

骨外科

DOI: 10.11699/cyxb20131102

后路椎间植骨融合联合椎弓根钉内固定选择性治疗
合并椎间盘损伤的胸腰椎骨折脱位

张 健, 欧云生, 李开庭, 蒋电明, 权正学, 杨 博, 罗小辑, 刘 渤

(重庆医科大学附属第一医院骨科, 重庆 400016)

【摘要】目的:探讨后路椎间融合器椎间植骨融合联合椎弓根钉系统内固定选择性治疗合并严重椎间盘损伤的胸腰椎骨折脱位的临床疗效。**方法:**2005 年 1 月–2011 年 3 月, 后路应用椎间融合器椎间植骨融合联合椎弓根钉系统内固定治疗患者共 26 例。纳入标准:①胸腰椎单一节段骨折脱位, 骨折椎体上份骨结构压缩或者爆裂程度 $<1/3$, 椎体中下份骨结构基本正常;②合并损伤节段的椎间盘损伤。评估患者的临床资料:AO 分型、美国脊髓损伤协会神经功能分级、视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)、Bridwell 椎间融合、伤椎后凸角、伤椎椎体高度。**结果:**AO 分型:B 型骨折 20 例, C 型骨折 6 例。脊髓神经功能改善情况:除 16 例 A 级损伤无恢复外, 其余患者均有 1~2 级的恢复。VAS 由术前(9.00 ± 0.76)改善至术后 1 周(5.18 ± 1.43), 末次随访为(0.74 ± 0.57)。23 例患者椎间植骨达到 I 级愈合, 另 3 例在末次随访时达到 II 级愈合。术前伤椎高度为(84.27 ± 5.27)%, 恢复至术后 1 周(97.38 ± 1.20)%, 末次随访为(97.04 ± 0.96)%。术前伤椎后凸 Cobb 角为(22.50 ± 6.20)°, 矫正至术后 1 周(2.60 ± 1.86)°, 末次随访为(3.50 ± 2.65)°。术后 4 例患者出现脑脊液漏。无切口感染, 未见明显椎间融合器沉陷, 无内固定松动、断裂等并发症。**结论:**选择合适的患者, 后路切除损伤的椎间盘、椎间融合器椎间植骨重建、联合椎弓根螺钉系统内固定是治疗合并椎间盘损伤的胸腰椎骨折脱位的有效方法。

【关键词】椎间融合器; 椎间盘损伤; 胸腰椎骨折; 脱位; 椎弓根钉

【中国图书分类法分类号】R683.2

【文献标志码】A

【收稿日期】2012-10-28

Posterior interbody bone fusion and transpedicular screw internal fixation for
selective treatment of thoracolumbar fracture dislocation complicated with
intervertebral disc injuryZHANG Jian, OU Yunsheng, LI Kaiting, JIANG Dianming, QUAN Zhengxue, YANG Bo, LUO Xiaoji, LIU Bo
(Department of Orthopedics, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University)

【Abstract】Objective: To explore the clinical outcomes of interbody bone fusion combined with transpedicular screw internal fixation in selective treatment of thoracolumbar fracture-dislocations complicated with severe intervertebral disc injury through posterior approach. **Methods:** From January 2005 to March 2011, 26 patients with thoracolumbar fracture-dislocations complicated with severe intervertebral disc injury were treated by this method. Inclusion criteria: ① thoracolumbar fracture dislocation in single segment, less than 1/3 upper parts of fractured vertebra being compressed or burst, middle and inferior parts of fractured vertebra being normal; ② damaged segment complicated with severe intervertebral disc injury. Demographic data, AO classification of fracture, American Spinal Injury Association grade of neurological status, visual analogue scale (VAS), Bridwell fusion grade, segmental height, segmental kyphosis and treatment-related complications were evaluated. **Results:** Based on AO classification, 20 patients had type B fracture and 6 had type C. Except 16 patients with grade A spinal cord function, spinal cord function of all patients improved by 1–2 degrees. VAS scores were (9.00 ± 0.76) before operation and were (5.18 ± 1.43) at one week post-operation and (0.74 ± 0.57) at the last follow-up. Twenty-three patients had grade I fusion and 3 patients had grade II fusion at the last follow-up. Height of the fractured vertebra was (84.27 ± 5.27)% before the operation, (97.38 ± 1.20)% at one week after the operation and (97.04 ± 0.96)% at the last follow-up. Kyphosis angle was (22.50 ± 6.20)° before the operation, (2.60 ± 1.86)° at one week after the operation and (3.50 ± 2.65)° at the last follow-up. Cerebrospinal fluid leakage occurred in 4 patients. There was no case of incision infection, cage subsidence and screw loosening or breakage. **Conclusions:** With the correct selection of operative indications, resection of damaged intervertebral disc through posterior

