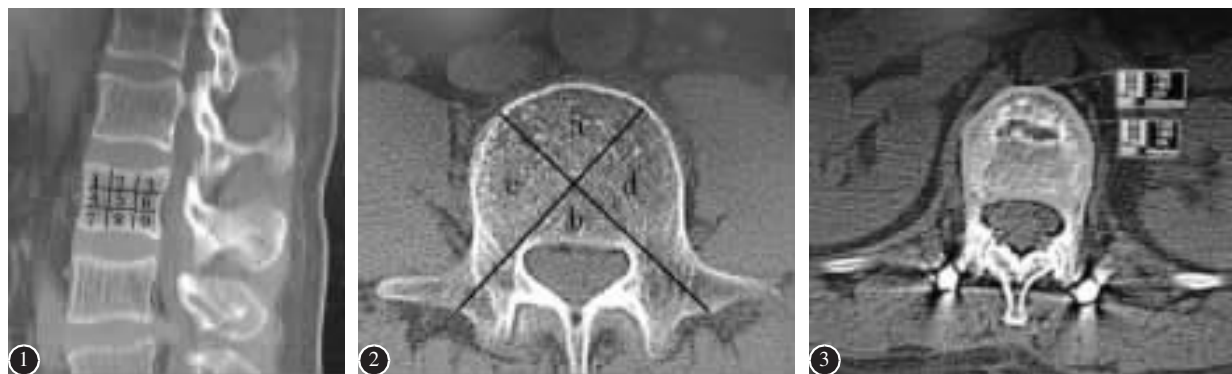


图 1 选择椎体 CT 正中矢状位片,将椎体均分为九等份,并标记各区域 图 2 选择经伤椎椎弓根正中位 CT 片,根据临床置入椎弓根螺钉时可能形成的椎弓根螺钉道最大交叉角度,将椎体分为四部分,并标记各区域 图 3 选择 CT 横断位中骨缺损最大平面,利用 NEUSOFT PACS/RIS 软件测量骨缺损面积及椎体面积

Figure 1 Based on the middle sagittal view of latest CT imaging; the vertebral body were divided into nine equal parts, and marked **Figure 2** Based on the midline CT slice through the fractured vertebral pedicle, the vertebral body was divided into four parts according to the clinical maximum intersection angle of pedicle screw, and marked **Figure 3** Based on the largest bone defect plane in the cross section of latest CT imaging, NEUSOFT PACS/RIS software was used to measure the defect area and vertebral area

表 1 两组患者 Cobb 角、椎体前缘高度、椎间隙高度
Table 1 Sagittal Cobb angle, anterior vertebral body height, and the height of intervertebral space between 2 groups

组别 Groups	植骨组(n=20) Bone-grafting group	未植骨组(n=20) No bone-grafting group
Cobb角(°) Cobb angle		
术前 Preoperative	10.9±5.1	11.3±8.4
术后 1 周 Postoperative 1 week	3.0±4.3 ^①	3.4±4.0 ^①
末次随访 Final follow-up	7.2±5.7 ^①	9.0±6.4 ^①
椎体前缘高度压缩率(%) Compression rate of anterior vertebral body height		
术前 Preoperative	30.0±14.6	27.4±9.1
术后 1 周 Postoperative 1 week	4.2±4.4 ^①	6.5±5.9 ^①
末次随访 Final follow-up	9.2±6.1 ^①	12.2±7.7 ^①
Cobb角丢失(°) Loss of Cobb angle	4.1±4.0	5.6±3.2
椎体前缘高度丢失率(%) Loss of compression rate of anterior vertebral body height	5.0±3.7	5.7±4.5
伤椎相邻上位椎间隙高度丢失(mm) the height loss of intervertebral space between cranial adjacent segment and injured vertebra	1.29±1.9	1.87±1.1

