

基础研究

寰枢椎后路“三点式”经椎弓根固定的生物力学评价

王 程,王文军,刘海兵,晏怡果,王麓山

(南华大学附属第一医院脊柱外科 421001 湖南省衡阳市)

【摘要】目的:评价寰枢椎后路椎弓根钉棒系统“三点式”固定方法的生物力学稳定性。**方法:**采用 6 具新鲜人体颈椎标本制作 6 种状态,分别为正常组(A 组)及失稳后固定组,用磨钻切除寰椎前弓约 1.5cm,用摆锯于底部切断齿状突,切断寰枢间所有韧带,切开寰枢侧块关节囊后半部分制成寰枢椎失稳的模型,再根据不同的固定方式将失稳后固定组分为 Brooks 钢丝固定组(B 组)、左侧 C1~C2 椎弓根螺钉固定组(C 组)、C1 双侧椎弓根螺钉+C2 左侧椎弓根螺钉棒固定组(“三点式”固定,D 组)、C1 左侧椎弓根螺钉+C2 双侧椎弓根螺钉棒固定组(“三点式”固定,E 组)、双侧 C1~C2 椎弓根螺钉棒固定组(F 组)。在脊柱三维运动仪上依次测量 6 种状态下寰枢椎间的屈伸、侧屈、旋转运动范围并利用统计学方法评价其稳定性。**结果:**在各个运动方向上,各种内固定组的运动范围均小于正常组($P<0.05$),D、E 组间无差异($P>0.05$);在屈伸、左/右旋转、右侧屈时,D、E 组的稳定性与 F 组间无差异($P>0.05$),均优于 B 组及 C 组($P<0.05$);在左侧屈时,D、E 组的稳定性不如 F 组($P<0.05$),但优于 C 组及 B 组($P<0.05$)。**结论:**“三点式”固定具有可靠的三维稳定性,能够满足寰枢椎不稳临床治疗的要求。

【关键词】内固定;生物力学;寰枢椎失稳;椎弓根螺钉

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2010.10.17

中图分类号:R687.3,R318.01 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2010)-10-0860-04

The biomechanical evaluation of atlantoaxial instrumentation by three-point pedicle screw technique/
WANG Cheng,WANG Wenjun,LIU Haibing,et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord,2010,20
(10):860-863

【Abstract】 Objective:To evaluate the biomechanical stability of three-point pedicle screw technique for atlantoaxial instrumentation.**Method:**Six fresh human cadaveric cervical spines(C0-C5)(age,25-36 years) were used.After testing the intact spines (group A),instability was induced by removing the anterior arch of atlas, transverse and alar ligaments and posterior capsule of atlantoaxial joints.Then the instable spines were subjected to the following five different techniques,Brook wire fixation technique (group B),C1-C2 left pedicle screws fixation (group C),C1 bilateral pedicle screws and C2 left pedicle screw fixation (group D),C1 left pedicle screw and C2 bilateral pedicle screws fixation(group E),C1-C2 bilateral pedicle screws fixation(group F).Range of motion at C1-C2 was measured at each specimen on six loading directions through spinal flexible motion testing system.The data were analyzed using SPSS software.**Result:**All 5 techniques significantly decreased range of motion of C1-C2 compared with the intact spine ($P<0.05$).There was no statistical difference between group D and group E($P>0.05$).There was no statistical difference among group D,E,F($P>0.05$) in flexion/extension,axial rotation and right lateral bending,however they showed superior to group B and C ($P<0.05$).As for left lateral bending,group D or E demonstrated a trend toward increasing range of motion compared with group F ($P<0.05$),but still superior to group B and C ($P<0.05$).**Conclusion:**Fixation of atlantoaxial complex using three-point pedicle screw technique can provide reliable stability,which can be used in clinical practice.