作者介绍: 张 健, Email: zhangjian2014@yahoo.com.cn,

研究方向: 脊柱外科。

通信作者: 欧云生, Email: ouyunsheng2001@yahoo.com.cn。

基金项目: 国家高新技术研究发展(“863”)计划资助项目(编号: 2002AA-326020); 重庆市科学技术委员会科技攻关资助项目(编号: CSTC2012gg-yyjs10018)。

approach, cage interbody bone reconstruction and transpedicular screw internal fixation are effective methods in treating thoracolumbar fracture-dislocations complicated with intervertebral disc injury.

【Key words】 interbody fusion cage; intervertebral disc injury; thoracolumbar fracture; dislocation; pedicle screw

胸腰椎骨折脱位导致前中后 3 柱损伤同时累及关节突,属于极不稳定型骨折。这类创伤常造成椎间盘严重损伤。切开复位、神经减压、脊柱重建、坚强内固定是其治疗原则,但选择前路、后路还是前后联合入路,是否需切除损伤的椎间盘并椎间植骨,还是单纯后外侧植骨,以及使用何种内固定器械等一系列治疗问题,目前尚存争议^[1-4]。对以椎体骨折为重的前中柱重建而言,多数学者主张需要椎间支撑性植骨^[1-2,4],理由是椎间骨性融合是降低术后矫正度数丢失以及内固定失败率的关键。文献报道单纯内固定器械失败率为 13%~36%,矫正丢失率为 8%~14%^[5-6]。也有学者认为前中柱重建并不能降低胸腰椎骨折椎弓根钉内固定术后矫正度数的丢失和内固定失败的发生率^[7],理由是胸腰椎骨折术后发生塌陷的部位主要在椎间隙而非骨折的椎体。目前对以椎间盘损伤为重的胸腰椎骨折脱位,是否需要切除损伤的椎间盘并椎间植骨的临床报道相对较少。2005 年 1 月~2011 年 3 月,本研究选择以椎间盘损伤为主,而椎体骨折较轻的患者 26 例。为了有效重建伤椎的前中柱,减少损伤椎间隙的塌陷,该研究应用纳米羟基磷灰石/聚酰胺 66(nano-hydroxyapatite/polyamide 66, n-HA/PA66)或聚醚醚酮(polyetheretherketone, PEEK)椎间融合器从后外侧切除损伤的椎间盘后椎间植骨融合联合长节段椎弓根钉系统内固定术治疗。获得 12 个月以上的随访,临床疗效满意,报告如下。

1 资料与方法

1.1 纳入标准

①胸腰椎单一节段骨折脱位($T_{11}\sim L_2$),骨折椎体上份骨结构压缩或者爆裂程度 $<1/3$,椎体中下份骨结构基本正常;②合并损伤节段的椎间盘损伤;③大多合并关节突脱位或骨折。

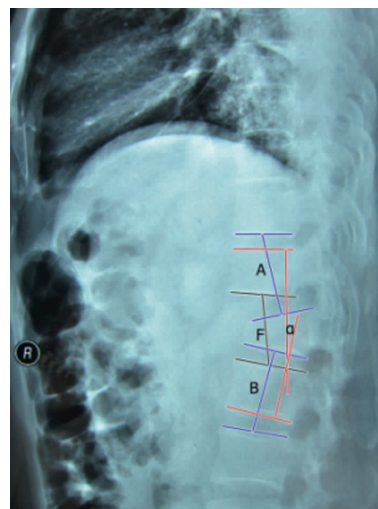
1.2 排除标准

①病理性骨折(骨质疏松、结核、肿瘤);②胸腰段手术史;③脊柱畸形(侧凸、后凸);④特殊人群(孕妇、精神病、艾滋病等);⑤术前、术后、随访的影像学资料丢失或者随访时间小于 12 个月。

