

经皮微创自撑开钉修复胸腰段椎体骨折是否需行伤椎固定

刘继军, 王欣文, 武淑芳, 冯东旭, 吴起宁, 郝定均(西安交通大学医学院附属红会医院, 陕西省西安市 710054)

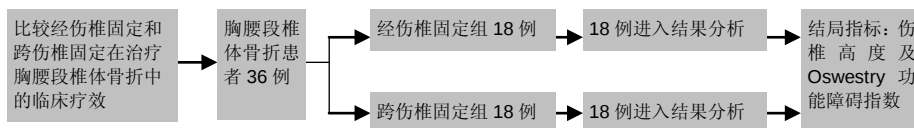
引用本文: 刘继军, 王欣文, 武淑芳, 冯东旭, 吴起宁, 郝定均. 经皮微创自撑开钉修复胸腰段椎体骨折是否需行伤椎固定[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(9):1249-1254.

DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2016.09.005

ORCID: 0000-0001-6596-3391 (郝定均)

文章快速阅读:

经皮微创自撑开钉治疗胸腰段椎体骨折中伤椎固定的临床意义:



刘继军, 男, 1971 年生, 硕士, 副主任医师, 主要从事脊柱损伤方面的研究。

通讯作者: 郝定均, 主任医师, 博士生导师, 西安交通大学医学院附属红会医院, 陕西省西安市 710054

文题释义:

经伤椎固定: 通过伤椎置钉可以将伤椎与上下椎体相连, 可通过增加脊柱前柱的支撑, 减少后柱承受的载荷, 降低内固定失败的发生率。

自撑开螺钉: 植入螺钉安装连接棒后可达到自行复位骨折椎体的效果。

摘要

背景: 胸腰段椎体骨折行开放手术治疗时, 大多数学者认为需要行伤椎固定, 但在微创手术治疗中, 是否需要固定伤椎, 目前还不明确。

目的: 探讨经皮微创自撑开钉治疗胸腰段椎体骨折中伤椎固定的临床意义。

方法: 自 2013 年 2 月至 2014 年 2 月西安交通大学医学院附属红会医院收治无神经系统损伤的胸腰段椎体骨折患者 36 例, 按固定方法分为经伤椎固定组和跨伤椎固定组, 各 18 例, 均采用经皮自撑开钉微创治疗, 其中经伤椎固定组固定伤椎及伤椎上、下椎体, 跨伤椎固定组固定伤椎上、下椎体。

结果与结论: 与经伤椎固定组相比, 跨伤椎固定组手术切口小、术中出血量少、手术时间和术中 X 射线透视时间短($P < 0.05$)。内固定 1 年后, 2 组患者伤椎前缘高度、伤椎前缘高度百分比、后凸 Cobb 角均较内固定前改善($P < 0.05$), 但 2 组伤椎前缘高度、伤椎前缘高度百分比、后凸 Cobb 角和 Oswestry 功能障碍指数差异均无显著性意义($P > 0.05$)。说明跨伤椎固定与经伤椎固定的临床效果接近, 但术中跨伤椎固定更具优势。因此经皮微创自撑开钉治疗胸腰段椎体骨折行伤椎固定意义不大。

关键词:

骨科植入物; 脊柱植入物; 内固定; 胸椎; 腰椎; 伤椎; 微创; 开放; 经皮伤椎固定

主题词:

外固定器; 骨折固定术, 内; 外科手术, 微创性; 组织工程

中图分类号: R318

文献标识码: A

文章编号: 2095-4344

(2016)09-01249-06

稿件接受: 2015-12-03

http://www.crter.org

Is vertebral fixation needed during minimally invasive percutaneous self-dilating pedicle in repair of thoracolumbar vertebral fractures

Liu Ji-jun, Wang Xin-wen, Wu Shu-fang, Feng Dong-xu, Wu Qi-ning, Hao Ding-jun (Honghui Hospital, Xi'an Jiaotong University Health Science Center, Xi'an 710054, Shaanxi Province, China)

Abstract

BACKGROUND: Most scholars believed that injured vertebral body needs to be fixed in the open surgery of thoracolumbar vertebral fractures; however, it is unclear whether injured vertebra needs to be fixed in the minimally invasive surgery.

