

角棒与圆棒在椎弓根螺钉固定系统中 抗旋转能力的生物力学比较

黄紫芳¹, 杨军林¹, 朱青安², 邹学农¹, 苏培强¹, 谢超凡¹, 林翔¹, 赵卫东³

(1 中山大学附属第一医院脊柱外科 510080 广州市; 2 南方医科大学南方医院脊柱骨病外科 510515 广州市;
3 南方医科大学基础医学院生物力学重点实验室 510630 广州市)

【摘要】 目的: 比较角棒与圆棒在 Legacy、USS II、RF 单轴向椎弓根螺钉固定系统中的抗旋转性能。**方法:** 将 Legacy、USS II、RF 单轴向椎弓根螺钉分别与原装圆棒或自行设计的角棒组合, 分为 6 个实验组: (1) Legacy 螺钉和 Legacy 圆棒组(A 组); (2) Legacy 螺钉和角棒组(B 组); (3) USS II 螺钉和 USS II 圆棒组(C 组); (4) USS II 螺钉和角棒组(D 组); (5) RF 螺钉与 RF 圆棒组(E 组); (6) RF 螺钉和角棒组(F 组)。每组 7 套, 其中 1 套行预试验。分别以固定的扭矩标准锁紧单枚椎弓根螺钉与圆棒或角棒, 在 MTS 858 试验机上测量旋转滑动扭矩。**结果:** A、B 组的旋转滑动扭矩分别为 $12.3 \pm 1.9 \text{ Nm}$ 和 $16.9 \pm 2.1 \text{ Nm}$; C、D 组的旋转滑动扭矩分别为 $3.9 \pm 0.8 \text{ Nm}$ 和 $4.6 \pm 0.7 \text{ Nm}$; E、F 组的旋转滑动扭矩分别为 $6.7 \pm 0.4 \text{ Nm}$ 和 $17.6 \pm 0.7 \text{ Nm}$ 。Legacy 螺钉与 RF 螺钉配角棒组的旋转滑动扭矩高于配圆棒组($P < 0.05$), USS II 螺钉配两种棒的旋转滑动力矩无显著性差异($P > 0.05$)。**结论:** 角棒能显著提高 Legacy 和 RF 椎弓根螺钉固定系统的抗旋转能力。

【关键词】 椎弓根螺钉; 角棒; 去旋转; 扭矩

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2011.04.14

中图分类号: R318.01, R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2011)-04-0325-04

Biomechanical evaluation of rotation torque with polygonal and round rod on pedicle screw fixations/HUANG Zifang, YANG Junlin, ZHU Qing'an, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2011, 21(4): 325~328

【Abstract】 Objective: To compare rotation torque between round rod and polygonal rod on Legacy, USS II and RF pedicle screw instrument. **Method:** Six test groups were designed as follows: (1) Legacy screw plus Legacy round rod (group A); (2) Legacy screw plus polygonal rod (group B); (3) USS II screw plus USS II round rod (group C); (4) USS II screw plus polygonal rod (group D); (5) RF screw plus RF round rod (group E); (6) RF screw plus polygonal rod (group F). Each group had 7 monoaxial pedicle screws and one round or polygonal rod, each time one screw was tightened on rod with constant torque. MTS 858 testing system was used to record the rotation torque, MNOVA was used for analysis. **Result:** The average of rotational torque of group A and B was $12.3 \pm 1.9 \text{ Nm}$ and $16.9 \pm 2.1 \text{ Nm}$ respectively, $3.9 \pm 0.8 \text{ Nm}$ and $4.6 \pm 0.7 \text{ Nm}$ respectively for group C and D, $6.7 \pm 0.4 \text{ Nm}$ and $17.6 \pm 0.7 \text{ Nm}$ for group E and F respectively. The rotational torque of polygonal rod plus Legacy screw and RF screw were significantly higher than round rod ($P < 0.05$). The rotational torque between polygonal and round rod plus USS II screw showed no significant difference ($P > 0.05$). **Conclusion:** Polygonal rod can significantly increase the rotation torque of Legacy and RF pedicle screw system.