1.3 临床资料

(1)分析临床资料:性别、年龄、住院时间(不包括等待转入康复中心的时间)、手术时间、出血量、椎间融合器的类型、术后并发症、术前、出院及末次随访时美国脊髓损伤协会(American Spinal Injury Association, ASIA)神经功能分级和视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)、末次随访时间。

(2)影像学评估:术前以伤椎为中心的仰卧位 X 线片、CT 片以及 MRI,术后 1 周、随访时 X 线片。按 AO 分型标准,对骨折分型。评估关节突脱位或骨折以及节段损伤情况。按 Bridwell 等^[8]标准评估椎间植骨愈合情况。评估术前、术后 1 周以及末次随访时骨折椎体高度比 $[X=2F/(A+B)100\%]$; F 为骨折椎体高度, A 为骨折椎体邻近上一椎体高度, B 为骨折椎体邻近下一椎体高度,伤椎后凸 Cobb 角(用 Cobb 角表示,为伤椎上一椎体上终板的垂线和下一椎体下终板的垂线的交角 α)(图 1)。上述影像学指标由 2 名脊柱外科医生评估,取其平均值。



F. 骨折椎体高度; A. 骨折椎体>>邻近上一椎体高度; B. 骨折椎体邻近下一椎体高度; α . 伤椎后凸 Cobb 角度

图 1 伤椎高度比和伤椎后凸 Cobb 角度 α 测量

Fig.1 Measurement of height ratio and kyphosis Cobb angle of traumatic vertebrae

1.4 植骨及内固定材料

n-HA/PA66 椎间融合器是我院与四川大学联合研制并由四川国纳科技有限公司制作生产。该材料为子弹头型,长度 22、24、26 mm,高度分别有 8、10、12、14 mm,中空部分用于植骨。其上下表面有多个沟槽和两侧各有 1 个直径为 2 mm 的圆孔(图 2)。PEEK 椎间融合器为临床上常用的国产或进口的椎间融合器。内固定材料为国产或进口的后路长节段内固定椎弓根钉系统。

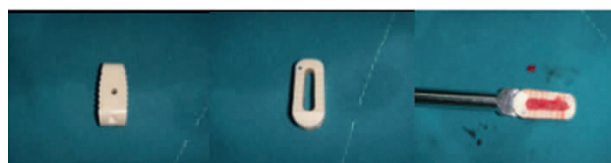


图 2 n-HA/PA66 椎间融合器

Fig.2 n-HA/PA66 interbody fusion cage

1.5 手术方法

患者取俯卧位,静脉复合麻醉及气管插管。以伤椎为中

心行后正中切口,暴露伤椎及其相邻上、下各 2 个椎体的棘突、椎板、关节突。切除后方压迫硬膜囊的椎节棘突、椎板。合并有关节交锁,先咬除部分交锁关节,解除关节突交锁,再行复位。在 3D-C 型臂 X 线机的透视定位下,伤椎以及伤椎相邻上、下各 2 个椎体植入椎弓根螺钉(8~10 枚螺钉 4~5 个椎体)。根据伤椎固定节段处生理弧度,调整棒的预弯弧度。安放连接棒及固定螺母,适度撑开复位(避免过度撑开现象)。去除一侧纵向连接棒,从一侧关节突关节进入,清除椎管内游离的椎间盘组织或骨折碎片。如硬脊膜囊破裂,则尽量修复撕裂的硬脊膜。如硬脊膜囊撕裂严重且难以缝合则用肌肉组织瓣覆盖其裂口。经侧后方摘除椎间盘以及清除软骨终板。将切除的骨质修剪成米粒大小,经侧后方植入椎间隙,并在椎体间植入填满骨碎粒的椎间融合器(n-HA/PA66 或者 PEEK 材料)(图 2),置入深度为椎间融合器后缘距椎体后缘 3~4 mm。安放纵向连接棒,于椎间融合器处适度加压并锁紧椎弓根螺钉系统。冲洗创口,将剩余的自体骨粒行固定节段后外侧植骨,明胶海绵覆盖硬膜,置引流管,缝合切口。