【Key words】 Internal fixation;Biomechanics;Atlas;Pedicle screw

【Author's address】 The First Affiliated Hospital of Nanhua University,Hengyang,421001,China

第一作者简介:男(1978-),医学硕士,研究方向:脊柱外科
电话:(0734)8279365 E-mail:hnwangcheng1978@sina.com.cn
通讯作者:王文军 E-mail:wwj1202@hotmail.com

由于内固定材料及技术的发展,越来越多的寰枢椎后路内固定术应用于寰枢椎失稳的治疗。寰枢椎椎弓根螺钉固定术可直视下置钉、术中复

位,而且短节段固定、融合率高,该方法还有较好的生物力学性能。然而,由于寰枢椎不稳病变的多样性及存在寰枢椎解剖变异的因素,许多患者不能进行双侧 Magerl 螺钉及双侧寰枢椎椎弓根螺钉固定置钉,如果通过枕颈融合来解决,则损失了运动节段。我们在寰枢椎椎弓根螺钉固定的基础上,改进了钉棒连接的方法,设计了一种新的“经椎弓根三点式”内固定方式(图 1),以期解决不能进行双侧置钉的情况时,达到尽量避免和减少使用枕颈融合的固定方式。本研究拟对“三点式”固定及其他几种内固定方式进行三维运动范围测量,通过对比评价其生物力学稳定性,为其临床应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

意外死亡的新鲜冷冻尸体 6 具。死前均为健康青壮年,其中男性 3 例,女性 3 例,年龄 25~36 岁,平均 29 岁。截取其枕颈部脊柱标本(C0~C6),经大体观察及 X 线照片证实无畸形、退变及骨折、肿瘤、明显骨质疏松等骨性异常,测试前常温下解冻,仔细去除椎旁的肌肉、脂肪等软组织,保留所有骨、韧带和关节囊完整,制成颈椎完整状态的实验模型。

1.2 实验方法

1.2.1 实验标本分组

实验标本按测试的先后顺

序分为 6 组:正常组(A 组),Brooks 钢丝固定组(B 组),左侧 C1~C2 椎弓根螺钉固定组(单边组,C 组),C1 双侧椎弓根螺钉+C2 左侧椎弓根螺钉棒固定组(“三点式”正“V”形固定组,D 组),C1 左侧椎弓根螺钉+C2 双侧椎弓根螺钉棒固定组(“三点式”倒“V”形固定组,E 组),双侧 C1~C2 椎弓根螺钉棒固定组(双边组,F 组)。

1.2.2 实验组模型的制作 (1)正常组:在枕骨及 C1 椎体分别置入几枚螺钉用来增强包埋效果。因为寰枕关节有较大的活动度,通过 C1 椎动脉孔向枕骨置入螺钉以固定寰枕关节。枕骨及下端椎体分别用聚甲基丙烯酸甲脂包埋,保持 C3 椎体后壁前斜 20°。(2)失稳模型的制备:用磨钻切除寰椎前弓约 1.5cm,用摆锯于基底部分切断齿状突,切断寰枢间所有韧带,切开寰枢侧块关节囊后半部分制成寰枢椎失稳的模型。(3)失稳后各内固定组:①B 组,用两根 0.8mm 双股钢丝分别两侧穿过寰椎后弓,枢椎椎板下,寰枢间用坚硬的橡木修剪成合适的形状模拟植骨,然后拧紧钢丝。②寰枢椎椎弓根螺钉的置入,分别参照谭明生技术^[1]和 Xu 等方法^[2]置入椎弓根钉(北京富乐科技开发有限公司提供),并与连接棒连接分别做成 C、D、E、F 组模型(图 2),其中 D、E 组连接棒需先预弯成 V 形,所有单侧置钉均置于左侧。C、D、E、F 组内固定模型制成后均行 X 线检查证实内固定满意后再行生物力学测试。

