

脊柱失稳节段经椎弓根螺钉内固定器固定后对邻近节段三维运动的影响

王向阳 徐华梓 池永龙

(浙江省脊柱外科中心温州医学院附属第二医院, 浙江 温州 325027)

【摘要】 目的 研究经椎弓根螺钉内固定器固定脊柱失稳节段后对邻近节段三维运动范围的影响。方法 在 7 例新鲜成人尸体 T₁₀~ L₄ 脊柱标本上, 模拟 L₁ 骨折后安放经椎弓根螺钉内固定器, 在 10.0N·m 载荷下进行三维运动测试。分析脊柱固定阶段(T₁₂~ L₂)、邻近节段(T₁₁~ T₁₂、L₂~ L₃) 和总节段(T₁₁~ L₃) 的前屈、后伸、轴向旋转和侧弯运动范围。结果 经椎弓根螺钉内固定器固定后能使固定节段屈伸、侧弯运动方向上运动范围减少, 轴线旋转运动恢复至正常完整节段运动范围。但同时邻近节段屈伸、侧弯运动运动范围增加, 轴向旋转运动范围无明显变化。固定后总节段比正常完整总节段屈伸、侧弯运动运动范围增加, 轴向旋转运动范围无明显变化。结论 经椎弓根螺钉内固定器固定使邻近节段屈伸和侧弯运动范围代偿性增加, 但不能代偿丢失的运动范围, 对邻近节段的轴向旋转无明显影响。

【关键词】 生物力学; 脊柱; 内固定器; 关节不稳定性

The effect of pedicle screw device fixation on three dimensional movement of adjacent segments in thoracolumbar spine WANG Xiangyang, XU Huarzi, CHI Yong-long. Department of Orthopaedic Surgery, Second Affiliated Hospital of Wenzhou Medical College(Zhejiang Wenzhou, 325027)

【Abstract】 Objective To study the changes of three dimensional movements of adjacent segments of the thoracolumbar spine induced by pedicles screw device fixation **Methods** A model of L₁ body fracture was produced on seven specimens of fresh adult cadaver spine from T₁₀ to L₄. A pedicle screw device was applied in the specimen to strengthen the injured level. Ranges of three dimensional movements of fixed segments (T₁₂~ L₂), adjacent segment (T₁₁~ T₁₂、L₂~ L₃) and whole segments(T₁₁~ L₃) were measured in intact, injured and the stabilized specimens. **Results** Although the pedicle screw device was found to provide significant stability for injured segment in flexion/extension, lateral bending and restore stability to levels similar to those of an intact spine in axial rotation and at the same time the device increased the range of motion of the adjacent vertebral level yet, there was a reduction of the range of motion of whole segment on flexion/extension and lateral bending when compared with those of the intact spine. **Conclusion** Application of the pedicle screw device increase the range motion of flexion/extension and lateral bending in adjacent segments which cannot compensate for the loss of those range of motion and have no influence on axial rotation.

【Key words】 Biomchanics; Spine; Internal fixators; Joint instability

随着临床实践、生物力学及相关学科的发展, 多种坚强内固定器械被应用于脊柱外科, 包括利用椎弓根是固定“力核”这一观念导致坚强椎弓根螺钉固定系统的应用。坚强内固定为矫正畸形, 稳定脊柱, 保护脊髓, 促进融合, 术后护理和早期康复提供更有利的条件。但同时亦带来许多负面效应, 如改变邻近节段活动行为, 是导致邻近节段退变的生物力学因素之一^[1]。经椎弓根螺钉内固定对固定段的固定效果的生物力学研究较多, 而对邻近节段三维运动的影响研究缺乏。本实验采用离体生物力学试验, 分析经椎弓根螺钉内固定对邻近

节段三维运动的影响。

1 材料与方法

1.1 标本制备 7 具胸腰椎标本取自意外死亡成人男性(35 岁左右)新鲜尸体, 截取 T₁₀~ L₄ 部位于-20℃冰柜中用塑料袋密封保存, 排除明显损伤、骨质疏松、退行性变的标本。测试前室温下自然解冻, 剔除所有的肌肉组织, 保留韧带, 小关节, 骨结构完整。用自凝牙托粉包埋标本上下端, 将供脊柱三维运动测试系统识辨的标尺固定在各椎体前缘。