1.6 统计学处理

采用 SPSS 17.0 统计软件处理,对数据以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示;用一般线性模型的重复测量过程采用重复测量资料的方差分析,事后多重比较采用 LSD-*t* 检验; $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床资料

纳入本次研究的 26 名患者,男 18 例,女 8 例。平均年龄 39 岁。AO 分型:B 型骨折 20 例,C 型骨折 6 例。椎体上缘压缩 10 例,椎体上缘爆裂 16 例,关节突完全脱位 18 例,一侧关节突脱位伴一侧骨折 6 例,双侧关节突骨折 2 例。平均随访时间 24.2 个月。损伤节段分布, T_{11}/T_{12} 3 例, T_{12}/L_1 13 例, L_1/L_2 8 例, L_2/L_3 2 例。平均住院时间 20 d。平均手术时间 119 min。平均出血量 224 ml。19 例患者应用 n-HA/PA66 椎间融合器,7 例患者应用 PEEK 椎间融合器。

2.2 影像学结果

按 Bridwell 等^[8]标准评价椎间植骨融合情况,23 例达到 I 级愈合,3 例在末次随访时达到 II 级愈合。术后 1 周及末次随访时伤椎高度与术前比较均有明显改善,差异有统计学意义($F=165.16, P<0.001$)。经事后多重比较发现,术后 1 周与术前的伤椎高度差异有统计学意义($P<0.001$),而末次随访与术后 1 周的伤椎高度差异无统计学意义($P>0.05$)。术后 1 周及末次随访时伤椎后凸 Cobb 角与术前比较均有明显改善,差异有统计学意义($F=218.54, P<0.001$)。经事后多重比较发现,术后 1 周与术前的伤椎后凸 Cobb 角差异有统计学意义($P<0.001$),而末次随访与术后 1 周的伤椎后凸 Cobb 角差异无统计学意义($P>0.05$)(表 1)(典型病例图 3)。

表 1 VAS、伤椎后凸 Cobb 角、伤椎高度比较($\bar{x} \pm s$)

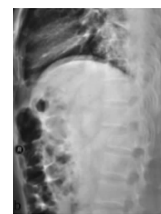
Tab.1 Comparison of VAS scores, kyphosis angle and height of traumatic vertebrae ($\bar{x} \pm s$)

时间	VAS	伤椎后凸 Cobb角(°)	伤椎高度 (%)
术前	9.00 $\pm$ 0.76	22.50 $\pm$ 6.20	84.27 $\pm$ 5.27
术后 1 周	5.18 $\pm$ 1.43 ^a	2.60 $\pm$ 1.86 ^a	97.38 $\pm$ 1.20 ^a
末次随访	0.74 $\pm$ 0.57 ^b	3.50 $\pm$ 2.65 ^c	97.04 $\pm$ 0.96 ^c

注:a,与术前比较 $P<0.001$;b,与术后 1 周比较 $P<0.001$;c,与术后 6 周比较 $P>0.05$



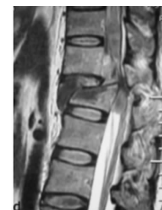
A. 术前 X 线正位片



B. 术前 X 线侧位片: X=83.33%、Cobb 角 =15°



C. 术前三维 CT: 椎体上缘爆裂性骨折



D. 术前 MRI: T_{11}/T_{12} 节段椎间盘损伤



E. 术后 X 线正位片



F. 术后 X 线侧位片: X=90.80%、Cobb 角 =2°

图 3 男,43 岁, T_{12} 椎体爆裂性骨折伴脱位(C2.1 型), ASIA (A 级)

Fig.3 A 43-year-old man with T_{12} vertebral body bursting fracture complicated with dislocation (type C2.1), AISA (grade A)

