

寰枢关节前后路侧块螺钉内固定的生物力学比较

鲁世保¹, 池永龙², 海涌¹, 徐华梓², 毛方敏², 黄其彬², 王胜², 方欣²

(1 首都医科大学附属北京朝阳医院骨科 首都医科大学骨外科学系 100020 北京市;

2 温州医学院第二附属医院骨科 325027 浙江省温州市)

【摘要】目的:比较寰枢关节前、后路侧块螺钉固定的效果,并测定其双侧、单侧侧块螺钉固定的稳定性,为临床应用提供理论依据。**方法:**取 5 具新鲜冷冻人体颈椎标本 C1~C5,用牙托粉和螺钉固定 C1 和 C2~C5,保留 C1~C2 之间的活动。切断寰椎横韧带和齿状突,造成寰枢关节不稳定,每个标本依次行前路单侧、前路双侧、Margel 单侧、Margel 双侧侧块螺钉固定。在生物力学试验机上应用位移控制法测定 6 种状态下的稳定性,前屈和侧屈的位移定值为 1mm,旋转角度为 3°。测定完好标本、损伤后及各种内固定下在前屈、双侧侧屈和旋转状态下的刚度,比较其稳定性。**结果:**所有内固定组的刚度均明显高于损伤组及完好组的刚度,前路双侧侧块螺钉和后路双侧侧块螺钉固定的稳定性无明显差异。前路双侧侧块螺钉固定在前屈、左侧屈、右侧屈、旋转时的稳定性高于前、后路单侧侧块螺钉;前路单侧侧块螺钉与后路单侧侧块螺钉固定的稳定性无明显差异。**结论:**前、后路双侧侧块螺钉固定效果好,可单独应用于临床;而单侧侧块螺钉稳定性不足,术后需加用外固定。

【关键词】寰枢关节不稳定;侧块螺钉;内固定;生物力学

中图分类号:R687.3,R318.01 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2008)-08-0617-04

Biomechanical comparison of the atlantoaxial anterior transarticular screw fixation/LU Shibao,CHI Yonglong,HAI Yong,et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord,2008,18(8):617~620

【Abstract】 Objective:To compare the biomechanical stability of C1/C2 vertebrae after anterior or posterior transarticular screw fixation,and to study the instrumented results by bilateral and unilateral lateral mass screw fixation.**Method:**5 fresh-frozen cadaveric cervical spines specimen were used for study.C1 and C2~C5 vertebrae were fixed with PMMA and screws separately,but the motion between C1 and C2 was preserved.The instability of atlas-axis was produced by cutting the odontoid,the transverse ligament on both sides of the odontoid and the tectorial membrane between C1 and C2.Lateral mass screw fixation by means of unilateral and bilateral anteriorly,unilateral and bilateral posteriorly (Margel technique) were performed in sequence according to the methods described in the literature.The stiffness of the C1-C2 articulation of each specimen was tested under the biomechanical text platform,the text data were set up as follows:at ante flexion and lateral flexion text,the C1 vertebra displacement was 1mm,and at rotation test,the range of motion was 3 degree.The stiffness of C1/C2 in all kinds of circumstances described above was measured.**Result:**Significantly higher stiffness values were obtained with all kinds of the fixation techniques than that with the intact and destabilized stated for all modes of testing ($P<0.01$).The bilateral anterior transarticular screws provided no significant difference stabilization compared with bilateral Magerl screws.Unilateral anterior transarticular screw had a lower stiffness compared with either bilateral anterior transarticular screws or bilateral Magerl screws.No significant difference in stiffness was found between unilateral anterior screw and unilateral posterior screw.**Conclusion:**The anterior bilateral mass screws can provide good stability,while unilateral anterior transarticular screw has a poor stability.