OBJECTIVE: To investigate the clinical outcomes of minimally invasive percutaneous self-dilating pedicle in repair of injured vertebral fixation in thoracolumbar vertebral fractures.

METHODS: Totally 36 patients with thoracolumbar vertebral fractures without nervous system injury who received treatment in Honghui Hospital, Xi'an Jiaotong University Health Science Center from February 2013

Liu Ji-jun, Master,
Associate chief physician,
Honghui Hospital, Xi'an
Jiaotong University Health
Science Center, Xi'an
710054, Shaanxi Province,
China

Corresponding author: Hao
Ding-jun, Chief physician,
Doctoral supervisor,
Honghui Hospital, Xi'an
Jiaotong University Health
Science Center, Xi'an
710054, Shaanxi Province,
China

to February 2014 were enrolled and divided into injured vertebral fixation and cross-injured vertebral fixation groups ($n=18/\text{group}$). Patients in these two groups were all subjected to minimally invasive percutaneous self-dilating pedicle treatment. The injured vertebral body, upper, and lower vertebrae of injured vertebral body were fixed in injured vertebral fixation group, and the upper and lower vertebrae of injured vertebral body was fixed in cross-injured vertebral fixation group.

RESULTS AND CONCLUSION: Compared with the injured vertebral fixation group, the cross-injured vertebral fixation group had smaller incisions, less intraoperative blood loss, less operation time and intraoperative X-ray fluoroscopy time ($P < 0.05$). After one year of internal fixation, the anterior vertebral height, anterior vertebral height percentage and kyphotic Cobb angle of patients in these two groups improved compared with those before internal fixation ($P < 0.05$), but there were no significant differences in anterior vertebral height percentage, kyphotic Cobb angle and Oswestry disability index between these two groups ($P > 0.05$). These results demonstrate that anterior vertebral height cross-injured vertebral fixation has the similar clinical effect with injured vertebral fixation, but cross-injured vertebral fixation had more advantage in the operation. Therefore, there is little significance of conducting injured vertebral fixation in the surgery of minimally invasive percutaneous self-dilating pedicle in repair of thoracolumbar vertebral fractures.

Subject headings: External Fixators; Fracture Fixation, Internal; Surgical Procedures, Minimally Invasive; Tissue Engineering

Cite this article: Liu JJ, Wang XW, Wu SF, Feng DX, Wu QN, Hao DJ. Is vertebral fixation needed during minimally invasive percutaneous self-dilating pedicle in repair of thoracolumbar vertebral fractures. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2016;20(9):1249-1254.

0 引言 Introduction

胸腰段椎体骨折是最常见的一种脊柱损伤, 后路椎弓根螺钉内固定是目前临床上最常用的固定方法。经皮微创椎弓根钉棒内固定是近年来兴起的一种先进的手术方式, 但是否需行伤椎固定仍值得商榷。在开放手术中, 传统意义上认为跨伤椎椎弓根螺钉植入后易发生椎弓根螺钉松动、断裂、矫正度丢失等并发症^[1]。

为观察伤椎固定在微创手术中的作用, 作者拟比较经伤椎固定和跨伤椎固定在治疗胸腰段椎体骨折中的临床疗效。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 回顾性研究。

1.2 时间及地点 试验于2013年2月至2014年2月在西安市红会医院完成。

1.3 对象 脊柱外科腰椎病区收治无神经系统损伤的胸腰段椎体骨折患者。

纳入标准: ①A型或B型骨折。②椎管占位 $\leq$ 椎管矢状径 $1/3$ 。③无神经症状。④无需椎管减压。⑤单节段椎体骨折。⑥年龄在20-60岁。

排除标准: ①C型骨折。②伤后出现神经症状。③要椎管减压多节段椎体骨折。④年龄大于60岁或小于20岁。⑤有胸腰椎陈旧骨折者。

剔除标准: ①不符合纳入标准, 或符合排除标准者。②无任何记录者。

脱落标准: ①手术后不能按期随访者。②受试者不

愿意继续进行临床试验, 向主管医生提出退出者。

最终收集患者36例, 均采用经皮自撑开钉进行微创手术治疗, 根据是否行伤椎固定, 分为伤椎固定组($n=18$)和跨伤椎固定组($n=18$)。2组患者内固定前一般资料差异无显著性意义($P > 0.05$), 具有可比性。所有手术均由同一组医师完成。