2.3 ASIA 脊髓神经功能等级

术前 A 级 16 例,出院、末次随访时,瘫痪无明显改善;术前 B 级 6 例,出院时 C 级 1 例,末次随访 C 级 5 例、D 级 1 例;术前 C 级 3 例,出院时 D 级 2 例,末次随访 E 级 3 例;术前 D 级 1 例,在末次随访恢复至 E 级。

2.4 VAS

所有患者受伤后,均有严重的腰部疼痛。术后 1 周及末次随访时 VAS 与术前比较均有明显改善,差异有统计学意义($F=621.63, P<0.001$)。经事后多重比较发现,术后 1 周与术前的 VAS 差异有统计学意义($P<0.001$),末次随访与术后 1 周的 VAS 差异有统计学意义($P<0.001$)。大部分患者在随访中诉有轻度疼痛,但都不影响日常生活(表 1)。

2.5 并发症

术后 4 例患者发生脑脊液漏,采取头低脚高的仰卧位、口服醋酸酞胺抑制脑脊液分泌等方法治愈。切口均 I 期愈

合,椎间融合器无明显沉降、移位,无假关节形成。无内固定松动、断裂或脱落。

3 讨论

胸腰椎骨折伴关节突脱位的临床特点及本组患者的选择胸腰椎骨折伴关节突脱位主要由水平方向的暴力所致,损伤同时累计前中后 3 柱,属于极不稳定型骨折。其特点为:(1)椎间盘损伤。目前尚未见到胸腰椎骨折脱位合并椎间盘损伤发生率的详细报道。本组患者术前 X 线片示损伤节段椎体呈前后脱位或侧方脱位,且椎间隙增宽或变窄,此间接提示脱位节段椎间盘损伤。术前 MRI 示损伤节段椎间盘破裂,呈长 T_1 、长 T_2 水肿信号改变。本组患者术中发现椎间盘严重损伤,合并严重的纤维环破裂及后纵韧带损伤,髓核组织脱入椎管,残留于椎间隙的髓核组织明显变性,失去胶冻状特性。术中撑开复位时容易出现过撑现象,这是由于损伤的椎间盘失去了椎体间的连接功能。(2)神经损伤严重。脊髓硬膜囊受压主要由脱位引起,来自后方的椎板内陷以及前方椎体后缘的双重卡压。若伴有关节突骨折,椎管容积增加,脊髓损伤程度可降低,属于“幸运骨折”。本组患者选择的特点:①本组患者骨折椎体前中柱损伤以椎间盘损伤为主,而伤椎上份骨结构压缩或爆裂高度小于伤椎的 1/3。若伤椎严重骨折,则椎间融合器不能有效重建伤椎前中柱的稳定性。②椎体中下份骨结构基本正常,能起到支撑椎间融合器的作用,防止椎间融合器沉降。

损伤椎间盘切除及椎间植骨重建的重要性。目前国内外有很多学者开始强调术前判断椎间盘损伤在胸腰椎骨折治疗中的意义^[3,9-10]。椎间盘组织对脊柱的稳定性起着重要作用^[11]。椎间盘处于一个缺血低氧的环境,损伤后难以完全愈合,而之以疤痕组织形成,造成椎间盘强度下降,稳定功能减弱,椎间隙塌陷及脊柱失稳。试验研究^[12]证明正常情况下前中柱分担脊柱 80% 的轴向载荷,而其余 20% 由后柱承担。前中柱有效重建,椎间骨性融合是防止该类骨折术后矫正角度丢失的关键,内固定系统只是暂时维持椎体复位固定,为椎间骨性融合创造条件。前中柱重建不良,轴向载荷将作用于后柱内固定系统,使内固定容易松动、断裂^[13]。对于明显椎间盘损伤的患者,单纯后路固定融合不能防止椎间隙

