

脊柱骨折经伤椎椎弓根置钉附加横连 短节段固定的稳定性测试

王洪伟¹, 李长青¹, 周 跃¹, 赵卫东²

(1 第三军医大学附属新桥医院骨科 400037 重庆市; 2 南方医科大学生物力学实验室 510000 广州市)

【摘要】目的:探讨脊柱骨折经伤椎椎弓根置钉附加横连短节段钉棒固定的稳定性。**方法:**5 具新鲜冰冻小牛腰椎标本(L1~L5)制备成 L3 椎体爆裂骨折模型,依次进行单纯经伤椎和上下相邻椎体椎弓根置钉短节段 6 钉固定(单纯经伤椎 6 钉固定组)和附加横连经伤椎和上下相邻椎体椎弓根置钉短节段 6 钉固定(附加横连经伤椎 6 钉固定组),测试 L2~L4 损伤前(对照组)、损伤后(骨折组)及单纯经伤椎 6 钉固定组和附加横连经伤椎 6 钉固定组的三维 6 个方向的运动范围 (ROM),比较各组间的差异。**结果:**L3 椎体爆裂骨折后 L2~L4 各方向的 ROM 明显增加,与损伤前比较均有显著性差异($P<0.05$);单纯经伤椎 6 钉固定组与附加横连接经伤椎 6 钉固定组各方向的 ROM 均明显减小,与骨折组相比均有显著性差异($P<0.05$),在前屈、后伸、侧弯运动方向的 ROM 小于对照组,差异有显著性 ($P<0.05$),旋转方向上大于对照组($P<0.05$)。两种固定方式在前屈、后伸、侧弯方向上的 ROM 无显著性差异 ($P>0.05$),附加横连经伤椎 6 钉固定组较单纯经伤椎 6 钉固定组在旋转方向上的 ROM 小,差异有显著性($P<0.05$)。**结论:**经伤椎椎弓根置钉短节段钉棒固定可提高骨折模型各个运动方向上的生物力学稳定性,附加横连经伤椎 6 钉固定技术较单纯经伤椎 6 钉固定技术在轴向旋转运动方向上可提供更强的力学稳定性。

【关键词】 脊柱骨折;椎弓根螺钉;经伤椎固定;稳定性

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2010.09.12

中图分类号:R687.3,R683.2 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2010)-09-0745-04

Biomechanical study of transpedicular fixation via injured vertebra plus connector for short-segment instrumentation of the spinal fracture/WANG Hongwei, LI Changqing, ZHOU Yue, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2010, 20(9): 745~748

【Abstract】 Objective: To investigate the biomechanical stability of transpedicular fixation via injured vertebra plus connector for short-segment instrumentation of the spinal fracture. **Method:** L3 vertebral body fracture model were made on 5 fresh calf lumbar spine specimens, the stability of the L2-L4 segment with regard to intact specimens (control group), fractured model specimens (fracture group), transpedicular fixation via injured vertebra (6-screws construct) and transpedicular fixation via injured vertebra plus connector (6-screws plus connector construct) were tested for the range of motion (ROM) in flexion-extension, lateral bending and axial rotation. **Result:** The ROM of L2-L4 in flexion-extension, lateral bending and axial rotation of the fracture group was more than the intact specimens, which showed significant difference ($P<0.05$). The ROM in flexion-extension, lateral bending and axial rotation of 6-screw and 6-screws plus connector constructs was smaller than those of the fracture group ($P<0.05$). Two instrumentation group exhibited a smaller ROM in flexion-extension and lateral bending compared with the intact specimens ($P<0.05$). There was no significant difference in the flexion-extension and lateral bending ROM between two instrumentation groups ($P>0.05$), but 6-screw plus connector constructs had smaller axial rotation ROM than that 6-screws constructs alone ($P<0.05$). **Conclusion:** Transpedicular fixation via injured vertebra can enhance the biomechanical stability of the short-segment pedicle fixation system. Additionally, transpedicular fixation via injured vertebra plus connector is superior than the single 6-screw construct in providing axial rotation stability.