1.2 损伤模型及器械固定 在 L₁ 椎体前作“V”形切除, 高度为 1cm, 深度为椎体前后径 2/3。在万能力学材料试验机上静态压缩至椎体前端闭合。然后安装池氏经椎弓根内固定

器,即在 T₁₂与 L₂ 固定失稳脊柱(图 1)。

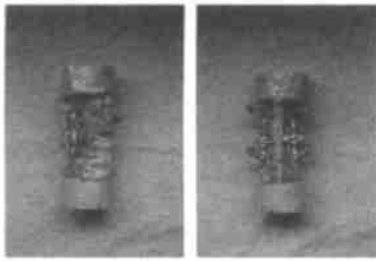


图 1 经椎弓根螺钉内固定器械固定 L₁ 失稳骨折标本

1.3 实验测试 7 个标本按完整、损伤及内固定后三个状态依次连接在脊柱三维运动试验机^[2]的加载盘和试验台上,对脊柱标本施加 10N·m 的前屈、后伸、左侧弯、右侧弯、左轴向旋转、右轴向旋转纯力矩,使脊柱相应作上述运动。由互成角度的两个摄像机摄零载荷和最大载荷(10N·m)时脊柱运动状态的图像,经计算机图像处理系统计算脊柱节段间角度变化,分析与载荷方向相同的运动范围(range of motion ROM)。计算脊柱固定节段(T₁₂~L₂)、邻近节段(T₁₁~T₁₂、L₂~L₃)和总节段(T₁₁~L₃)之间的 ROM(图 2)。

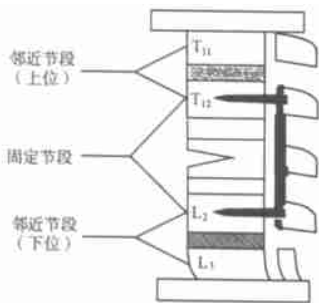


图 2 固定节段(T₁₂~L₂)、上位邻近节段(T₁₁~T₁₂)、下位邻近节段(L₂~L₃)和总节段(T₁₁~L₃)。

1.4 数据分析 采用 SPSS 9.0 统计软件分析。用单因素多水平方差分析和 q 检验分析完整标本、模型标本及加内固定后标本节段(T₁₂~L₂) ROM 的差异。用配对 t 检验比较完整

标本与固定后标本邻近节段(T₁₁~T₁₂、L₂~L₃)和总节段(T₁₁~L₃)运动范围差异。显著性水平定为 P=0.05。

2 结果

2.1 脊柱三维运动测试 完整标本、模型标本及安放内固定器械后固定 T₁₂~L₂ 节段的运动范围及组间差异的统计学结果(表 1,表 2)。

表 1 完整标本、模型标本及加内固定后标本节段(T₁₂~L₂) ROM($\bar{x} \pm s$, 度)

组别	前屈	后伸	侧弯	轴向旋转
完整标本(1)	6.60±1.43	4.87±0.87	21.21±4.07	3.40±2.07
模型标本(2)	15.88±4.31	12.01±3.29	30.58±4.32	13.19±4.75
固定后标本(3)	2.24±0.90	1.79±0.66	13.23±3.46	1.51±0.25

注:右侧和左侧弯(或轴向旋转)的数据合并为表中所列的平均值。

表 2 完整标本、模型标本及加内固定后标本节段(T₁₂~L₂) ROM 比较的 q 检验结果

组间差异 P 值	前屈	后伸	侧弯	轴向旋转
(1):(2)	0.000	0.003	0.004	0.003
(1):(3)	0.003	0.000	0.003	0.158
(2):(3)	0.000	0.000	0.000	0.002

由表 1、2 可见,完整标本组 T₁₂~L₂ 节段的平均运动范围分别为前屈 6.6°,后伸 4.87°,侧弯 21.21°,轴向旋转 3.40°。在 L₁ 椎体骨折后,其前屈、后伸、侧弯、轴向旋转运动范围显著增加,表明损伤后胸腰椎结构不稳定。经椎弓根螺钉内固定后 T₁₂~L₂ 节段在前屈、后伸和侧弯方向上的运动范围小于完整标本组,但旋转运动范围与完整标本组相比无明显差异(P=0.158)。表明损伤后,经椎弓根螺钉器械内固定能加强脊柱前屈、后伸和侧弯运动的稳定性,同时能恢复旋转运动的稳定性。