注:①与术前比较 $P<0.05$
Note: ①Compared with preoperation, $P<0.05$

经椎弓根伤椎内植骨可增强椎体抗压稳定性,重建椎体高度。李利等^[11]通过回顾性分析认为椎体内植骨的“撑起”复位作用,对于早期恢复伤椎形态及脊柱序列的效果较后外侧植骨好,能有效维持伤椎前缘高度、纠正后凸畸形。然而,Knop 等^[4]认为椎体内植骨并不能有效防止内固定破坏及术后矫正度的丢失,并分析可能与植骨量少和嵌入椎间盘组织未被清除有关。本研究通过对植骨与未植骨治疗的 40 例 Denis B 型胸腰椎骨折患者进行术后随访,两组均能有效纠正术前 Cobb 角及椎体前缘高度,但末次随访术后矫正度均有不同程度的丢失,两组在 Cobb 角、椎体前缘高度及伤椎相邻上位椎间隙高度的丢失上均无明显差异。说明短节段椎弓根螺钉固定椎体内植骨治疗 Denis B 型胸腰椎爆裂骨折,术后能即刻恢复伤椎高度、矫正后凸畸形,但不能有效预防术后伤椎

表 2 CT 横断位及矢状位骨缺损各区出现次数及伤椎骨缺损程度
Table 2 The bone defect district occurrences of sagittal view and cross section of CT imagings and the degree of bone defects

组别 Groups	植骨组(n=20) Bone-grafting group	未植骨组(n=20) No bone-grafting group
CT横断位骨缺损分布		
a 区 a region	17	20
b 区 b region	1	0
c 区 c region	1	8
d 区 d region	2	7
CT矢状位骨缺损分布		
1 区 1 region	2	7
2 区 2 region	17	20
3 区 3 region	1	8
4 区 4 region	0	2
5 区 5 region	0	3
6 区 6 region	0	1
7 区 7 region	0	1
8 区 8 region	0	0
9 区 9 region	0	0
伤椎骨缺损程度(%) The degree of bone defects(%)	7.1±4.7	14.7±7.3 ^①

注:①与植骨组相比 $P<0.05$
Note: ①Compared with bone-grafting group, $P<0.05$

高度及矫正度的丢失。
3.3 胸腰椎骨折术后骨缺损现象
刘团江等^[12]通过对 32 例单纯行椎弓根螺钉复位固定的胸腰椎骨折患者术后 CT 进行分析,发现术后骨缺损发生率为 100%,即使椎体外形恢复正常,但在椎弓根层面的前部依然存在约为椎体体积 1/4 左右的骨缺损。周蔚等^[13]认为椎体内植骨对骨折终板塌陷区域进行填充,可增强伤椎的支撑作用,重建脊柱前中柱的稳定性,有效对抗轴向负荷,避免“蛋壳”效应发生。本研究发现未行椎体内植骨的患者术后伤椎均存在骨缺损,缺损程度约为椎体的 14.7%,而 20 例椎体内植骨治疗的胸腰椎骨折患者术后 17 例椎体仍存在骨缺



图 4 患者男, 52 岁, L2 椎体爆裂骨折, 行短节段固定术(伤椎未植骨) **a** 术前侧位 X 线片示 Cobb 角 9° , 椎体前缘高度压缩率 28% **b** 术后 1 周 X 线片示 Cobb 角 4° , 椎体前缘高度压缩率 14.2% **c** 术后 14 个月 X 线片示 Cobb 角 10° , 椎体前缘高度压缩率 22% **d、e** 术后 14 个月 CT 横断位及矢状位片示骨缺损程度为 25.29%, 主要位于 a、c、d、1、2、4、5 区域 **图 5** 患者男, 53 岁, L1 椎体爆裂骨折, 行短节段固定+伤椎同种异体骨植入术 **a** 术前 MRI 示 Cobb 角 11° , 椎体前缘高度压缩率 33.4% **b** 术后 1 周 X 线片示 Cobb 角 10° , 椎体前缘高度压缩率 7.71% **c** 术后 21 个月 X 线片示 Cobb 角 14° , 椎体前缘高度压缩率 9.1% **d、e** 术后 21 个月 CT 横断位及矢状位片示骨缺损程度为 8.26%, 主要位于 a、2 区域