第一作者简介:男(1984-),博士研究生,研究方向:脊柱外科基础与临床

电话:(023)68755608 E-mail:cplawhw@163.com

通讯作者:周跃 E-mail:happyzhou@vip.163.com

【Key words】 Spinal fracture; Pedicular screw; Fixation of the fractured vertebra; Stability

【Author's address】 Department of Orthopaedics, Xinqiao Hospital of Third Military Medical University, Chongqing, 400037, China

胸腰椎骨折行传统后路短节段跨伤椎椎弓根钉棒系统 4 钉内固定术(以下简称 4 钉法)术后常出现椎弓根螺钉松动、断裂,术后矫正度丢失等并发症。近年来有很多学者尝试在伤椎附加椎弓根螺钉内固定,并通过生物力学实验证实其具有更大的生物力学强度^[1-4]。虽然经伤椎置钉技术具有更大的生物力学强度,但是其在轴向旋转的稳定性仍然较弱。我们在经伤椎置钉的同时附加横连接以提高轴向旋转的稳定性,经生物力学测试证实了其可行性。

1 材料与方法

1.1 标本与器材

新鲜市售小牛腰椎(L1~L5)标本,透视排除先天性畸形和骨折。剔除所有肌肉组织,保留前纵韧带、后纵韧带、黄韧带、棘间韧带、棘上韧带及关节囊、椎间盘。标本两端(L1 和 L5)分别用聚丙烯酸甲酯包埋,双层塑料袋密封保存于-20℃冰箱中。椎弓根钉棒内固定系统由北京纳通医疗设备有限公司提供,椎弓根螺钉均为单向钉,规格为 5.0×35.0mm。脊柱三维运动 MTS 858 试验机为南方医科大学生物力学实验室提供。

1.2 模型的建立及生物力学测试

测试前将标本移至普通冰箱及室温下(20℃~25℃)逐级解冻。(1)对解冻后的标本在 MTS 858 试验机上测量标本 L2~L4 节段前屈(FL)、后伸(EX)、左侧弯(LB)、右侧弯(RB)、左轴向旋转

(LR)、右轴向旋转(RR)6 个方向的三维运动范围(正常组);(2)采用楔形截骨及重物砸击技术在标本上制作 L3 椎体骨折模型:先楔形切除 L3 椎体前缘中 1/3,椎体前后径前 2/3(图 1a),再用 10kg 杠铃片从初始高度为 50cm 处自由下落撞击标本顶端致 L3 爆裂骨折,截骨上下面接触(图 1b)(若 L3 前柱未塌陷,则以 10cm 为一梯度逐级升高铁锤高度以增大撞击能量,直至 L3 发生爆裂骨折),在相同条件下测试标本 L2~L4 节段 6 个方向的三维运动范围(骨折组);(3)在 L2~L4 双侧椎弓根置入螺钉,进钉方向:螺钉长轴与矢状面夹角 5°~10°,矢状位与正常椎终板平行,按临床操作使骨折复位后连接钛棒固定 L2~L4 节段(图 1c),在相同条件下测试标本 L2~L4 节段 6 个方向的三维运动范围(经伤椎 6 钉固定组);(4)在 6 钉固定的基础上附加横连接(图 1d),在相同条件下测试标本 L2~L4 节段 6 个方向的三维运动范围(附加横连 6 钉固定组)。

1.3 生物力学测试方法

应用脊柱三维运动 MTS 858 试验机,加载速度为 5.0mm/min,轴向压缩载荷 0~500N,前屈、后伸载荷均为 0~100N。每次测量均加载、卸载 3 次,加、卸载间隔 30s,只记录第 3 次的结果以减少脊柱粘弹性的影响。同时应用步态分析仪数字动作捕捉及分析系统(Eagle-4, Motion Analysis)测量标本在不同负荷下的运动变化。