【Key words】 Pedicle screw; Polygonal rod; Rotation; Correction torque

【Author's address】 Department of Spinal Surgery, the First Affiliated Hospital of Sun-yat University, Guangzhou, 510080, China

基金项目: 广东省科技计划基金资助项目 (编号: 2008B030301114)

第一作者简介: 男 (1982-), 硕士研究生, 研究方向: 脊柱外科, 脊柱畸形

电话: (020) 87755766-8236 E-mail: laughten@126.com

通讯作者: 赵卫东

坚强的固定、良好的矫形效果及较低并发症, 使得椎弓根钉棒内固定技术得到广泛应用和发展。目前关于如何提高椎弓根螺钉的抗拔出力和维持钉棒稳定性的生物力学研究已有较多文献报道^[1-3]。但随着脊柱三维畸形及三维矫形理论的提

出, 临床实践中发现钉棒系统结合旋棒技术虽可提高脊柱侧凸旋转畸形的矫正率, 但却存在去旋转矫形过程中, 棒与钉槽阻力不够而产生滑动, 导致去旋转矫形效果下降的缺点^[4], 同时术后存在去旋转矫形丢失现象^[5]。针对圆棒与椎弓根螺钉间存在抗旋转滑动阻力及把持力不足的现象, 我们提出将目前广泛使用的矫形圆棒设计为角棒, 将其与 Legacy、USS II 及 RF 椎弓根螺钉组合, 比较其与相同螺钉圆棒固定系统的旋转滑动扭矩, 探讨角棒的抗旋转滑动性能。

1 材料与方法

作者自行设计的横断面为八角形的角棒及目前国内常用的三种脊柱内固定钉棒系统(Legacy、USS II、RF 钉棒系统)(图 1、2)。将 Legacy、USS II、RF 单轴向椎弓根螺钉分别与圆棒或角棒组合为 6 个组:(1)Legacy 螺钉和 Legacy 圆棒(A 组);(2)Legacy 螺钉和角棒(B 组);(3)USS II 螺钉和 USS II 圆棒(C 组);(4)、USS II 螺钉和角棒(D 组);(5)RF 螺钉与 RF 圆棒(E 组);(6)RF 螺钉和角棒(F 组)(表 1)。每组 7 套, 其中 1 套作为预实验用, 另外 6 套纳入实验组。使用牙托粉包埋椎弓根螺钉, 然后将牙托粉固定于材料试验机(MTS 858 System Inc, Minneapolis, USA)上, 圆棒或角棒置入单枚椎弓根螺钉钉槽后, 分别使用标准扭

矩(Legacy 螺钉组以扭断帽尾结构为准, USS II 及 RF 组都采用 12Nm 扭矩)锁紧螺帽, 然后将牙托粉块按椎弓根螺钉横向放置, 棒体呈竖直方向固定于材料试验机上, 以固定的角速度($10^{\circ}/\text{min}$)扭转棒体, 直至钉棒间产生滑动, 即扭矩曲线为一水平直线(图 3), 记录此时的扭矩即为棒体旋转滑动扭矩

将各组的旋转滑动扭矩数据输入 SPSS 11.6 统计软件进行分析比较, 采用 2×3 多因素方差分析比较角棒与圆棒的旋转滑动性能及 Legacy、USS II、RF 三种钉棒系统的旋转滑动扭矩。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

6 组旋转滑动扭矩见表 2。Legacy 螺钉与 RF 螺钉配角棒的旋转滑动扭矩高于配圆棒组 ($P <$

表 1 各组钉棒型号

	棒类型	螺钉类型	螺钉长度及直径(mm)	棒直径(mm)
A组	Legacy圆棒	Legacy钉	6.5×50	5.5
B组	角棒	Legacy钉	6.5×50	5.5
C组	USS II 圆棒	USS II 钉	6.0×45	5.0
D组	角棒	USS II 钉	6.0×45	5.5
E组	RF圆棒	RF钉	6.5×45	5.5
F组	角棒	RF钉	6.0×45	5.5