Figure 4 A 52-year-old male, L2 burst fractures, only underwent shortsegment pedicle screw instrumentation **a** Cobb angle in preoperative X-ray was 9° , compression rate of anterior vertebral body height was 28% **b** Cobb angle in postoperative 1 week X-ray was 4° , compression rate of anterior vertebral body height was 14.2% **c** Cobb angle in latest follow-up X-ray was 10° , compression rate of anterior vertebral body height was 22% **d, e** the degree of bone defect at sagittal view and cross section in CT imaging was 25.29%, mostly at a, c, d, 1, 2, 4, 5 regions respectively **Figure 5** A 53-year-old male, L1 burst fractures, underwent shortsegment pedicle screw instrumentation with transpedicular interbody allograft grafting in injured vertebra **a** Cobb angle of preoperative MRI was 11° , compression rate of anterior vertebral body height was 33.4% **b** Cobb angle in postoperative 1 week X-ray was 10° , compression rate of anterior vertebral body height was 7.71% **c** Cobb angle in latest follow-up X-ray was 14° , compression rate of anterior vertebral body height was 9.1% **d, e** The degree of bone defect of sagittal view and cross section in CT imaging was 8.26%, mostly at a and 2 regions respectively

损现象, 缺损程度约为椎体的 7.1%, 通过对比我们认为椎体内同种异体骨植入术后可有效减少骨缺损面积, 但不能完全避免骨缺损的发生。

3.4 椎体内植骨术后骨缺损仍存在的机制

本研究植骨组均为经椎弓根途径双侧植入同种异体骨, 植骨量 4.0~6.0g, 末次随访 CT 示骨缺损主要存在于两侧植骨均可到达的椎体前缘中央部分、上终板薄弱区附近。我们认为椎体内植骨术

后骨缺损仍存在的主要原因为: ①经特制长漏斗椎体内植骨时, 受椎弓根解剖特征的限制, 漏斗置入后深度虽可适当调整, 但角度调整困难, 经双侧椎体植骨主要集中于 a 区前侧部分, 而 a 区后部分及 a、b 交界区、b 区均存在较大盲区, 植骨量有限。②Denis B 型胸腰椎爆裂骨折为累及上终板塌陷的骨折, 挤入椎体中的髓核、破碎的终板没有纤维环附着, 在撑开复位的同时不能有效复位。髓

核组织作为有免疫性的“隔离抗原”暴露于椎体,完成抗原暴露,有产生自身免疫反应的倾向^[14]。骨免疫学研究也发现免疫细胞能产生大量炎性因子促进骨的破坏,影响骨愈合^[15]。异体冷冻骨移植后也能引起免疫反应,主要以慢性排斥反应为主,表现为伴有骨吸收的无菌性炎症和原因不明的骨吸收^[16]。③同种异体骨与宿主骨的Ⅱ型愈合过程中骨痂完全由宿主骨一侧产生,单向异体骨生长,包绕并把持异体骨端,最终爬行替代骨长入^[17]。虽然我们在术中利用器械对终板行翘推复位,但椎间盘组织仍可从损伤的薄弱区持续突入终板,“蠕变”进入椎体,持续压迫椎体骨质,干扰异体骨愈合过程,使受累骨质发生营养障碍,不断被吸收。邱贵兴等^[18]认为小块异体骨主要由松质骨构成,与自体骨相比,缺少活细胞,成骨较慢,且单独使用同种异体骨或合并使用自体骨的愈合率较低。李方财等^[19]认为椎间盘损伤后可经破裂的终板疝入椎体,阻止椎体的骨愈合,从而导致椎体高度的进行性丢失。