1.4 统计学分析

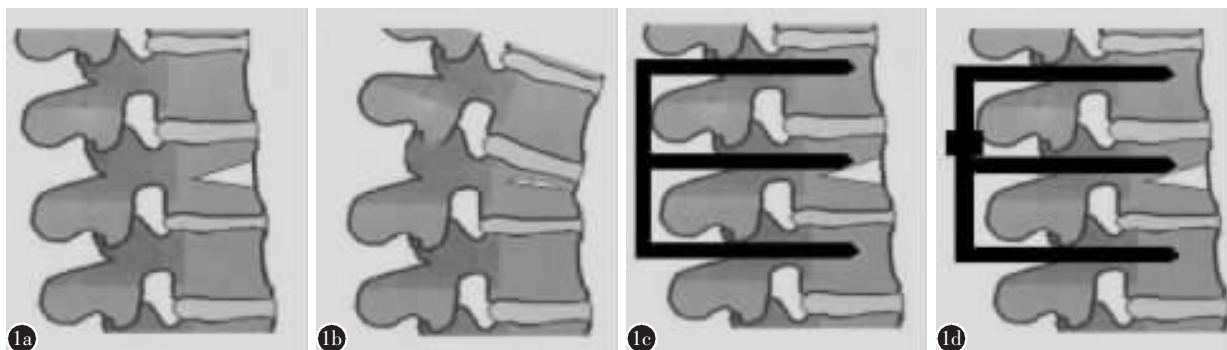


图 1 骨折模型制作及固定方法示意图 a L3 椎体楔形截骨 b 楔形截骨后重物撞击使截骨上下面接触 c 经伤椎和上下相邻椎体椎弓根置钉短节段 6 钉固定 d 紧邻伤椎固定螺钉上方放置横连经伤椎和上下相邻椎体椎弓根置钉短节段 6 钉固定

所得原始数据为各状态的前屈、后伸、左右侧弯和左右旋转的 ROM。采用 SPSS 15.0 统计软件分析, 组内各状态 ROM 值采用单因素方差分析 (one-way ANOVA) 及均数间两两比较的 t 检验, $P<0.05$ 为有统计学差异。

2 结果

损伤前后及不同固定方式下 L2~L4 节段三维运动范围见表 1。骨折组各方向的 ROM 均明显增加, 与正常组比较有显著性差异 ($P<0.05$)。两种固定方式固定后在屈曲、后伸、侧屈运动的 ROM 值均小于对照组, 旋转方向大于对照组, 差异均有显著性 ($P<0.05$); 与骨折组相比, 在各个运动方向的 ROM 均有显著性差异 ($P<0.05$)。附加横连 6 钉固定组在旋转方向运动的 ROM 与 6 钉固定组相比有显著性差异 ($P<0.05$), 其余各向运动的 ROM 与 6 钉固定组相比无显著性差异 ($P>0.05$)。

表 1 损伤前、后及不同固定方式下 L2~L4 节段三维运动范围 ($\bar{x}\pm s, n=5, ^\circ$)

	对照组	骨折组	6钉固定组	附加横连 6钉固定组
屈曲	3.37±0.74	8.98±0.51 ^①	1.34±0.47 ^{①②}	1.19±0.42 ^{①②}
后伸	2.52±0.90	8.68±0.54 ^①	1.27±0.34 ^{①②}	0.99±0.45 ^{①②}
侧屈	6.70±1.65	16.41±1.32 ^①	0.92±0.25 ^{①②}	0.83±0.21 ^{①②}
旋转	1.04±0.16	10.17±1.04 ^①	3.91±0.94 ^{①②}	3.04±1.26 ^{①②③}