1.4 材料 手术器械均由上海锐植公司(6.5 mm $\times$ 45 mm或6.5 mm $\times$ 50 mm)提供, 自撑开钉为5°或10°的椎弓根空心螺钉, 角度钉植入安装连接棒后可达到自行复位伤椎的效果。

1.5 方法

1.5.1 内固定方法 全身麻醉后, 患者取俯卧过伸位, 胸部和髋部放置软垫, 腹部悬空, 行体位复位。

经伤椎固定组: 经伤椎6钉2棒3椎体内固定: ①定位和穿刺: 在C型臂X射线机透视下, 定位伤椎以及相邻上、下椎体的椎弓根中心点部位, C型臂X射线机正位进针点必须在“眼睛”的中心点偏外侧缘, 侧位钉需与椎体终板平行^[2], 经皮穿刺针置入椎弓根确定进针点及进针角度、深度, 导针深度达椎体前 $1/2$ 处。②椎弓根螺钉的置入: 沿导针旋入工作套管于椎体后缘前方约1 cm处, 在定位的6个椎弓根进针点上分别开口、空心钻沿导针扩孔达椎体前缘约 $2/3$ 处, 测量钉道长度, 拧入长度、直径合适的空心椎弓根螺钉。置入的螺钉要尽量在同一个平面, 以便能够顺利插入连接棒进行复位固定。③连接棒的置入: 在棘突同侧切口下, 沿椎板后缘建立椎旁肌下隧道, 将连接棒依次穿过3枚螺钉钉尾。

表1 经伤椎固定与跨伤椎固定患者的一般资料

Table 1 The general information of patients in these two groups

项目	经伤椎固定组	跨伤椎固定组	t/χ^2	P
n	18	18		
性别(男/女, n)	13/5	15/3	1.38	0.233
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	35.0 $\pm$ 16.4	34.5 $\pm$ 8.9	0.127	0.899
受伤椎体(n)			0.69	0.874
T ₁₁	0	0		
T ₁₂	12	10		
L ₁	5	7		
L ₂	1	1		
骨折分型(n)			0.046	0.950
A型	16	15		
B型	2	3		

空心椎弓根螺钉为5°或者10°的自撑开钉, 以保证椎体高度恢复, 最后锁紧所有钉棒结合部螺帽。

跨伤椎固定组: 采用跨伤椎4钉2棒2椎体内固定方法, 操作方法与A组相似, 只需在伤椎相邻的上、下椎体置钉固定, 连接棒置入更为简便。

记录2组患者手术切口长度、术中出血量、手术时间和术中X射线透视时间。

1.5.2 围手术期处理 2组患者内固定前准备、用药均相同, 由同一组医师完成手术。术后24 h内常规静脉滴注抗生素, 伤口内无需放置引流管。内固定后卧床休息5~7 d, 1周后在支具保护下逐渐下床活动。

1.5.3 影像学观察 内固定前、内固定后1周、6个月、1年时测量2组患者伤椎前缘高度、伤椎前缘高度百分比及矢状面后凸cobb角。伤椎前缘高度百分比=伤椎前缘高度/[伤椎上位椎体前缘高度+伤椎下位椎体前缘高度]/2 $\times$ 100%。于侧位X射线片分别作伤椎上位椎体上终板线和伤椎下位椎体下终板线的垂直线, 两垂直线的交角即为矢状面后凸cobb角。

1.5.4 功能评价 采用Oswestry功能障碍指数评价内固定后1年的功能情况。

1.5.5 不良反应评价标准 医源性神经根损伤, 内固定后伤口感染, 随访中发现椎弓根螺钉拔出、断裂等。

1.6 主要观察指标 伤椎高度及Oswestry功能障碍指数。

1.7 统计学分析 应用SPSS 17.0统计软件, 计量数据采用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 两组患者计量资料的比较采用两独立样本 t 检验, 两组计数资料的比较采用 χ^2 检验, 同一组内不同时间点计量资料的比较采用重复测量方差分析, 两