塌陷^[9]。要防止椎间隙塌陷,应切除损伤的椎间盘组织,并进行有效的前中柱重建。

损伤椎间盘切除及前中柱重建方式选择:①手术入路的选择。由于关节突脱位,后方结构受到破坏,前路手术缺乏矢状面上足够的牵引力,难以达到满意复位,被视为单纯前路手术的禁忌证。前后联合手术能解决 3 柱问题:摘除椎间盘、椎间植骨融合、纠正关节突脱位。但前后联合入路手术创伤大,并发症多,住院时间长,手术过程中还需更换患者体位。胸腰椎骨折手术治疗主要目的是神经减压和恢复脊柱稳定,以最小的代价达到这个目的是脊柱外科医生所追求的^[14]。本组患者采取单纯后路手术,适度撑开复位,解除神经压迫,从后外侧入路切除损伤的椎间盘,椎间植入椎间融合器联合植骨融合重建前中柱。②椎间融合器植骨与单纯颗粒状植骨重建前中柱相比具有一定的优势。根据 Wolff 定律,新生骨的内部结构将按所受应力而重塑。本组患者,ASIA 脊髓神经功能等级,A 级、B 级共占 85%。尽管目前还没有关于 ASIA 分级与植骨融合有直接关系的报道,本研究认为患者脊髓神经损伤严重,术后都需要长期卧床,单纯植骨需要的植骨量多,加之椎间植入骨粒缺乏轴向应力刺激,融合强度不够,骨质易吸收。椎间融合器支撑性植骨结合自体颗粒骨结构性植骨克服单纯骨粒植骨该方面的缺点,手术中减压切除的自体骨粒就能满足支撑性植骨与结构性植骨所需的骨量需要。

n-HA/PA66 椎间融合器生物学特性。n-HA/PA66 椎间融合器的主要成分是 n-HA 与 PA66。自然骨中 HA 以纳米尺寸均匀分散在胶原有机质中,PA66 具有骨胶原类似结构,生物相容性良好。Wang 等^[14]用沉淀法研制了 n-HA/PA66 复合材料,该材料类似于自然骨,是自然骨良好的替代生物材料。体外细胞实验证明 n-HA/PA66 复合材料具有良好的生物相容性,对成骨样细胞生长无抑制作用^[15]。本科应用 n-HA/PA66 复合材料重建脊柱前中柱已有 10 余年历史。临床证实 n-HA/PA66 复合材料具有良好的力学性能、生物活性以及脊柱前中柱重建能力^[16-18]。本组患者未发现对该材料的排异反应,术后 3~6 个月 n-HA/PA66 椎间融合器与相邻上下椎体以及植骨块发生骨性愈合,提示该材料良好的骨修复能力。