2.2 经椎弓根螺钉标本内固定后完整标本与固定标本邻近节段(T₁₁~T₁₂、L₂~L₃)和总节段(T₁₁~L₃)运动范围及固定前后各节段运动范围差异的统计学结果(表 3,表 4)

表 3 完整标本及加内固定后标本邻近节段和总节段的 ROM($\bar{x} \pm s$, 度)

节段		前屈	后伸	侧弯	轴向旋转
T ₁₁ ~T ₁₂	完整标本(1)	4.12±1.05	1.91±0.89	12.88±2.80	2.83±1.26
	固定后标本(2)	4.89±0.93	2.65±0.98	15.54±4.02	2.84±1.46
L ₂ ~L ₃	完整标本(3)	4.26±0.84	1.74±0.55	13.45±3.16	2.69±1.21
	固定后标本(4)	5.08±0.88	2.95±0.95	16.07±4.10	2.70±1.38
T ₁₁ ~L ₃	完整标本(5)	14.98±2.68	8.49±1.37	47.54±10.62	8.91±3.65
	固定后标本(6)	12.21±2.27	7.11±1.54	43.80±9.38	7.47±2.42

表 4 完整标本与内固定后标本节段总节段 ROM 比较的配对 t 检验结果

组间差异 P 值	前屈	后伸	侧弯	轴向旋转
(1):(2)	0.020	0.010	0.045	0.950
(3):(4)	0.024	0.026	0.013	0.927
(5):(6)	0.011	0.031	0.035	0.145

上邻近节段(T₁₁~T₁₂)和下邻近节段(L₂~L₃)在前屈、后伸和侧弯上运动范围显著增加。在上邻近节段分别增加 18.7%,38.7%,20.7%。在下邻近节段分别增加 19.2%,69.5%,19.5%。但在轴向旋转方向上运动范围变化无显著性意义(P>0.05,表 4)。内固定后总节段(T₁₁~L₃)在前屈、后伸和侧弯方向上运动范围显著下降(P<0.05),但轴向旋转运动范围变化无显著性意义(P=0.927)。

3 讨论

从表 3、4 可见,经椎弓根螺钉器械内固定后,固定节段的

经椎弓根内固定,因通过椎弓根这一生物力学“力核”达到三柱固定,而被广泛应用于脊柱外科领域。但坚强内固定使固定节段产生应力遮挡,邻近节段产生应力集中,导致固定区域骨质疏松、骨萎缩、邻近节段的椎间盘和小关节退行性变^[1,3-5]。以往的体内和离体研究表明节段制动可造成邻近节段运动和负荷的增加^[1,3,6],这种生物力学变化可造成邻近节段的退行性变。

脊柱内固定后脊柱节段活动度将发生重新分配,固定节段各向运动范围减少或消失。固定节段的活动度会转移到剩余的运动节段,使邻近节段三维运动范围增加。Shono 等^[1]离体生物力学实验表明脊柱内固定改变了邻近节段的运动模式,在旋转、前屈、后伸、侧弯试验时邻近节段位移增大,并且随着固定器刚度增加和固定范围的扩大而明显。Dekutoski 等^[3]分别测量了有或无节段(L₃~L₇)制动情况下,观察一只狗在跑台上行走时观测 L₂~L₃ 在体内的运动,表明角运动增加。Lim 等^[6]的研究也出现类似的现象。