本研究认为短节段固定椎体内同种异体骨植入治疗 Denis B 型胸腰椎爆裂骨折能有效降低伤椎骨缺损程度,但不能预防术后矫正度的丢失、避免骨缺损发生。我们认为对胸腰椎爆裂骨折进行植骨治疗时①应认真选择植骨材料,可考虑使用自体骨与人工骨混合植入;②保证植骨量进行充分植骨的同时可采用特制植骨漏斗避免产生植骨盲区;③及时修复终板损伤也极为重要。考虑到本研究样本相对较少,还需要进一步加大样本量来研究伤椎内骨缺损对临床疗效及患者术后生活质量的影响。而内固定取出后“蛋壳”样缺损是否会造成脊柱不稳及后凸畸形的加重,还需要进一步研究。

4 参考文献

1. Atlas SW, Regenhogen V, Rogers LF, et al. The radiographic characterization of burst fractures of the spine [J]. Am J Roentgenol, 1986, 147(3): 575-582.
2. Lin D, Guo L, Ding Z, et al. Modified surgery for acute thoracolumbar fractures: a prospective report [J]. Eur Orthop Traumatol, 2011, 2(1): 33-39.
3. Yang H, Shi JH, Ebraheim M, et al. Outcome of thoracolumbar burst fractures treated with indirect reduction and fixation without fusion[J]. Eur Spine J, 2011, 20(3): 380-386.
4. 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.
5. Holdsworth F. Fractures, dislocations and fracture-dislocations of the spine[J]. J Bone Joint Surg, 1970, 52(8): 1534-1551.
6. Brown SH, Gregory DE, McGill SM. Vertebral end-plate fractures as a result of high rate pressure loading in the nucleus of the young adult porcine spine[J]. J Biomech, 2008, 41(1): 122-127.
7. Tofuku K, Koga H, Ijiri K, et al. Combined posterior and delayed staged mini-open anterior short-segment fusion for thoracolumbar burst fractures[J]. Spinal Disord Tech, 2012, 25(1): 38-46.
8. Islam MA, Sakeb N, Islam A, et al. Evaluation of the results of posterior decompression, posterolateral fusion and stabilization by pedicle screw and rod in traumatic thoracolumbar fractures[J]. Bangladesh Med Res Counc Bull, 2011, 37(3): 97-101.
9. Daniaux H. Transpedicular repositioning and spongiosplasty in fractures of the vertebral bodies of the lower thoracic and lumbar spine [J]. Unfallchirurg, 1986, 89(5): 197-213.
10. 胡海刚, 谭伦, 林旭, 等. 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[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(8): 663-668.
11. 李利, 史亚民, 侯树勋, 等. 经椎弓根椎体内植骨与后外侧植骨治疗胸腰椎爆裂骨折的影像学研究 [J]. 中华外科杂志, 2011, 49(2): 140-144.
12. 刘团江, 郝定均, 王晓东, 等. 胸腰段骨折椎弓根螺钉复位固定术后骨缺损的 CT 研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2003, 11(10): 678-679.
13. 周蔚, 徐建广, 孔维清, 等. 计算机导航辅助下行后路内固定椎体植骨治疗胸腰椎骨折[J]. 中华创伤骨科杂志, 2011, 13(2): 101-105.
14. Takahashi H, Suguro T, Okazima Y, et al. In-inflammatory cytokines in the herniated disc of the lumbar spine[J]. Spine, 1996, 21(2): 218-224.
15. Lorenzo J, Choi Y, Horowitz M, et al. Osteoimmunology-Interactions of the Immune and Skeletal Systems [M]. Academic Press, 2010. 1-5.
16. 左健, 康建敏, 潘乐. 同种异体骨移植用于骨缺损修复的应用现状[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(18): 3395-3398.
17. 郝林, 王涛, 徐海荣, 等. 大段异体骨移植后骨端不愈合的外科治疗[J]. 中华外科杂志, 2009, 47(11): 837-841.
18. 邱贵兴, 孙世荃. 同种异体骨植入材料的临床应用[J]. 中华骨科杂志, 2004, 24(10): 625-637.
19. 李方财, 陈其昕, 陈维善, 等. 经皮椎弓根螺钉内固定结合椎体内植骨治疗胸腰椎骨折[J]. 中华骨科杂志, 2011, 31(10): 1066-1071.

(收稿日期:2012-12-10 修回日期:2013-03-12)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)