注: ①与对照组相比 $P<0.05$; ②与骨折组相比 $P<0.05$; ③与 6 钉固定组相比 $P<0.05$

3 讨论

经椎弓根螺钉内固定术治疗脊柱骨折已广泛应用于临床。目前临床常用的椎弓根螺钉内固定术式为后路短节段跨伤椎椎弓根螺钉 4 钉内固定术。通过纵向撑开, 利用前后纵韧带的夹板作用, 使压缩椎体恢复高度和外形, 其对伤椎的复位是间接复位, 撑开力经过椎间盘、小关节、韧带等的传递达到复位伤椎的目的。对于伤椎相邻椎间盘或前后纵韧带损伤的患者, 力量传递效果不佳, 影响对伤椎的复位效果。对于伤椎后缘突入椎管骨块的复位也是间接复位, 即在伤椎高度恢复的同时, 后纵韧带紧张, 向前压迫突入椎管的骨块达到复位的效果, 其复位程度有限。可见传统跨伤椎 4 钉固定对脊柱骨折后凸畸形矫正、对椎管内占位骨块的复位和矫正度的维持方面都不够理想。

经伤椎与上下相邻椎体同时置钉的 6 钉固定

具有以下优势^[1-4]: ①通过后路短节段椎弓根钉棒系统固定, 在前柱完整的基础上, 加强脊柱的张力带机制; ②将伤椎与上下椎体相连, 同时预弯撑开的钛棒在后凸畸形的顶端 (一般均为伤椎) 直接向前推顶, 向前挤压使得向背侧移位的伤椎向前复位, 重建解剖序列; ③避免了传统 4 钉固定的“平行四边形效应”及“悬挂效应”, 增加了稳定性, 减少了后凸形成; ④避免了内固定器的应力集中, 降低钉-棒应力负荷, 使内固定折损率显著降低, 进而减少术后畸形矫正的丢失; ⑤较跨伤椎 4 钉内固定缩短了椎间固定点的距离, 两固定点之间棒的长度越短, 其生物力学稳定性越强; ⑥对伤椎本身畸形具有不同程度的矫正作用, 能矫正椎体的压缩成角和恢复伤椎的高度, 使应力更好地通过椎间隙传导至伤椎, 防止椎间隙的塌陷。临床应用具有较好的即刻矫正复位效果及维持矫正度的作用。本研究结果证实, 单纯经伤椎固定的 6 钉内固定能明显提高骨折模型的生物力学稳定性, 与完整对照组相比, 在屈曲、后伸、侧屈运动方向上具有很好的生物力学稳定性, 但是在轴向旋转运动方向上较完整对照组弱。

Asher 等^[5]指出横连的应用能够增加双边钉棒固定系统的轴向旋转强度。Benzel 等^[6]认为附加横连能够抵抗后路内固定的侧方移位及双棒系统的四边形效应, 通过将双侧内置物相连增加椎弓根螺钉的拔出力。Kuklo 等^[7]在人尸体胸椎 (T4~T10) 长节段后路内固定模型上研究了横连对内固定生物力学稳定性的影响, 发现单横连或双横连均能明显增加固定标本的旋转稳定性, 对固定标本的屈伸及侧屈影响不大。Hart 等^[8]在猪脊柱标本上进行了相关的生物力学实验, 结果显示后路经伤椎 6 钉内固定的生物力学强度强于后路短节段跨节段 4 钉固定, 但是与后路跨节段 4 钉固定附加横连固定组在轴向旋转的生物力学强度相当。我们在临床应用经伤椎置钉法内固定治疗胸腰椎骨折的过程中发现经伤椎置钉能够较好地矫正伤椎前、后缘高度, 且能够更好地维持矫正的效果^[9]。本研究结果表明, 单纯附加伤椎固定的 6 钉固定在轴向旋转运动方向上生物力学强度较完整对照组弱, 附加横连增强了旋转稳定性。