表2 经伤椎固定与跨伤椎固定患者围手术期的参数

($\bar{x} \pm s$, $n=18$)

Table 2 The perioperative parameters of patients in these two groups

项目	经伤椎固定组	跨伤椎固定组	t	P
手术时间(min)	90.5 $\pm$ 20.5	62.4 $\pm$ 12.5	7.920	< 0.000 1
术中X射线透视时间(min)	25.5 $\pm$ 4.5	10.0 $\pm$ 4.5	11.669	< 0.000 1
手术切口长度(cm)	15.0 $\pm$ 2.5	8.2 $\pm$ 0.4	13.156	< 0.000 1
术中出血量(mL)	60.8 $\pm$ 21.3	30.5 $\pm$ 10.2	30.606	< 0.000 1

表3 经伤椎固定与跨伤椎固定患者伤椎前缘高度

($\bar{x} \pm s$, $n=18$, mm)

Table 3 The anterior vertebral height of patients in these two groups

时间	经伤椎固定组	跨伤椎固定组	t	P
内固定前	5.4 $\pm$ 2.5	5.3 $\pm$ 2.1	0.146	0.884
内固定后1周	9.0 $\pm$ 2.2	9.4 $\pm$ 2.3	0.603	0.550
内固定后6个月	9.2 $\pm$ 3.1	9.4 $\pm$ 2.1	0.254	0.801
内固定后1年	9.1 $\pm$ 2.3	9.3 $\pm$ 2.2	0.301	0.765
F	13.710	291.041		
P	0.002	0.000		

两比较采用LSD- t 检验, $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 所有患者均进入结果分析, 无脱失。患者的一般临床资料见表1。

2.2 随访情况 36例患者内固定后平均随访12.6个月。

2.3 结果

2.3.1 围手术期参数 与经伤椎固定组相比, 跨伤椎固定组的手术切口小、术中出血量少、手术时间短、术中X射线透视时间短($P < 0.000 1$; 表2)。

2.3.2 影像学指标 2组患者内固定后伤椎前缘高度、伤椎前缘高度百分比及后凸cobb角均较内固定前明显恢复($P < 0.05$; 表3~5)。

2.3.3 Oswestry功能障碍指数 内固定后1年, 跨伤椎固定组和经伤椎固定组患者的Oswestry功能障碍指数分别为6.0 $\pm$ 1.1和6.5 $\pm$ 1.3, 两组相比差异无显著性意义($t=1.412$, $P=0.165$)。

2.4 典型病例 患者1, 男, 23岁, 高处坠落伤致腰背部疼痛活动受限2 d, X射线及CT证实为B型T₁₂椎体爆裂骨折, 行经皮微创跨伤椎固定后X射线及CT显示通过

表4 经伤椎固定与跨伤椎固定患者伤椎前缘百分比的比较
($\bar{x} \pm s$, $n=18$, %)

Table 4 Comparison of anterior vertebral height percentage of patients in these two groups

时间	经伤椎固定组	跨伤椎固定组	<i>t</i>	<i>P</i>
内固定前	59.3±6.1	61.4±6.4	1.139	0.261
内固定后1周	94.7±7.5	94.8±6.5	0.048	0.962
内固定后6个月	91.7±6.5	92.6±5.2	0.156	0.609
内固定后1年	92.5±5.1	91.8±5.2	0.461	0.647
<i>F</i>	277.843	445.601		
<i>P</i>	0.000	0.000		

表5 经伤椎固定与跨伤椎固定患者后凸 Cobb 角
($\bar{x} \pm s$, $n=18$, °)

Table 5 The kyphotic Cobb angle of patients in these two groups

时间	经伤椎固定组	跨伤椎固定组	<i>t</i>	<i>P</i>
内固定前	22.5±2.5	23.6±3.4	1.257	0.215
内固定后1周	10.2±3.6	11.1±3.6	0.847	0.402
内固定后6个月	13.6±3.6	12.5±2.7	1.164	0.251
内固定后1年	12.6±2.8	13.7±2.8	1.331	0.190
<i>F</i>	92.181	165.622		
<i>P</i>	0.000	0.000		

