

## 寰枢椎后路动态固定系统有效性的实验研究

蒋伟宇, 于 亮, 马维虎, 赵刘军, 徐荣明

(浙江省宁波市第六医院脊柱外科 315040)

**【摘要】目的:**测试自主设计的寰枢椎后路动态固定系统的有效性。**方法:**根据寰枢椎的解剖特征及常规寰枢椎后路椎弓根螺钉置钉技术,设计符合寰枢椎运动方式的新型寰枢椎后路动态固定系统,并测试其有效性。将 8 具成人枕颈标本(C0~C4)依次按完整状态组(A组)、寰枢椎不稳状态组(B组)、寰枢椎后路动态固定状态组(C组)及寰枢椎后路椎弓根螺钉固定状态组(D组)的顺序进行测试。在三维运动试验机(KD-101)上测试 4 组模型的颈椎运动范围(range of motion, ROM),所有标本测试时施加  $1.50\text{N}\cdot\text{M}$  力偶矩按前屈/后伸、左/右侧屈、左/右轴向旋转的顺序进行,取其均值,所得结果进行比较。**结果:**B组与A组在屈伸状态、侧屈状态和轴向旋转状态的 ROM 分别相差 41%、44%、9%,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。C组与A组在屈伸、侧屈和轴向旋转状态的 ROM 分别相差 8%、9%、9%,差异无统计学意义( $P>0.05$ );C组 ROM 与 B 组比较分别相差 46%、50%、17%,差异有统计学意义( $P<0.001$ )。D组固定后在屈伸、侧屈、轴向旋转状态的 ROM 与 A 组分别相差 35%、46%、58%,差异有统计学意义( $P<0.001$ );与 B 组分别相差 62%、70%、61%,差异有统计学意义( $P<0.001$ );与 C 组分别相差 30%、41%、53%,差异有统计学意义( $P<0.001$ )。**结论:**寰枢椎后路动态固定系统能够有效地限制寰枢椎的不稳,同时又能保留寰枢椎一定的屈伸、侧屈和旋转活动功能。

**【关键词】**寰枢椎;动态固定系统;有效性;生物力学

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2013.12.08

中图分类号:R318.01, R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2013)-12-1097-04

The efficacy of posterior atlanto-axial dynamic fixation system, an experimental study/JIANG Weiyu, YU Liang, MA Weihu, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2013, 23(12): 1097-1100

**【Abstract】 Objectives:** To test the efficacy of self-designed posterior dynamic fixation system. **Methods:** According to the anatomic features and routine posterior pedicle screw technique of atlanto-axial vertebrae, a posterior atlanto-axial dynamic fixation system was designed, and its effectiveness was tested. Eight human cadaveric specimens(C0~C4) under test were subgrouped as: the intact group(group A), instable group(group B), posterior atlanto-axial dynamic fixation group (group C) and posterior atlanto-axial pedicle screw fixation group(group D). The three dimensional ranges of motions of C1 relative to C2 under loading of  $\pm 1.5\text{N}\cdot\text{M}$  were measured under flexion/extension, left and right lateral bending, and left and right axial rotation. The obtained data were statistically analyzed. **Results:** The results showed that: (1)the difference between group B and A in ROM of flexion/extension, left/right lateral bending and rotation was 41%, 44% and 9%, respectively, with significant differences( $P<0.05$ ); the difference between group C and B in ROM was 46%, 50% and 17%, respectively, with significant differences ( $P<0.001$ ); the difference between group D and B in ROM was 62%, 70% and 61%, respectively, with significant differences( $P<0.001$ ). (2)the difference between group C and A in ROM of flexion/extension, left/right lateral bending and rotation was 8%, 9% and 9%, respectively, with no significant differences( $P>0.05$ ). (3)the difference between group D and A in ROM of flexion/extension, left/right lateral bending and rotation was 35%, 46% and 58%, respectively, with significant differences( $P<0.001$ ); and compared with group C, the difference was 30%, 41% and 53% respectively, which showed significant differences( $P<0.001$ ). **Conclusions:** The posterior atlanto-axial dynamic fixation is effective for atlanto-axial dislocation and instability, as well as maintaining the ROM of C1-C2.