本研究结果显示, 单纯经伤椎置钉 6 钉固定与附加横连的经伤椎置钉 6 钉固定均能明显增强骨折模型在各个运动方向上的生物力学稳定性,

且在屈曲、后伸、侧屈运动方向上的生物力学稳定性均高于完整对照组, 附加横连经伤椎置钉 6 钉固定较单纯经伤椎置钉 6 钉固定旋转稳定性进一步增强。说明附加横连接的 6 钉法固定能明显增加旋转方向的稳定性。因此, 对脊柱存在明显轴向失稳, 如椎体前后纵韧带断裂, 纤维环完整性遭到破坏者, 屈曲旋转型、剪力脱位型、牵拉屈曲型或伸展型骨折脱位的胸腰椎骨折的患者, 建议采用附加横连固定, 以增加脊柱的轴向稳定性。当然前提是骨折椎能置入椎弓根螺钉, 即骨折椎椎弓根相对完整, 当一侧椎弓根完整性严重破坏时, 可采用完整侧单侧置钉的 5 钉内固定术。

4 参考文献

1. 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.
2. 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.
3. Anekstein Y, Brosh T, Mirovsky Y. Intermediate screws in short segment pedicular fixation for thoracic and lumbar fractures: a biomechanical study[J]. J Spinal Disord Tech, 2007, 20(1): 72-

77.

4. 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, 2007, 32(14): 1503-1507.
5. Asher M, Carson W, Heinig C, et al. A modular spinal rod linkage system to provide rotational stability[J]. Spine, 1988, 13(3): 272-277.
6. Benzel EC. Deformity Prevention and Correction: Component Strategies [M]. Rolling Meadows: AANS Publications, 2001. 357-374.
7. Kuklo TR, Dmitriev AE, Cardoso MJ. Biomechanical contribution of transverse connectors to segmental stability following long segment instrumentation with thoracic pedicle screws[J]. Spine, 2008, 33(15): E482-E487.
8. Hart R, Hettwer W, Liu Q, et al. Mechanical stiffness of segmental versus nonsegmental pedicle screw constructs: the effect of cross-links[J]. Spine, 2006, 31(2): E35-E38.
9. 王洪伟, 李长青, 周跃, 等. 微创与传统开放附加伤椎经椎弓根螺钉内固定手术治疗胸腰椎骨折的疗效比较[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2010, 20(2): 112-116.

(收稿日期: 2010-04-26 修回日期: 2010-2010-07-19)

(英文编审 蒋欣/郭万首)

(本文编辑 卢庆霞)

消息

第一届同济大学附属第十人民医院脊柱微创学习班通知

第一届同济大学附属第十人民医院脊柱微创学习班将于 2010 年 11 月 26 日~28 日在上海举办, 学习班邀请国内著名脊柱微创专家做专题报告并进行手术演示, 同时依托“同济大学-中国冠龙脊柱微创培训及研发中心”进行解剖标本上的脊柱微创实践操作培训。

学习班内容: (1) 理论授课: 经皮穿刺技术; 显微镜操作技术; 脊柱内镜(MED 及椎间孔镜)技术; 小切口技术; 导航技术等。(2) 手术演示: 学员分组参观 MED、椎间孔镜及各种消融手术; (3) 操作培训: 在新鲜尸体标本上分组进行 MED、椎间孔镜及各种消融手术操作练习。

为了保证学习效果, 学习班名额限定 40 人, 其中参加尸体操作培训学员为 20 人; 学习班费用 800 元, 尸体操作培训费 1000 元; 有意参加者请邮寄、传真或电子邮件发至上海市闸北区延长中路 301 号同济大学附属第十人民医院骨科沈毅文、张海龙、顾昕。邮编: 200072; 电话: 021-66307046, 13918408527 (张海龙); 传真: 021-66307046; E-mail: hss7418@sohu.com。报名截止日期: 2010 年 10 月 30 日。

更多详细情况请访问同济大学附属第十人民医院脊柱外科/脊柱微创中心网站: www.tongjispine.com 及骨科网站: www.tjsyjk.com。