在分析脊柱运动时,一般可将椎骨视为不变形体(刚体),将椎体的连接(韧带、椎间盘、小关节突关节囊)视为可变形体。脊柱内固定后,在相同载荷作用下,作用于邻近节段韧带、椎间盘和小关节突关节囊的应力增加,故其变形增加,导致邻近节段运动范围增加。而应力增加是导致椎间盘、小关节突和韧带退变的主要生物力学原因。由本文研究亦表明邻近节段在伸屈、侧弯时运动范围增加明显,说明作用于韧带、椎间盘、关节囊的应力增加,而旋转运动时运动范围无明显变化,说明在此方向上运动对邻近节段应力影响较少。既往的研究表明后路经椎弓根螺钉器械对失稳脊柱的伸屈和侧弯运动控制较好,能加强固定节段脊柱的稳定性,而对轴向旋转运动控制不好,不能重建或仅能恢复其稳定性^[7,8]。这也说明经椎弓根螺钉内固定器械固定后邻近节段需在伸屈和侧弯运动范围上代偿性增加,而在轴向旋转运动范围上无明显代偿。本文结果也说明了这一力学现象。上下邻近节段的伸屈和侧弯运动范围增加,但总节段的运动范围(固定节段+邻近节段)却减少,本实验结果显示前屈减少 18.5%,后伸减少 16.3%,侧弯减少 8.0%,说明固定节段丢失的运动范围不能由邻近节段完全代偿。这是因为脊柱内固定后,机体企图保持脊柱的正常活动范围,在相同载荷作用下,椎间盘、韧带、小关节突、关节囊等可变形体发生变形,但变形是有限的。而且

邻近节段在超负荷应力下,反复作用,易导致退变。

本研究结果表明脊柱经椎弓根螺钉内固定器械固定能改变邻近节段的三维运动范围,这可能是导致邻近节段退变的一个生物力学因素。但与其他器械相比,对邻近节段各方向上三维运动范围不同影响与邻近节段退变的关系如何尚需进一步研究。如何既能保持固定节段的稳定性,又能尽量减少对邻近节段运动和负荷的影响,从而减少退变。因此我们设想在固定稳定的条件下(可以在固定前期或中后期)通过适当降低脊柱内固定器的刚度或适当增加某一方向上的运动范围,从而使其应力遮挡作用减小,骨端可受到生理性应力的刺激,并且能减少邻近椎间盘营养代谢及压力改变,防止邻近节段活动度及关节突负荷增加过大,以达到促进骨质愈合,减少骨质疏松,骨萎缩和固定节段与邻近节段的椎间盘、小关节退行性变的目的。

参考文献

- 1 Shono Y, Kaneda K, Abumi K, et al. Stability of posterior spinal instrumentation and its effects on adjacent motion segments in the lumbosacral spine. *Spine*, 1998, 23: 1550-1558.
- 2 Zhu QA, Ouyang J, Lu WW, et al. Traumatic instabilities of the cervical spine caused by high speed axial compression in a human model: an in vitro biomechanical study. *Spine*, 1999, 24: 440-444.
- 3 Dekutoski MB, Schendel MJ, Ogilvie JW, et al. Comparison of in vivo and in vitro adjacent segment motion after lumbar fusion. *Spine*, 1994, 19: 1745-1751.
- 4 McAfee PC, Farey ID, Sutterlin TC. The effects of spinal implant rigidity on vertebral bone density: A canine model. *Spine*, 1991, 16 (suppl): 190-197.
- 5 Kotani Y, Cunningham BW, Cappuccino A, et al. The effects of spinal fixation and destabilization on the biomechanical and histologic properties of spinal ligaments: A in vivo study. *Spine*, 1998, 23: 677-682.
- 6 Lim TH, Pathwardham AG, Hong JH, et al. Effect of instrumented fusion on the biomechanics of adjacent segments - An in vivo canine study. Paper presented at the 42nd Annual Meeting, Orthopaedic Research Society, Atlanta, GA, 1996, 19-22.
- 7 黄继锋,朱青安,钟世镇. 5 种后路脊柱内固定器械的生物力学评价. *中华骨科杂志*, 1997, 17(9): 539-543.
- 8 Lim TH, Eck JC, An HS, et al. Biomechanics of transfixation in pedicle screw instrumentation. *Spine*, 1996, 21: 2224-2229.

(收稿: 2001-12-21 编辑: 李为农)

北京天东电子医用设备公司供货信息

北京天东医疗设备有限公司生产部是多年生产口腔正畸材料、骨科器械及小针刀系列产品的专业厂家。审批文件:京药器监(准)字 2001 年第 2550313 号,京医械广审(文)200203021 号。

现办理小针刀邮购业务,售价: I 型(20 支装)每套 120 元; II~ III 型(10 支装)每套 90 元。每套加收 10 元包装邮资,款到发货。地址:北京天东医疗设备有限公司,北京崇文区东花市斜街 50 号(北京第 59 中学东侧)。邮编:100062 电话:010-67126137 67159054