基金项目:浙江省医药卫生科技计划项目(编号:2011RCB034);浙江省自然科学基金项目(编号:LY02H06001)

第一作者简介:男(1979-),主治医师,医学博士,研究方向:脊柱外科

电话:(0574)87996113 E-mail:weiyujiang1210@163.com

**[Key words]** Atlanto-axial; Dynamic fixation system; Effectiveness; Biomechanics

**[Author's address]** Department of spinal surgery, Ningbo No.6 Hospital, Ningbo, 315040, China

寰枢椎脱位与不稳往往需要手术治疗,目前国内外关于寰枢椎的手术治疗方式都以固定融合为主<sup>[1-4]</sup>。但人体寰枢关节具有运动、稳定脊柱和传递载荷等重要功能。而任何一种融合方式都以牺牲寰枢椎活动为代价,且有关其邻近节段并发症的报道越来越多<sup>[5,6]</sup>。既要达到复位、稳定寰枢关节,又要保留其运动功能,成为临床一大难题。随着脊柱非融合技术的兴起,研究者们开始将目光投向寰枢椎的非融合治疗。笔者根据寰枢椎的解剖特点,自主设计一种寰枢椎后路动态固定系统,并对其有效性进行测试,报道如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 寰枢椎后路动态固定系统结构

该系统设计获得国家发明专利,专利号:ZL201110117204.X。本动态固定系统由4枚万向椎弓根螺钉和2根连接棒组成(图1、2)。新型万向椎弓根螺钉与普通直径为3.5mm万向椎弓根螺钉一致,长度为24~30mm。此万向椎弓根螺钉与普通万向椎弓根螺钉区别是在安装连接杆拧紧最后的螺帽后其尾部仍可以万向活动。此万向椎弓根螺钉结构由钉座、球帽、螺帽及钉杆组成。螺钉后端部钉座有供连接杆嵌装的呈U形的第一嵌入口,钉杆靠球帽施压抵靠在第一嵌入口底壁上而固定。后路寰枢椎动态内固定系统的安装简单,先于寰枢椎置入合适规格的螺钉,将连接杆固定好,而后拧紧螺母。4枚新型万向椎弓根螺钉,

在安装连接杆拧紧固定后其钉杆仍可以万向活动,螺帽和球帽的后端面设计为不同内径的内六角凹槽。寰枢椎后路动态固定系统模型为左右一对,分别置于寰枢椎两侧的后方。

### 1.2 寰枢椎后路动态固定系统的力学测试

8具符合测试要求的成人枕颈标本(C0~C4),由专业机构提供,在-30℃冰箱中保存,试验前在室温下解冻。按照测试要求标准条件进行。将8具标本进行编号,依次按完整状态组(A组)→寰枢椎不稳状态组(B组)→寰枢椎后路动态固定状态组(C组)→寰枢椎后路椎弓根螺钉固定状态组(D组)顺序进行测试(每组标本数均为8具):①A组,将标本在室温条件下自然解冻8h,为生理状态的颈椎标本,不做任何结构破坏及内固定处理。②B组,将颈椎寰枢横韧带切断,前纵韧带、翼状韧带和齿突尖韧带一并切断,保留骨、关节等其他组织的完整性。③C组,在寰枢椎不稳状态组基础上行寰枢椎后路动态固定。④D组,拆除寰枢椎后路动态固定,在寰枢椎不稳状态组基础上行常规寰枢椎后路椎弓根螺钉固定。

在上海大学生物力学实验室的三维运动试验机(KD-101)上进行测试。所有标本测试时施加1.50N·m力偶矩,按前屈/后伸、左/右侧屈、左/右轴向旋转的顺序进行,取其均值。将测量得到的数据经过整理后,得到4组模型颈椎运动范围(range of motion, ROM)结果。分析寰枢椎后路动态固定的稳定性。