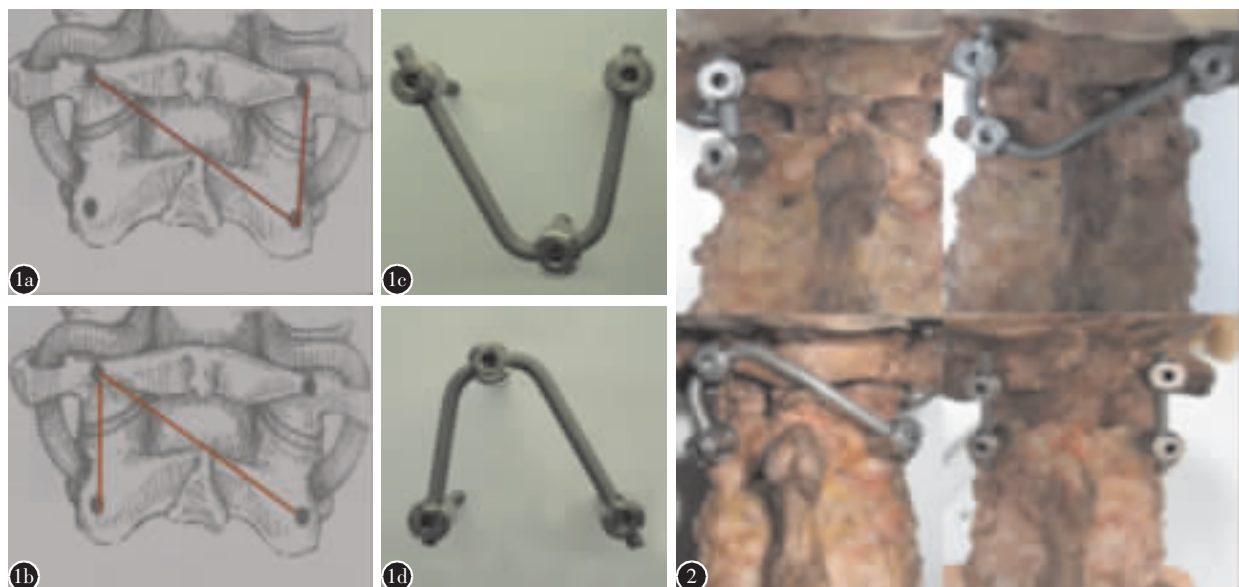


图 1 “三点式”固定模式示意图(a, b)和实物图(c, d)(a, c 为正“V”形固定, b, d 为倒“V”形固定) 图 2 各种固定组实物图(左上为单边组,右上为“三点式”固定正“V”组,左下为“三点式”固定倒“V”组,右下为双边组)

1.2.3 生物力学测试 生物力学测试在非破坏方式下用脊椎三维运动机(南方医科大学提供)进行测试,枕骨和 C6 分别用聚甲基丙烯酸甲脂包埋,用特制的夹具固定。6 个不共线的多面体标物固定于 C1、C2 前方。对标本施加 2.0N·m 的纯力偶矩,使标本产生前屈/后伸、左/右侧屈、左/右轴向旋转 6 种生理运动。由激光扫描-微机图像处理和分析系统(南方医科大学提供),依次测量上述不同模型寰枢椎间的三维运动范围(ROM)。每次测试进行 3 次加载/卸载循环,在第 3 次循环时进行测量,以减少颈椎粘弹性的影响。为了避免上次测量对下次测量造成影响,按以下顺序进行测试: A→B→C→D→E→F。操作过程中均小心轻柔,避免标本破坏。测试过程中间断使用生理盐水喷洒使颈椎标本保持湿润和良好的粘弹性。测试的环境温度为 25℃,湿度为 60%~80%。未测量的标本-20℃下保鲜膜密封保存,测试前常温下自然解冻 8h。

1.3 统计分析方法

所得数据应用 SPSS 12.0 软件(南方医科大学统计教研室)进行统计和分析,数据用均数±标准差表示,用完全随机设计资料的方差分析(one-way ANOVA)和两两比较的 SNK 检验法进行统计学比较,统计检验的显著性设定在 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

不同状态下寰枢段的三维运动范围测量结果见表 1。在各个运动方向上,B、C、D、E、F 组的运动范围均小于正常组 ($P<0.05$),D、E 组间无差异 ($P>0.05$)。在前屈/后伸方向上,D、E 组及 F 组间无统计学差异 ($P>0.05$),稳定性相同;与 B 组及 C 组比较差异有显著性 ($P<0.05$),稳定性优于后两者;C 组与 B 组间比较无统计学差异 ($P>0.05$)。在