本研究纳入样本量较少,随访时间较短,但初期临床效果显示,选择合适的患者,后路椎间盘切

除椎间植骨融合联合椎弓根钉系统内固定治疗合并椎间盘损伤的胸腰椎骨折脱位,可获得满意的临床疗效。

参 考 文 献

- [1] 张正丰,周 跃,王 建,等.后路椎体切除减压椎间植骨融合椎弓根螺钉内固定术治疗严重胸腰椎旋转骨折脱位[J].中华创伤杂志,2010,26(1):32-35.
- [2] Zhang Z F,Zhou Y,Wang J,et al.Management of severe rotational thoracolumbar fracture and dislocation with posterior decompression by vertebral body resection,interbody bone fusion and transpedicular screw internal fixation[J].Chin J Trauma,2010,26(1):32-35.
- [3] Gelb D,Ludwig S,Karp J E,et al.Successful treatment of thoracolumbar fractures with short-segment pedicle instrumentation[J].J Spinal Disord Tech,2010,23(5):293-301.
- [4] Muller U,Berlemann U,Sledge J,et al.Treatment of thoracolumbar burst fractures without neurologic deficit by indirect reduction and posterior instrumentation;bisegmental stabilization with monosegmental fusion[J].Eur Spine J,1999,8(4):284-289.
- [5] Sasani M,Ozer A F.Single-stage posterior corpectomy and expandable cage placement for treatment of thoracic or lumbar burst fractures[J].Spine(Phila Pa 1976),2009,34(1):e33-40.
- [6] McLain R F,Sparling E,Benson D R.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] Kramer D L,Rodgers W B,Mansfield F L.Transpedicular instrumentation and short-segment fusion of thoracolumbar fractures;a prospective study using a single instrumentation system[J].J Orthop Trauma,1995,9(6):499-506.
- [8] 李 想,洪 毅,唐和虎,等.短节段椎弓根钉内固定结合经伤椎椎体强化治疗胸腰椎骨折临床疗效的 Meta 分析[J].中国康复理论与实践,2012,18(5):440-443.
- [9] Li X,Hong Y,Tang H H,et al.Short-segment pedicle instrumentation with intravertebral augmentation in management of thoracolumbar fractures;meta-analysis of complications[J].Chin J Rehabil Theory Pract,2012,18(5):440-443.
- [10] Bridwell K H,Lenke L G,McEnery K W,et al.Anterior fresh frozen allografts in the thoracic and lumbar spine.do they work if combined with posterior fusion and instrumentation in adult patient with kyphosis or anterior column defects?[J].Spine(Phila Pa 1976),1995,20(12):1410-1418.
- [11] 郝 勇,周 跃,任先军,等.严重胸腰椎骨折合并椎间盘损伤的手术治疗[J].骨与关节损伤杂志,2003,18(1):14-17.
- [12] Hao Y,Zhou Y,Ren X J,et al.Operative treatment of severe thoracolumbar fractures with intervertebral disc damage[J].Journal of Bone and Joint Injury,2003,18(1):14-17.
- [13] McCormack T,Karaikovic E,Gaines R W.The load sharing classification of spine fractures[J].Spine(Phila Pa 1976),1994,19(15):1741-1744.
- [14] Oner F C,van der Rijt R R,Ramos L M,et al.Changes in the disc space after fractures of the thoracolumbar spine[J].J Bone Joint Surg Br,1998,80(5):833-839.
- [15] An H S,Lim T H,You J W,et al.Biomechanical evaluation of anterior thoracolumbar spinal instrumentation[J].Spine(Phila Pa 1976),1995,20(18):1979-1983.
- [16] Knop C,Lange U,Bastian L,et al.Three-dimensional motion analysis with synex.comparative biomechanical test series with a new vertebral body replacement for the thoracolumbar spine[J].Eur Spine J,2000,9(6):472-485.
- [17] Wang J X,Li Y B,Feng J Q,et al.A composite of nanocrystalline hydroxyapatite and polyamide[J].High Technol letters,1999,2(5):103-106.
- [18] 刘 曼,孟 耀,周立伟,等.纳米羟基磷灰石/聚酰胺 66 复合膜的结构及成骨样细胞相容性研究[J].现代口腔医学杂志,2012,26(1):3-7.
- [19] Liu M,Meng Y,Zhou L W,et al.Study on the microstructure of nanometer hydroxyapatite/polyamide-66 membrane and its biocompatibility with MG63 osteoblast-like cells[J].Journal of Modern Stomatology,2012,26(1):3-7.
- [20] 欧云生,蒋电明,权正学,等.n-HA/PA66 复合生物活性人工椎体支撑植骨治疗胸腰椎爆裂型骨折合并截瘫[J].中国临床医学,2007,14(3):413-415.
- [21] Ou Y S,Jiang D M,Quan Z X,et al.The reconstructive bone graft of artificial vertebral body of the biomimetic n-HA/pa66 composites in treatment of thoracolumbar burst fractures with paraplegia[J].Clinical Medical Journal of China,2007,14(3):413-415.
- [22] 欧云生,蒋电明,权正学,等.n-HA/PA66 复合生物活性融合器在颈椎病前路减压融合术中的初步应用研究[J].生物医学工程学杂志,2010,27(2):324-327.
- [23] Ou Y S,Jiang D M,Quan Z X,et al.Preliminary application of the fusion cage of biomimetic n-HA/PA66 composites in anterior cervical intervertebral fusion[J].Journal of Biomedical Engineering,2010,27(2):324-327.
- [24] Zhao Z H,Jiang D M,Ou Y S,et al.A hollow cylindrical nano-hydroxyapatite/polymide composite strut for cervical reconstruction after cervical corpectomy[J].J Clin Neurosci,2012,19(4):536-540.

(责任编辑:关蕴良)