【Key words】Atlantoaxial instability;Transarticular screw;Fixation;Biomechanics

【Author's address】Orthopedic Department,Beijing Chaoyang Hospital affiliated Capital University of Medical Science,Beijing,100020,China

第一作者简介:男(1965-),副主任医师,医学博士,研究方向:脊柱外科

电话:(010)85231327 E-mail:lushibao@sina.com

寰枢关节不稳定可导致高位截瘫甚至致中枢性呼吸衰竭而死亡。寰枢关节固定融合术是治疗寰枢关节不稳定的有效方法。Magerl 采用后路侧

块螺钉内固定治疗寰枢关节不稳定,取得了良好的效果,其稳定性已得到大量研究的证实^[1]。但该内固定方法对技术要求高,且并发症发生率较高^[2]。寰枢关节前路侧块螺钉手术操作较后路容易,危险性也明显降低,是一种较好的手术选择。通常使用双侧侧块螺钉内固定,但由于解剖结构变异、骨折破坏椎弓根等原因,有些病例仅允许行单侧侧块螺钉内固定^[3]。单侧侧块螺钉内固定的稳定性如何,目前的研究还不多见。本研究对寰枢关节的前、后路侧块螺钉固定的稳定性进行生物力学测试,比较其稳定性,为临床工作提供实验依据。

1 材料和方法

1.1 标本制备

取新鲜冷冻保存的人体 C0-C7 颈椎标本,去除所有的肌肉软组织,保留完整的韧带,通过放射影像学检测,去除有病变的标本,选用 5 个正常的标本进行测试。上从 C0-C1、下从 C5-C6 之间分离,切断 C0-C1 之间的翼状韧带和尖韧带,保留 C1-C2 两侧翼状韧带和尖韧带。用牙托粉和螺钉固定 C1 和 C2-C5 节段,仅保留 C1-C2 关节活动,切断寰椎横韧带和齿状突,造成寰枢关节不稳定。在整个测试过程中,用潮湿的生理盐水纱布覆盖标本,使标本始终保持湿润。

1.2 固定顺序

将每个标本依次行前路单侧、前路双侧、后路 Magerl 单侧、后路 Magerl 双侧侧块螺钉固定,以减少对标本破坏。

1.3 螺钉固定技术

前路螺钉的固定参照临床手术方法^[4,5]。实验中使用的固定螺钉为钛螺钉,螺钉全长有 35、40、45mm 三种规格,螺钉直径为 3.5mm。首先用克氏针制作螺钉孔道,将克氏针从 C2 椎体的基底中点偏左约 2mm 处,向上向外,对准左寰椎前缘侧块中点进针。克氏针的走向对准寰椎侧块的外上角、沿枢椎椎体的纵轴进入,穿入寰椎侧块中部。克氏针按预定走向进入寰椎侧块后,测量长度,拧入 1 枚长度合适的螺钉,牢固固定。第 2 枚螺钉的固定方法与第 1 枚相似,在 C2 椎体基底部正中略偏右约 2mm 处,用克氏针由 C2 椎体底部向右寰椎侧块制造螺钉孔道,测量长度后,拧入第 2 枚螺钉,牢固固定(图 1~4)。

后路 Magerl 螺钉的固定参照 Magerl 等的手

术方法而略有改进^[6]。实验中使用的螺钉同前路固定螺钉。首先用克氏针制作螺钉孔道,克氏针的进针点位于 C2 下关节突内下角向上向外各约 3mm,进针角度向内 15°,向上瞄准 C1 前弓结节上缘,整个过程突破四层皮质骨。克氏针按预定走向进入寰椎侧块后,测量长度,拧入 1 枚长度合适的螺钉,牢固固定。第 2 枚螺钉的固定方法与第 1 枚相似,同法拧入第 2 枚长度合适的螺钉(图 5、6)。

1.4 生物力学测试

所有标本均依次在六种状态下(完好标本,损伤后,前路单侧侧块螺钉固定,前路双侧侧块螺钉固定, Magerl 单侧侧块螺钉固定, Magerl 双侧侧块螺钉固定)进行测试。每个标本分别测试前屈、左侧屈、右侧屈、旋转状态下的刚度。前屈、侧屈状态下的刚度在三思牌生物力学测试仪上测定,受力点位于 C1 椎体中心前 3.8cm 处。在矢状面,固定 C2,在 C1 前方施加负荷,测定使 C1 移位 1mm 时所加的负荷即为前屈状态下的刚度;在冠状面,固定 C2,在 C1 的左侧方和右侧方分别施加负荷,测定使 C1 移位 1mm 时所用的负荷即为左侧屈和右侧屈状态下的刚度。旋转状态下的刚度在旋转机器上测定。固定 C2,使 C1 受力,测定使 C1 旋转 3°时的力矩即为旋转状态下的刚度。