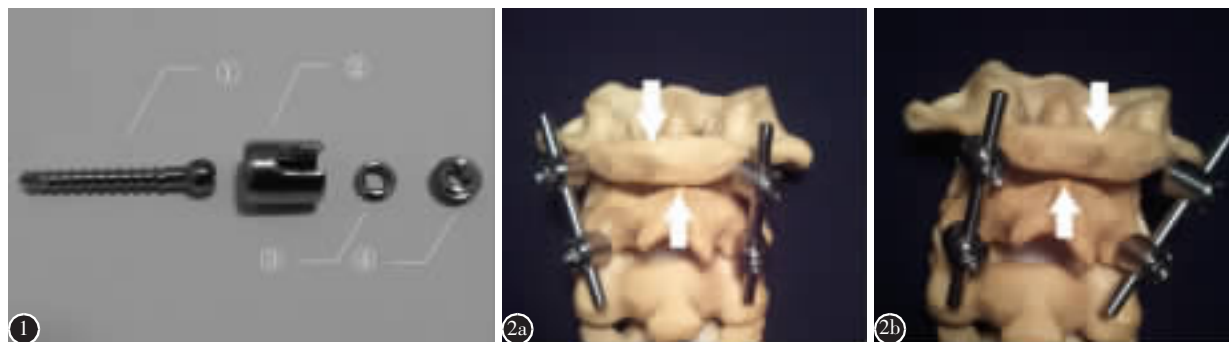


图1 新型万向椎弓根螺钉部件图:①钉杆,②钉座,③球帽,④螺帽 图2 a、b 正常模型上安装寰枢椎后路动态固定系统后的左右旋转效果图

**Figure 1** The components of new type polyaxial pedicle screw: ①rod, ②pedestal, ③internal screw cap, ④external screw cap **Figure 2** a, b The rotation of posterior atlanto-axial dynamic fixation system on normal model

### 1.3 数据处理

用 SPSS 13.0 软件进行统计学分析, 各组之间数据采用单因素方差分析 (ANOVA)、Fish's 最小二乘法差异分析 (LSD) 及基于  $t$  检验的多重比较, 设  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

4 组的生物力学测试结果见表 1。B 组与 A 组在屈伸状态、侧屈状态和轴向旋转状态的 ROM 分别相差 41%、44%、9%, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。C 组与 A 组在屈伸、侧屈和轴向旋转状态的 ROM 分别相差 8%、9%、9%, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); C 组 ROM 与 B 组比较分别相差 46%、50%、17%, 差异有统计学意义 ( $P < 0.001$ )。D 组固定后在屈伸、侧屈、轴向旋转状态的 ROM 与 A 组分别相差达 35%、46%、58%, 差异有统计学意义 ( $P < 0.001$ ); 与 B 组分别相差 62%、70%、61%, 差异有统计学意义 ( $P < 0.001$ ); 与 C 组分别相差 30%、41%、53%, 差异有统计学意义 ( $P < 0.001$ )。即采用 D 组方法固定的颈椎 ROM 明显小于正常颈椎, 说明其严重限制了颈椎的正常运动。

表 1 4 组三维运动范围 (ROM) 测量结果

Table 1 Three dimensional motion (ROM) measurements of four groups

| 模型运动形式<br>Mode of motion           | 运动范围 (°)<br>Range of motion |                       |                        |                         |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|
|                                    | A 组<br>Group A              | B 组<br>Group B        | C 组<br>Group C         | D 组<br>Group D          |
| 屈曲/后伸<br>Flexion/extension         | 21.9±2.2                    | 37.2±3.4 <sup>①</sup> | 20.1±2.1 <sup>②③</sup> | 14.1±0.7 <sup>③④⑤</sup> |
| 左右侧屈<br>Left/right lateral bending | 11.5±1.6                    | 20.8±2.2 <sup>①</sup> | 10.5±1.1 <sup>②③</sup> | 6.2±0.6 <sup>③④⑤</sup>  |
| 左右旋转<br>Left/right rotation        | 72.0±7.9                    | 79.2±7.8 <sup>①</sup> | 65.4±6.5 <sup>②③</sup> | 30.5±3.1 <sup>③④⑤</sup> |

注: A 组, 完整状态组; B 组, 寰枢椎不稳状态组; C 组, 寰枢椎后路动态固定状态组; D 组, 寰枢椎后路椎弓根螺钉固定状态组。

①与 A 组比较  $P < 0.05$ ; ②与 A 组比较  $P > 0.05$ ; ③与 B 组比较  $P < 0.001$ ; ④与 A 组比较  $P < 0.001$ ; ⑤与 C 组比较  $P < 0.001$

Note: Group A, intact state group; group B, instable state group; group C, posterior atlanto-axial dynamic fixation group; group D, posterior atlanto-axial pedicle screw fixation group.