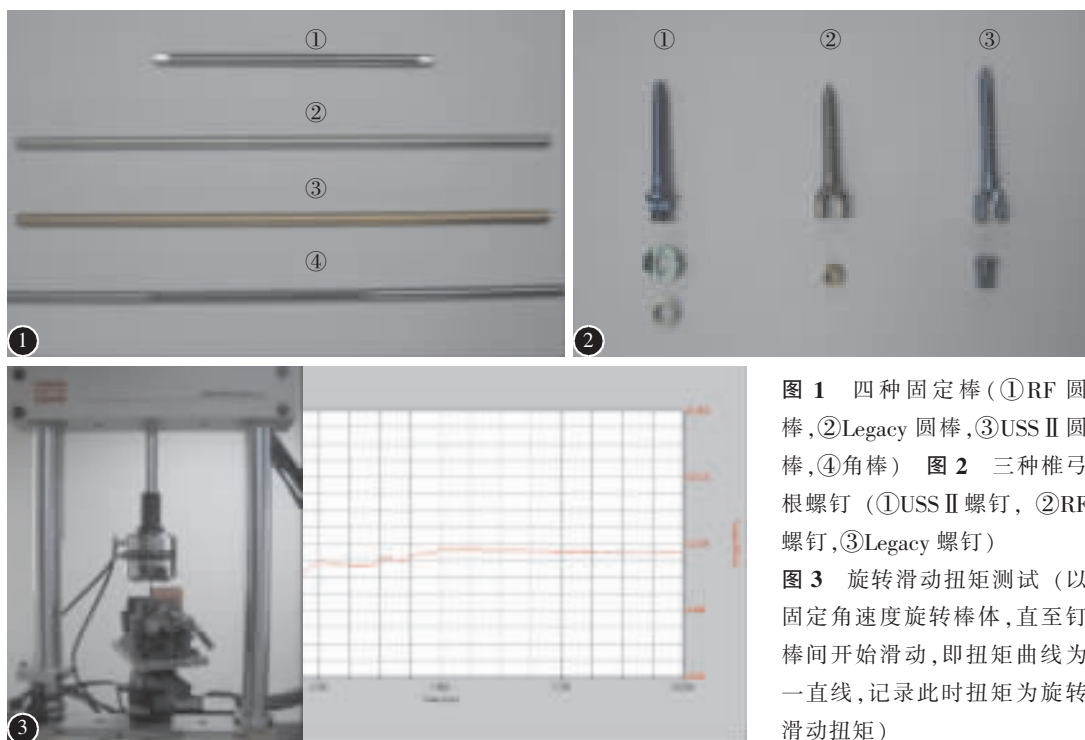


图 1 四种固定棒(①RF 圆棒, ②Legacy 圆棒, ③USS II 圆棒, ④角棒) 图 2 三种椎弓根螺钉(①USS II 螺钉, ②RF 螺钉, ③Legacy 螺钉)

图 3 旋转滑动扭矩测试(以固定角速度旋转棒体, 直至钉棒间开始滑动, 即扭矩曲线为一水平直线, 记录此时扭矩为旋转滑动扭矩)

0.05), USS II 螺钉配两种棒的旋转滑动扭矩无显著性差异($P>0.05$)。说明角棒能显著提高 Legacy 螺钉和 RF 螺钉的旋转滑动扭矩,但对 USS II 螺钉的旋转滑动扭矩作用不显著。Legacy、USS II 和 RF 螺钉配角棒的 3 组中,RF 组的旋转滑动扭矩最大,Legacy 组次之,USS II 组最小,3 组间比较有显著性差异($P<0.05$)

表 2 三种螺钉配圆棒和配角棒的旋转滑动扭矩

旋转滑动扭矩 ($\bar{x}\pm s$, Nm)	
Legacy 螺钉和 Legacy 圆棒(A 组)	12.3 $\pm$ 1.9
Legacy 螺钉和角棒(B 组)	16.9 $\pm$ 2.1 ^①
USS II 螺钉和 USS II 圆棒(C 组)	3.9 $\pm$ 0.8
USS II 螺钉和角棒(D 组)	4.6 $\pm$ 0.7 ^②
RF 螺钉与 RF 圆棒(E 组)	6.7 $\pm$ 0.4
RF 螺钉和角棒(F 组)	17.6 $\pm$ 0.7 ^③

注:①与相同螺钉圆棒组比较 $P<0.05$;②与 C 组比较 $P>0.05$, 与 B、F 组比较 $P<0.05$;③与 B 组比较 $P>0.05$

3 讨论

脊柱内固定装置的牢靠与否直接影响到手术的效果及效果维持,同时对预防和减少手术并发症具有重要作用。寻找一种能与脊柱牢靠结合又能有效发挥脊柱三维矫形的内固定系统具有重要的临床意义。椎弓根钉棒系统特有的三柱固定性能使其较其他脊柱内固定系统具有更好的三维固定矫形功能,能更好地维持脊柱的刚度、强度及稳定性,故已渐渐成为脊柱内固定的主要方式。有关椎弓根螺钉的生物力学研究也得到广泛的开展,包括改善内固定-骨界面、增加螺钉直径和长度、改进螺纹设计和螺钉置入角度、强化骨密度等增强椎弓根螺钉抗拔出强度的研究,但对于椎弓根钉棒系统去旋转性能的生物力学评估目前还相对缺乏。