测定时前 5 次负荷不计录,记录第 6 次负荷时位移值。实验过程中尽量减少旋转角度和位移的值,以减少对标本的破坏。

1.5 统计学处理

所有数据用 SPSS 11.5 进行配伍组方差分析和 LSD 检验,比较各组间的差异, $P<0.05$ 为有显著性差异。

2 结果

见表 1。切除齿状突和寰椎横韧带后,在前屈、左右侧屈、旋转四种状态下,标本的刚度均明显下降,与完好组相比 $P<0.01$ 。在各种状态下,所有固定组的刚度均明显高于损伤组及完好组。

在前屈、左侧屈、右侧屈、旋转时,前路双侧侧块螺钉固定和后路双侧侧块螺钉固定无显著性差异(P 值分别为 0.663, 0.238, 0.553, 0.461);前路双侧侧块螺钉固定和后路双侧侧块螺钉固定的刚度都显著高于前路单侧侧块螺钉固定和后路单侧侧块螺钉固定($P<0.01$)。前路单侧侧块螺钉固定

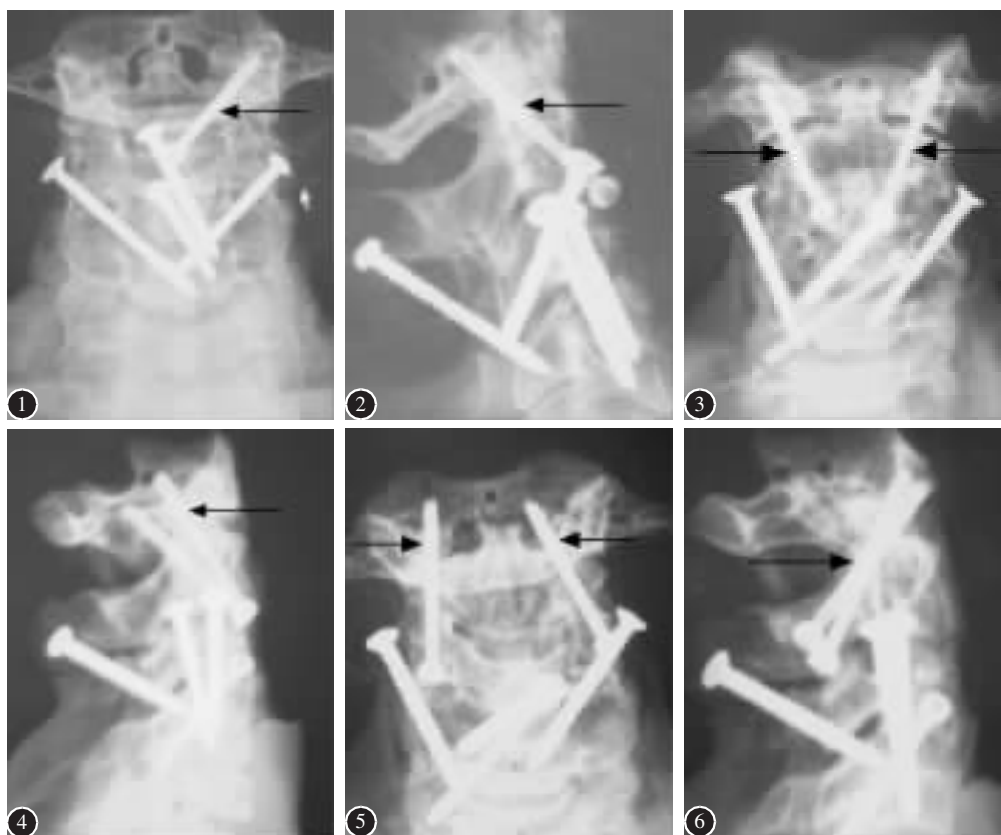


图 1 前路单侧侧块螺钉固定正位 X 线片(箭头所示为前路侧块螺钉,下同) 图 2 前路单侧侧块螺钉固定侧位 X 线片
图 3 前路双侧侧块螺钉固定正位 X 线片 图 4 前路双侧侧块螺钉固定侧位 X 线片 图 5 后路双侧侧块螺钉(Magerl)固定正位 X 线片(箭头所示为后路侧块螺钉,下同) 图 6 后路双侧侧块螺钉(Magerl)固定侧位 X 线片