①Compared with group A,  $P < 0.05$ ; ②Compared with group A,  $P > 0.05$ ; ③Compared with group B,  $P < 0.001$ ; ④Compared with group A,  $P < 0.001$ ; ⑤Compared with group C,  $P < 0.001$

## 3 讨论

寰枢椎复合体是颈椎的重要结构之一, 由于寰枢椎复合体活动度大, 解剖复杂, 寰枢椎手术固定一直被认为是脊柱外科的一大挑战。维持或重建上颈椎的稳定性成为治疗的主要目标。各种寰枢融合术和枕颈融合术不断出现和发展, 大大提高了疗效, 减少了伤残率。固定和融合成为目前手术治疗寰枢椎脱位与不稳的两个主要目的。

目前, 寰枢椎后路内固定方式主要有 C1/2 钢丝固定技术、C1/2 椎板夹固定技术、C1/2 经关节螺钉固定技术及 C1/2 椎弓根螺钉固定技术<sup>[1-4, 7]</sup>, 上述固定技术均以坚强固定融合为主。对于寰枢椎骨质明显损伤的患者, 固定与融合是目前有效的办法, 但对于骨质相对完整而软组织、韧带损伤的寰枢椎不稳患者, 如寰枢椎旋转半脱位、单纯横韧带损伤、类风湿关节炎引起的寰枢椎不稳等, 现行各种固定融合术式都存在一定的弊端, 较严重地限制了颈椎的运动, 特别是颈椎的旋转功能, 影响患者的术后生活质量, 未达到保留理想的生理活动的目的, 且未融合颈椎节段为代偿融合节段所丧失的运动功能和维持姿势的平衡, 退变加速, 导致发生脊柱畸形、骨质增生和未融合颈椎节段失稳甚至脱位等邻椎病<sup>[5, 6]</sup>。

脊柱非融合技术已被越来越多的脊柱外科医师所接受, 颈椎人工椎间盘置换、各种腰椎动态固定系统已广泛应用于临床<sup>[8]</sup>, 寰枢关节作为维持颈椎旋转功能的主要关节, 其运动功能的重要性逐渐被学者们重视, 于是有学者提出人工寰枢关节置换<sup>[9-11]</sup>, 试图保留寰枢关节的活动度, 但由于受到材料学及人工关节本身设计的限制, 目前仍停留在实验阶段, 存在较大的技术难题。

我们设计的寰枢椎后路动态固定系统, 借鉴非融合技术的普遍性原则和要求, 基于广大脊柱外科医生熟悉的后路椎弓根钉棒系统技术, 减少学习曲线。该动态内固定系统万向椎弓根螺钉的钉座内结构与普通万向螺钉不同, 螺帽锁紧后既能阻挡钉杆向后滑移, 又能使安装连接杆拧紧最后的螺帽后其钉杆仍可以万向活动。故能有效阻止寰椎向前或向后滑移, 同时能维持在其他方向的运动功能, 如左右旋转、左右侧屈及其复合运动。该动态固定系统的设计创新点就是钉座内的结构与普通万向螺钉的区别, 本系统螺钉钉座的 U 形嵌入口具有一定的开口深度, U 形槽的底部

与钉杆的球头部之间具有间隙,该间隙置入一球帽,该球帽有与钉杆的球头部相适配的内凹球面,相当于人工关节的关节面,既能阻挡钉杆向后滑移,起到限制寰枢椎过度屈曲和后伸,维持寰枢椎的屈伸稳定性,又能使安装连接杆拧紧最后的螺帽后其钉杆仍可以万向活动。初步测试结果表明,动态固定的寰枢椎屈伸活动明显受限,而旋转功能无明显受限,达到了预设效果。