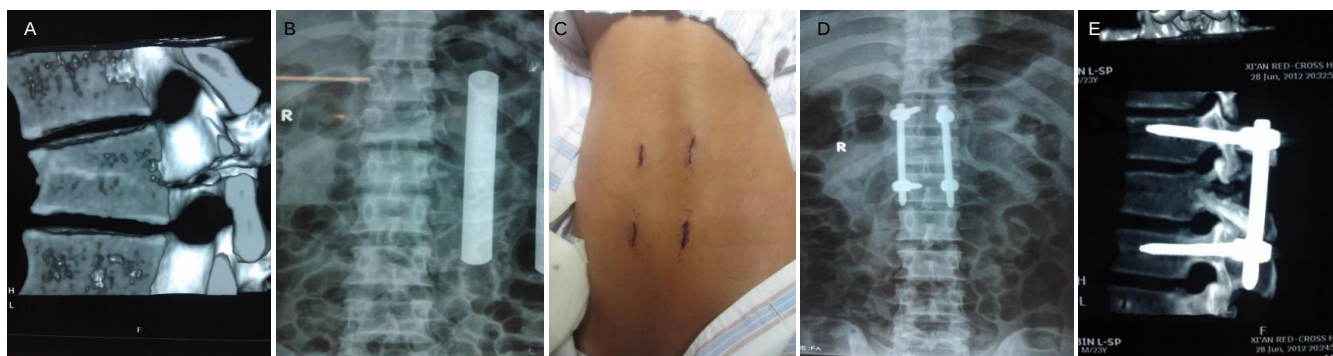


图1 胸腰段椎体骨折跨皮微创跨伤椎固定的典型病例

Figure 1 A typical case of minimally invasive percutaneous cross-injured vertebral fixation in repair of thoracolumbar vertebral fractures

图注: 图中 A 为 CT 显示内固定前椎体高度明显降低, 后凸成角, 存在后柱的损伤; B 为 T₁₂ 椎体高度丢失; C 为内固定后皮肤有 4 处切口; D 为内固定后 1 周 X 射线显示内固定后, T₁₂ 椎体高度恢复良好; E 为内固定后 1 周 CT 显示椎体高度恢复, 后凸成角纠正。



图2 胸腰段椎体骨折经皮微创跨伤椎固定的典型病例

Figure 2 A typical case of minimally invasive percutaneous injured vertebral fixation in repair of thoracolumbar vertebral fractures

图注: 图中 A 及 B 为 X 射线正侧位显示内固定前 L₁ 椎体高度明显降低, 后凸成角; C 为内固定后皮肤有 6 处切口; D 及 E 为内固定后 1 周 X 射线显示 L₁ 椎体高度恢复, 后凸成角纠正。

自撑开钉撑开作用, 椎体高度恢复良好(图1)。

患者2, 男, 33岁, 高处坠落伤致腰背部疼痛活动受限1 d, X射线及CT结果显示为L₁椎体爆裂骨折, 经皮微创经伤椎固定后, X射线显示椎体高度恢复良好(图2)。

2.5 不良反应 两组患者均未出现医源性神经根损伤及内固定后感染、椎弓根螺钉拔出、断裂等不良反应。

3 讨论 Discussion

随着微创脊柱外科技术的发展, 经皮微创椎弓根螺钉内固定逐渐被应用于脊柱骨折的治疗^[3-4]。应用经皮微创椎弓根钉技术能避免对椎旁肌肉的长范围剥离, 保留骶棘肌的附着及与棘上韧带、棘间韧带的连续性与完整性, 对于维持后柱的稳定性具有重要意义, 并可有效的减少胸腰段椎体骨折中后期腰背部疼痛的并发症^[5]。为

了减少手术创伤,充分达到伤椎骨折复位的目的,西安交通大学医学院附属红会医院脊柱外科腰椎病区采取了经皮微创自撑开椎弓根螺钉内固定系统。本试验使用国产自撑开椎弓根钉棒系统,椎弓根钉为 5° 或 10° 角度自撑开螺钉,植入螺钉安装连接棒后可达到自行复位骨折椎体的效果。同时能有效避免使用进口专用经皮椎弓根螺钉系统价格昂贵的缺陷,而且因为使用单向钉固定,在恢复伤椎前缘高度、矫正后凸畸形效果等方面亦优于进口专用经皮椎弓根螺钉系统的万向钉固定^[6]。