与后路单侧侧块螺钉固定间无显著性差异 (P 分别为 0.935、0.859、0.824、0.75)。前路单侧侧块螺钉固定与后路双侧侧块螺钉固定相比差异有显著性 ($P < 0.01$)。

表 1 不同固定方法在不同状态下的稳定性比较

	刚度			
	前屈 (Nm/mm $\times 10^{-1}$)	侧屈(左) (Nm/mm $\times 10^{-1}$)	侧屈(右) (Nm/mm $\times 10^{-1}$)	旋转 (Nm/3 $^{\circ}$)
完好组	0.45 $\pm$ 0.08	0.34 $\pm$ 0.02	0.33 $\pm$ 0.03	0.67 $\pm$ 0.05
损伤组	0.22 $\pm$ 0.16	0.15 $\pm$ 0.03	0.14 $\pm$ 0.02	0.44 $\pm$ 0.04
前路单螺钉	0.95 $\pm$ 0.10	1.11 $\pm$ 0.12	0.74 $\pm$ 0.13	1.21 $\pm$ 0.16
前路双螺钉	1.47 $\pm$ 0.09	1.51 $\pm$ 0.15	1.54 $\pm$ 0.07	2.18 $\pm$ 0.42
Magerl 单螺钉	0.96 $\pm$ 0.17	1.10 $\pm$ 0.14	0.76 $\pm$ 0.05	1.25 $\pm$ 0.12
Magerl 双螺钉	1.44 $\pm$ 0.12	1.59 $\pm$ 0.09	1.5 $\pm$ 0.15	2.09 $\pm$ 0.25

3 讨论

3.1 关于内固定稳定性的生物力学测试方法

生物力学测试方法可分为位移控制法和负荷控制法^[7]。可根据不同的实验条件,选择不同的方

法。位移控制法是将位移作为一个定值,测定在各种状态下,达到某个定值位移所需要的负荷值,从而测定刚度值。关于位移控制的值,国外有学者将位移定值为 1mm,角度为 1 $^{\circ}$ ^[8];国内有人将角度定为 5 $^{\circ}$ ^[9]。我们根据预实验结果,将位移定值为 1mm,角度为 3 $^{\circ}$,位移和负荷均控制在生理范围内,既可避免标本被破坏,又能测试出各组之间的差异。

本研究结果表明,损伤组 C1-C2 的刚度较完好组明显下降。这是由于寰枢关节的稳定性主要靠关节之间的韧带复合体来维持,我们在测试前破坏了寰椎横韧带,切除了齿状突,使得寰枢关节不稳定。使用内固定后,各种运动状态下稳定性均较损伤组增加,而且与完好组相比稳定性也明显增加。Naderi 等^[10]应用负荷控制法测定寰枢关节的稳定性,结果表明,在应用钢丝、侧块螺钉等内固定后,其稳定性明显高于损伤组和完好组。

本研究结果表明,在屈曲、侧屈、旋转状态下,前路双侧侧块螺钉与后路双侧侧块螺钉相比均无

明显差异,这与 Sen 等^[9]的研究结果相似。他们采用的是负荷控制法,研究结果表明,前路双侧侧块螺钉固定在旋转和侧屈时与后路双侧侧块螺钉固定的稳定性无显著性差异。

3.2 寰枢关节前路侧块螺钉固定的优点

目前无论是基础研究还是临床研究均已表明,后路双侧侧块螺钉固定可达到较好的稳定性,并取得了良好的临床疗效,无需加用后路钢丝固定^[10, 11]。我们的研究结果表明,前路双侧侧块螺钉固定能够达到后路双侧侧块固定的效果。因此,我们认为,前路双侧侧块螺钉固定是治疗寰枢关节不稳定一种可供选择的方法。