右侧屈方向上,D、E 组及 F 组间比较无统计学差异 ($P>0.05$),稳定性相同;与 B 组、C 组比较均有统计学差异 ($P<0.05$),稳定性优于后两者;C 组与 B 组间亦有统计学差异 ($P<0.05$),稳定性 C 组优于 B 组。在左侧屈方向上,D、E 组间无统计学差异 ($P>0.05$),与 F 组比较均有统计学差异 ($P<0.05$),稳定性不如后者;D、E、F 组与 C 组及 B 组比较均有统计学差异 ($P<0.05$),稳定性优于后两者;B、C 组间比较无统计学差异 ($P>0.05$)。在左/右旋转方向上,D、E、F 组间无统计学差异 ($P>0.05$),稳定性相同;与 B 组及 C 组比较均有统计学差异 ($P<0.05$),稳定性优于后两者;C 组与 B 组间比较无统计学差异 ($P>0.05$)。

3 讨论

寰枢椎后路固定技术在寰枢椎不稳中应用较多,主要有以下几种技术:①钢丝技术,如 Brooks 和 Gallie 法;②椎板夹技术,包括 Halifax 和 Apofix;③枕颈融合;④后路 Magerl 螺钉固定术;⑤寰椎侧块螺钉^[3]/椎弓根螺钉^[4]+枢椎椎弓根固定术。即便有如此多的固定方式,并非所有病例都能通过以上方式来解决固定的问题,对于寰椎多处骨折,后弓不完整者,钢丝技术及椎板夹技术显然不能解决,而单侧 Magerl 螺钉固定或者单侧寰椎侧块螺钉+单侧枢椎椎弓根钉固定的稳定性不够充分^[5]。那么在单侧固定稳定性不充分、双侧不能固定的情况下,要避免加用钢丝固定带来的缺点而又能保证固定的强度,为了避免和减少枕颈融合,我们设计了一种“三点式”固定的方法,仍采用应用广泛的椎弓根固定技术,应用三枚寰枢椎椎弓根螺钉固定,然后用“V”形棒进行连接。理论上,该方法仍采用椎弓根固定技术,仍然为三柱固定,应该具有椎弓根固定技术的优点。直观上,增

表 1 寰枢椎不同固定方式的各指标测量结果

($\bar{x}\pm s, ^\circ, n=6$)

	前屈	后伸	左侧屈	右侧屈	左旋	右旋
A组	7.03±0.16	8.02±0.34	3.51±0.39	3.52±0.40	26.60±1.74	24.65±1.38
B组	3.62±0.16 ^①	3.19±0.32 ^①	2.41±0.33 ^①	2.33±0.34 ^①	5.22±0.22 ^①	5.34±0.39 ^①
C组	3.53±0.14 ^①	3.20±0.26 ^①	2.47±0.33 ^①	1.36±0.14 ^{①②}	5.01±0.30 ^①	5.16±0.42 ^①
D组	1.71±0.05 ^{①②③}	1.93±0.19 ^{①②③}	1.36±0.35 ^{①②③}	0.52±0.10 ^{①②③}	2.08±0.05 ^{①②③}	1.99±0.11 ^{①②③}
E组	1.67±0.02 ^{①②③}	1.87±0.28 ^{①②③}	1.42±0.16 ^{①②③}	0.47±0.05 ^{①②③}	2.22±0.10 ^{①②③}	2.39±0.13 ^{①②③}
F组	1.66±0.02 ^{①②③}	1.65±0.24 ^{①②③}	0.49±0.02 ^{①②③④⑤}	0.48±0.02 ^{①②③}	2.11±0.10 ^{①②③}	2.11±0.10 ^{①②③}

注:①与 A 组比较 $P<0.05$,②与 B 组比较 $P<0.05$,③与 C 组比较 $P<0.05$,④与 D 组比较 $P<0.05$,⑤与 E 组比较 $P<0.05$

加一个固定点,应该比单边固定力学稳定性强。虽然,“三点式”固定比双侧椎弓根螺钉固定少了一个固定点,然而由于是一个三角形的框架式结构,因而,理论上仍应具备较强的稳定性。为了进一步验证该设计的可靠性,我们将其与几种常用的寰枢椎固定术式进行了生物力学性能实验对比研究。本实验结果也支持上述观点。