在传统意义上,后路短节段跨伤椎的4钉2棒2椎体的椎弓根螺钉内固定常出现椎弓根螺钉松动、断裂,内固定后矫正度丢失等问题。附加伤椎椎弓根螺钉内固定的6钉2棒3椎体内固定相对于传统4钉内固定其对脊柱骨折具有更好的生物力学稳定性及临床效果^[7-8]。通过伤椎置钉可以将伤椎与上下椎体相连,同时预弯撑开的钛棒可以向前顶住伤椎,维持伤椎的高度,避免了传统4钉固定的“平行四边形效应”及“悬挂效应”。有研究认为伤椎在撑开复位中的支点作用增加了复位力量、利于椎体高度的恢复^[9],良好的3点固定可以降低悬挂效应,进而减少后凸畸形发生率^[10];伤椎把持力增大使固定更为可靠,同时钉-骨界面的微动减少可以减少远期内固定失败并发症。

但在微创手术中,是否需要行伤椎固定仍值得商榷,且目前尚无此类研究。本试验全部采取经皮自撑开钉微创治疗,通过12个月的前瞻性队列研究随访,得出2组在矢状位后凸cobb角、矢状位指数、伤椎椎体前缘高度等畸形矫正方面差异无显著性意义,中后期随访矫正度丢失情况差异无显著性意义,但在跨伤椎固定组患者手术切口长度、术中出血量、手术时间、术中X射线透视等方面更具有优势。经伤椎固定组,应根据上下螺钉的位置,确定伤椎椎弓根螺钉的进针点和角度,使得3个椎弓根螺钉的进钉点尽量保持在一条直线上,进针角度尽量一致。连接棒置入后,需要正侧位和双斜位确认棒穿过螺钉,方可锁紧3枚顶丝,避免出现椎弓根钉逃逸现象。经伤椎固定组需固定6椎体,且伤椎置钉要求更高,在置入连接棒时需消耗更多手术时间及透视时间。说明跨伤椎固定组在术中具有明显优势,内固定后与经伤椎固定组相比能够达到同样的效果,即恢复椎体原有的高度。

经伤椎椎体固定的方法,其目的是希望通过增加脊柱前柱的支撑,减少后柱承受的载荷,降低内固定失败

的发生率,早期文献报道效果满意,但对于其确切的疗效一直存在较大争议^[11]。骨折椎体复位后形成的骨缺损一直被认为是内固定后矫正度数丢失的主要原因;但近年来越来越多的研究显示,胸腰椎骨折内固定后发生塌陷的部位主要在椎间隙而非骨折的椎体^[12]。Wang等^[13]采用后路短节段固定治疗27例胸腰椎骨折患者,经过2年随访发现,塌陷的部位主要在椎间隙,而骨折椎体的高度即使在内固定取出后仍能得到良好的维持。因此,椎体愈合后可具有足够的机械性能来维持自身形态的完整,经伤椎固定并不能有效复位椎体中央塌陷的终板,无法阻止椎间盘组织向骨折椎体内的移位。由此可见,经伤椎椎弓根固定虽然可能有助于骨折椎体高度的维持,但却无法阻止椎间隙的进一步塌陷以及减低内固定失败的发生率。

经皮固定的一个缺陷是植骨融合困难。关于短节段固定是否需要植骨融合,传统观点认为需要植骨融合,这是脊柱外科手术的金标准。有研究显示坚固的融合可获得理想的疗效^[14]。而多数经皮微创椎弓根螺钉内固定治疗胸腰椎骨折的临床研究中均未进行伤椎植骨。汪学军等^[15]对一组接受微创椎弓根螺钉内固定且未行椎体内植骨的胸腰椎骨折患者进行了平均3.8年的随访,内固定后发现患者伤椎椎体高度及后凸cobb角均有丢失,后凸畸形仍进行性发展,内固定后2年伤椎椎体高度及后凸cobb角与内固定前差异无显著性意义。本试验中经皮微创手术均未做植骨,随访6-14个月,患者椎体高度略有丧失,后凸cobb角略呈增大趋势,但均未继发临床症状,功能活动满意。