随着该系统的不断完善与改进,适应证范围将会更为广泛,未来或许可以推广用于那些骨性结构完整的寰枢椎不稳,如横韧带损伤,旋转半脱位,齿状突发育不良,类风湿关节炎所致寰枢椎不稳以及病理性的不稳。即使该动态内固定系统发生失败,也能再次进行融合手术,为后期翻修留下足够的空间。

后路寰枢椎动态固定系统的研制属于开拓探索性的研究,故只能借鉴一些普遍性原则和要求,来完成该系统的初步设计,对于球帽关节面外表面的磨损以及动态固定长期的稳定性等问题仍需进一步完善。针对球帽关节面外表面的过氧浸润硬化处理,钉杆的螺纹部分采用羟基磷灰石进行表面涂层,以利骨组织长入并达到生物固定效果,以及其三维有限元研究,需要更进一步的研究和探讨。

#### 4 参考文献

1. Stulik J, Vyskocil T, Sebesta P, et al. Atlantoaxial fixation using the polyaxial screw-rod system[J]. Eur Spine J, 2007, 16(4): 479-484.
  2. 马维虎,刘观毅,孙韶华,等. 经后路寰枢椎椎弓根螺钉内固定治疗 C1-2 不稳[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2009, 19(1): 47-51.
  3. 马维虎,刘观毅,徐荣明,等. 寰枢椎椎弓根螺钉及枢椎椎板螺钉固定植骨融合治疗创伤性上颈椎不稳[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2010, 20(3): 214-218.
  4. 徐荣明,胡勇,马维虎,等. 寰枢椎后路三种组合固定技术治疗寰枢关节不稳的临床评估[J]. 中华创伤杂志, 2010, 26(6): 516-522.
  5. Takeuchi K, Yokoyama T, Aburakawa S, et al. Inadvertent C2-C3 union after C1-C2 posterior fusion in adults [J]. Eur Spine J, 2006, 15(3): 270-277.
  6. Kato Y, Itoh T, Kanaya K, et al. Relation between atlantoaxial(C1/2) and cervical alignment (C2-C7) angles with Magerl and Brooks techniques for atlantoaxial subluxation in rheumatoid arthritis[J]. J Orthop Sci, 2006, 11(4): 347-352.
  7. 郭新军,王衡,朱卉敏. 上颈椎内固定技术的研究进展[J]. 颈腰痛杂志, 2008, 25(4): 363-368.
  8. Sapkas G, Mavrogenis AF, Starantzis KA, et al. Outcome of a dynamic neutralization system for the spine [J]. Orthopedics, 2012, 35(10): e1497-1502.
  9. 胡勇,杨述华,谢辉,等. 人工寰齿关节设计依据及可行性分析[J]. 中国骨伤, 2007, 20(9): 587-591.
  10. 胡勇,顾勇杰,徐荣明,等. 人工寰齿关节寰枢椎部件固定钉道的安全因素分析[J]. 中国骨伤, 2009, 7(5): 293-297.
  11. 陆斌,李广琪,李建武,等. 人工寰齿关节置换与 Magerl 经关节螺钉固定的生物力学比较[J]. 中国矫形外科杂志, 2010, 18(7): 568-572.
- (收稿日期:2013-04-18 末次修回日期:2013-07-30)  
(英文编审 蒋欣/贾丹彤)  
(本文编辑 李伟霞)

## 消息

### 欢迎购阅《中国脊柱脊髓杂志》2013 年合订本

《中国脊柱脊髓杂志》2013 年合订本已出版,为精装本(上、下册),定价为 110 元/册,全年共 220 元;另外还有少量 2006~2012 年合订本,均为精装本(上、下册),2006 年定价 180 元/套,2007~2010 年定价 200 元/套,2011~2012 年定价 220 元/套。有需要者请与本刊经理部联系。

联系地址:北京市朝阳区中日友好医院内《中国脊柱脊髓杂志》经理部,邮编:100029。

电话:(010)84205510;E-mail 地址:cspine@263.net.cn。

汇款时请在汇款单上填写收件人详细地址,并注明所需物品及数量。