任何一种钢丝或钛缆技术都有较好的屈伸稳定性^[6],临床上能够基本满足外科治疗的要求,在各种可靠的三维内固定技术出现之前,它是寰枢椎后路治疗的一种标准术式。故本实验应用 Brooks 钢丝固定组作为基本能满足治疗需要的对照组之一。在本实验中,“三点式”固定在屈/伸、左/右侧屈及旋转方面均优于 Brooks 钢丝固定组,说明“三点式”固定可以满足临床手术治疗稳定性的需求。Magerl 螺钉固定技术是钢丝技术之后的另一种标准术式,生物力学研究表明,寰枢椎椎弓根钉棒固定技术与 Magerl 螺钉固定技术具有相似的生物力学性能^[7],在旋转、侧屈稳定性上与 Magerl 螺钉相当,在屈伸稳定性上优于单纯 Magerl 螺钉固定,临床也证实寰枢椎椎弓根螺钉具有可靠的临床疗效^[8]。本实验用双侧寰枢椎椎弓根钉棒固定作为可靠固定的对照组,结果表明,“三点式”固定在屈/伸、右侧屈及旋转方面均与双侧寰枢椎椎弓根螺钉固定等效,仅在左侧屈弱于双侧寰枢椎椎弓根螺钉固定。由于头颈部的旋转功能主要集中在寰枢关节,因此寰枢椎的旋转稳定性是衡量固定方法优越性的主要指标,虽然“三点式”固定在左侧屈弱于双侧寰枢椎椎弓根钉固定,但强于 Brooks 钢丝,所以“三点式”固定具有可靠的生物力学稳定性。

本实验表明,“三点式”固定在各个方向上的三维稳定性强于单边寰枢椎椎弓根钉棒系统固定,其原因可能为增加了一个固定点,而且,“V”形棒与寰椎或者枢椎组成了一个三角形,相当于增加了一个横连杆,因而,“三点式”固定虽然与双边固定少了一个固定点,但稳定性仍与其相当而

强于单边固定组。“三点式”固定与双边固定在左侧屈时弱于双边组,其原因可能为在右侧少一个固定点,左侧屈时变为以左侧固定螺钉为旋转中心从而对其稳定性产生一定的影响。

总之,“三点式”固定具有较为可靠的三维稳定性,能够满足临床治疗的要求。本研究测量的几种固定方式中双侧椎弓根固定最为稳定,临床应用应作为首选方式;单边固定的三维稳定性与 Brooks 钢丝相当,在既不能进行双侧固定,也不能进行“三点式”固定时,单边固定可以作为一种治疗的选择,但应当辅以可靠的外固定支架保护,并适当延长外固定支架佩戴的时间。

4 参考文献

1. 谭明生,张光铂,李子荣,等.寰枢测量及其经后弓侧块螺钉固定通道的研究[J].中国脊柱脊髓杂志,2002,12(1):5-8.
2. Xu R, Nadaud MC, Ebraheim NA, et al. Morphology of the second cervical vertebra and the posterior projecting of the C2 pedicle axis[J]. Spine, 1995, 20(3): 259-263.
3. Goel A, Desai KI, Muzumdar DP. Adantoaxial fixation using plate and screw method; a report of 160 treated patients[J]. Neurosurg, 2002, 51(6): 1351-1357.
4. Tan M, Wang H, Wang Y, et al. Morphometric evaluation of screw fixation in atlas via posterior arch and lateral mass[J]. Spine, 2003, 28(5): 888-895.
5. Kuroki H, Rengachary SS, Goel VK, et al. Biomechanical comparison of two stabilization techniques of the atlantoaxial joints: transarticular screw fixation versus screw and rod fixation[J]. Neurosurgery, 2005, 56(1 Suppl): 151-159.
6. Henriques T, Cunningham BW, Olerud C, et al. Biomechanical comparison of five different atlantoaxial posterior fixation techniques[J]. Spine, 2000, 25(21): 2877-2883.
7. 马向阳,尹庆水,吴增晖,等.寰枢椎后路四种钉棒固定方法的三维稳定性评价[J].中国脊柱脊髓杂志,2008,18(6):464-468.
8. 吴增晖,尹庆水,马向阳,等.后路寰枢椎椎弓根钉板固定融合治疗上颈椎不稳[J].中国脊柱脊髓杂志,2004,14(10):591-593.

(收稿日期:2010-07-13 修回日期:2010-08-16)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)