众所周知,旋转畸形是脊柱侧凸的重要组成部分,侧凸的进展、胸廓的继发畸形及外观的改变都与其有着重要的关系。术后残留旋转越多,远期发生矫正丢失、交界性后凸及融合远端退变等可能性越大^[4],故尽可能大地获得轴状面的去旋转矫正具有重要的临床意义。随着脊柱内固定系统的发展,特别是椎弓根钉棒系统及各种去旋转技术的使用,脊柱轴状面的旋转矫正率得到不断提高^[5,6]。已有文献报道椎弓根钉棒系统采用直接椎

体去旋转(DVR)及其平面排列技术(COA)可获得 42.5%和 56%的去旋转矫正率^[4,7],但这两种技术需要特殊的器械,操作相对复杂,同时 DVR 的去旋转作用力集中于单个椎体,有发生脊髓神经损伤的风险。旋棒技术操作相对简单,无需特殊器械,但由于棒体与钉槽在旋转过程中阻力不够易产生滑动,致使轴状面去旋转矫形效果不佳,同时临床随访存在旋转矫正丢失的现象^[9]。故如何提高钉棒系统的抗旋转滑动扭矩对临床提高去旋转矫正率和维持旋转矫形具有重要意义。有学者在椎体标本上采用直接椎体去旋转和 VCM (vertebral column manipulator) 操作评估椎弓根对旋转力量的耐受能力^[8,9],但对于旋棒技术存在的抗旋转阻力及钉棒把持力不足,致使去旋转矫形效果不佳和丢失现象,至今仍未见有相关的生物力学研究报道。

作者针对第一代、第二代脊柱矫形器械去旋转矫形作用弱,第三代脊柱矫形器械圆棒通过整体 90°去旋转矫形后存在轴向旋转矫形丢失,且可能存在的去旋转矫形力量及去旋转维持力量不足的缺点^[9],将传统脊柱矫形用钉棒内固定系统的圆棒设计成角棒,使得钉棒锁紧后钉槽的内径小于角棒的外周直径,从而增强矫形器械的去旋转力量及矫形维持力量。本研究结果表明,在与目前 3 种临床常用的椎弓根螺钉组合后,Legacy、RF 螺钉与角棒组合的旋转滑动扭矩分别是与圆棒组合的 137%、260%,但在与 USS II 螺钉组合中,由于螺钉自身设计特点,角棒的旋转滑动扭矩虽然高于圆棒,但两者间没有统计学差异。由于钉棒系统在矫形过程中是螺钉和棒体共同起作用,我们对不同螺钉的旋转滑动扭矩进行了分析,结果发现 Legacy 螺钉>RF 螺钉>USS II 螺钉,表明合适的钉槽及螺帽设计对增强钉棒系统的抗旋转滑动性能也具有重要作用。分析三种钉棒系统的钉棒设计及锁紧抗旋转机理,发现影响螺钉抗旋转滑动的因素主要包括两方面:(1)Legacy 螺钉下方的钉状突起通过嵌进棒体增加其对棒体的把持作用;(2)角棒锁紧后钉槽的直径小于棒体的周径,棒体滑动时需要破坏棒体周缘,使其较圆棒能提供更大的旋转滑动扭矩。我们认为临床上如果将角棒应用于椎体的去旋转矫形,将能减少传统圆棒在旋棒过程中存在的棒体与钉槽阻力不够产生滑动致去旋转效果不佳的缺点,同时可维

持及预防术后去旋转畸形丢失,并减缓因旋转丢失所致的远期腰背痛的产生。

本研究只是测量了离体器械的生物力学性能,未能真实体现内固定器械在生物体内的真实情况,其临床可行性还有待进一步的研究;同时研究结果表明钉棒的交互作用对抗旋转滑动扭矩也起重要作用,而本研究未能采用与角棒相匹配的椎弓根螺钉进行测量也是本研究的缺点。另外,由于目前 USS II 钉棒系统无 5.5mm 直径的圆棒,我们采用直径 5.0mm 的 USS II 圆棒和配套的椎弓根螺钉进行评估也是本研究的不足。但本研究能够分析角棒与圆棒抗旋转能力的差别以及螺钉设计对此的影响,为下一步的临床应用提供了理论支持和实验数据。