此次试验显示,在经皮自撑开钉微创治疗胸腰段椎体骨折中,跨伤椎固定组与经伤椎固定组内固定后中长期效果相当,术中跨伤椎组更具优势。因此经皮微创自撑开钉治疗胸腰段椎体骨折行伤椎固定意义不大。因此次试验随访时间较短,其远期疗效仍需进一步观察。

作者贡献: 所有作者共同进行试验设计、实施及评估。

利益冲突: 所有作者共同认可文章无相关利益冲突。

伦理问题: 试验方案经西安交通大学医学院附属红会医院伦理委员会批准,试验方案已经患者/家属知情同意。

文章查重: 文章出版前已经过 CNKI 反剽窃文献检测系统进行3次查重。

文章外审: 本刊实行双盲外审制度,文章经国内小同行外审专家审核,符合本刊发稿宗旨。

作者声明: 文章第一作者对研究和撰写的论文中出现的不端行为承担责任。论文中涉及的原始图片、数据(包括计算机数据库)记录及样本已按照有关规定保存、分享和销毁,可接受核查。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

4 参考文献 References

- [1] Kramer DL, Rodgers WB, Mansfield FL. Transpedicular instrumentation and short-segment fusion of thoracolumbar fractures: a prospective study using a single instrumentation system. *J Orthop Trauma*. 1995;9(6):499-506.
- [2] Antevil JL, Sise MJ, Sack DI, et al. Spiral computed tomography for the initial evaluation of spine trauma: A new standard of care? *J Trauma*. 2006;61(2):382-387.
- [3] Palmisani M, Gasbarrini A, Brodano GB, et al. Minimally invasive percutaneous fixation in the treatment of thoracic and lumbar spine fractures. *Eur Spine J*. 2009;18 Suppl 1:71-74.
- [4] Ni WF, Huang YX, Chi YL, et al. Percutaneous pedicle screw fixation for neurologic intact thoracolumbar burst fractures. *J Spinal Disord Tech*. 2010;23(8):530-537.
- [5] Kim DY, Lee SH, Chung SK, et al. Comparison of multifidus muscle atrophy and trunk extension muscle strength: percutaneous versus open pedicle screw fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(1):123-129.
- [6] 李长青,罗刚,周跃,等.微创三节段经皮椎弓根螺钉内固定选择性治疗胸腰椎骨折[J].第三军医大学学报,2009,31(22):2284-2287.
- [7] Mahar A, Kim C, Wedemeyer M, et al. Short-segment fixation of lumbar burst fractures using pedicle fixation at the level of the fracture. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(14):1503-1507.
- [8] 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.
- [9] 赵文明,柴俊,毛立彪,等.后路短节段钉棒系统结合经椎置钉固定治疗胸腰椎爆裂性骨折[J].临床骨科杂志,2013,16(5):487-489.
- [10] 谭家昌,徐鸿育,杨有猛,等.伤椎置钉与跨节段椎弓根螺钉内固定术治疗胸腰椎骨折的比较研究[J].中国矫形外科杂志,2009,17(14):1094-1096.
- [11] Alanay A, Acaroglu E, Yazici M, et al. Short-segment pedicle instrumentation of thoracolumbar burst fractures: does transpedicular intracorporeal grafting prevent early failure? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(2):213-217.
- [12] Leferink VJ, Zimmerman KW, Veldhuis EF, et al. Thoracolumbar spinal fractures: radiological results of transpedicular fixation combined with transpedicular cancellous bone graft and posterior fusion in 183 patients. *Eur Spine J*. 2001;10(6):517-523.
- [13] Wang XY, Dai LY, Xu HZ, et al. Kyphosis recurrence after posterior short-segment fixation in thoracolumbar burst fractures. *J Neurosurg Spine*. 2008;8(3):246-254.
- [14] Bono CM, Lee CK. Critical analysis of trends in fusion for degenerative disc disease over the past 20 years: influence of technique on fusion rate and clinical outcome. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(4):455-463; discussion Z5.
- [15] 汪学军,吴亚鹏,李开南,等.微创椎弓根钉内固定治疗胸腰椎骨折中期椎体运动节段高度维持的研究[J].四川医学,2010,31(1):30-32.