4 参考文献

1. Bora B, Irfan E, Taner G. A biomechanical comparison of polymethylmethacrylate-reinforced and expansive pedicle screws in pedicle-screw revisions [J]. Acta Orthop Traumatol Turc, 2009, 43(3): 272-276.
2. Cho W, Cho SK, Wu C. The biomechanics of pedicle screw-based instrumentation [J]. J Bone Joint Surg Br, 2010, 92(8): 1061-1065.
3. Valdevit A, Kambic HE, McLain RF. Torsional stability of cross-link configurations: a biomechanical analysis [J]. Spine J, 2005, 5(): 441-445.
4. Lee SM, Suk SI, Chung ER. Direct vertebral rotation: a new technique of three-dimensional deformity correction with segmental pedicle screw fixation in adolescent idiopathic scoliosis [J]. Spine, 2004, 29(3): 343-349.
5. Fu G, Kawakami N, Goto M, et al. Comparison of vertebral rotation corrected by different techniques and anchors in surgical treatment of adolescent thoracic idiopathic scoliosis [J]. J Spinal Disord Tech, 2009, 22(3): 182-189.
6. Jahangir A, Amer FS, Joshua MP, et al. Computed tomography evaluation of rotation correction in adolescent idiopathic scoliosis: a comparison of an all pedicle screw construct versus a Hook-rod system [J]. Spine, 2009, 34(8): 804-807.
7. Gabriel PV, Jesu's BF, Ignacio ST, et al. Vertebral coplanar alignment: a standardized technique for three dimensional correction in scoliosis surgery: technical description and preliminary results in lenke type 1 curves [J]. Spine, 2008, 33(14): 1588-1597.
8. Stefan P, Tim OB, Richard OB, et al. Does the direction of pedicle screw rotation affect the biomechanics of direct transverse plane vertebral derotation [J]? Spine, 2008, 33(18): 1966-1969.
9. Ivan C, David H, Alex I, et al. Biomechanical analysis of derotation of the thoracic spine using pedicle screws [J]. Spine, 2010, 35(10): 1039-1043.

(收稿日期: 2010-12-20 修回日期: 2011-02-16)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 卢庆霞)

消息

第二届全国全脊椎肿瘤切除术及脊柱外科新技术学习班通知

由复旦大学附属中山医院骨科主办的第二届全国全脊椎肿瘤切除术及新技术学习班将于 2011 年 5 月 6 日至 9 日在上海复旦大学附属中山医院召开。5 月 6 日报到, 5 月 7~8 日上课及操作, 5 月 9 日结业及撤离。

中山医院骨科脊柱学习班秉承学习进步、交流协作、推广服务的宗旨, 将以胸腰椎肿瘤全脊椎切除术、经椎弓根截骨技术、上颈椎椎弓根螺钉技术以及颈椎人工椎间盘置换技术等脊柱高难度手术为重点学习内容。邀请著名专家教授前来授课, 讨论弹性固定、腰椎单侧椎弓根螺钉内固定、微创腰椎内固定以及腰椎 TLIF 等脊柱外科新技术的临床应用, 学习交流目前脊柱外科领域非常感兴趣的一些新理论、新策略, 如复杂脊柱畸形的治疗策略、椎体成形技术相关问题的对策、颈椎及胸腰椎的翻修手术技巧、复杂胸腰椎骨折的处理等。同时学员可自己动手解剖操作进行重点手术模拟。学习班结业后将授予国家级继续医学教育 I 类学分 10 分证书。

理论听课+尸体操作学费为 1800 元, 仅参加理论听课学费为 1000 元。食宿统一安排, 费用自理。因尸体操作的名额有限, 请要参加尸体操作的学员尽早把学费 1800 元汇入上海中山医疗科技发展有限公司 (账号: 1001220709004678928, 开户行: 工行上海市建国西路支行), 汇款时请在汇款单上注明参加第二届脊柱学习班, 我们将以收到汇款凭证的先后顺序来安排参加尸体操作的人员。尸体操作报名截止日期: 2011 年 4 月 15 日。

报名联系方式: 上海市枫林路 180 号骨科 董健主任、姜晓幸主任、陆彦炯医师。邮政编码: 200032。电话: (021) 64041990 转 2336, 手机: 13917306891 陆彦炯, E-mail: lu.yanjiong@zs-hospital.sh.cn。