临床研究表明,前路侧块螺钉固定有如下优点^[4, 12]:(1)操作比较容易。由于寰椎侧块的横截面积大,螺钉在侧块的任何部位穿入都能起到固定作用,对螺钉穿入的位置精度要求不高,因此向侧块内置入螺钉比较容易。(2)危险性低。由于操作点离椎动脉较远,降低了损伤椎动脉的危险性;且有枕骨髁限制螺钉的移动,减少了损伤神经结构的几率。(3)易于选择创伤患者体位,可避免后路固定时产生的并发症,如轻度屈曲时所造成的脊髓损伤。(4)可以 I 期行前路减压,切除移位的齿状突。(5)可切除侧块关节软骨,行关节融合术。(6)可以 I 期行前路松解。

前路双侧侧块螺钉固定效果好的原因是:(1)螺钉穿过枢椎椎体和寰椎两侧块,钉道长,有足够的骨质稳定螺钉。(2)两枚螺钉的方向是从前向后、从内向外,所夹的平面形成一个顶点向前下、底向后上的三角形,从力学原理上保证了寰枢椎内的固定物复合体具有良好的抗前后剪切应力和旋转力矩的能力。(3)前路螺钉由前向后,固定点距离寰枢关节活动中心较近,固定的效果好,稳定性强。由此可见,与 Magerl 方法相比,前路手术也是一种较好的手术选择。但是由于解剖结构变异、骨折破坏椎弓根等原因,有些病例仅允许行单根螺钉内固定^[3]。单侧侧块螺钉固定只是一点固定,无法形成既能抗前后剪切应力,又能抗旋转力矩的三角形固定,因而稳定性不足。我们的相关研究已证明,后路单侧侧块螺钉的固定效果和 Brooks 相当,后路单侧侧块螺钉固定时应加用钢丝植骨。

本研究结果显示,前、后路单侧侧块螺钉固定效果相当,但在临床工作中发现,后路单侧侧块螺钉固定的稳定性不足,不能单独使用^[13]。因

此,前路也应尽量避免使用单侧侧块螺钉固定,如果不得不使用,术后应加用坚强的外固定。

4 参考文献

1. Richter M, Schmidt R, Claes L, et al. Posterior atlantoaxial fixation: biomechanical in vitro comparison of six different techniques[J]. Spine, 2002, 27(16): 1724-1732.
2. Gulf WM, Schmidt MG, Apfelbaum RI. Atlantoaxial transarticular screw fixation: a review of surgical indications, fusion rate, complications, and lessons learned on 191 adult patients[J]. J Neurosurg Spine, 2005, 2(2): 155-163.
3. Chen TY, Lin KL, Ho HH. Morphologic characteristics of atlantoaxial complex in rheumatoid arthritis and surgical consideration among Chinese[J]. Spine, 2004, 29(9): 1000-1005.
4. 池永龙, 徐华梓, 林焱, 等. 经皮前路侧块螺钉内固定植骨融合治疗 C1、2 不稳[J]. 中华外科杂志, 2004, 2(8): 469-473.
5. Sen MK, Steffen T, Beckman L. Atlantoaxial fusion using anterior transarticular screw fixation of C1-C2: technical innovation and biomechanical study[J]. Eur Spine J, 2005, 14(5): 512-518.
6. Haid RW Jr, Subach BR, McLaughlin MR, et al. C1-C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial instability: a 6-year experience[J]. Neurosurgery, 2001, 49(1): 65-70.
7. Goel VK, Wilder DG, Pope MH, et al. Biomechanical testing of the spine: load-controlled versus displacement controlled analysis[J]. Spine, 1995, 20(21): 2354-2357.
8. Mitchell TC, Sadasivan KK, Ogden AL, et al. Biomechanical study of atlantoaxial arthrodesis: transarticular screw fixation versus modified posterior wiring[J]. J Orthop Trauma, 1999, 13(7): 483-489.
9. 瞿东滨, 金大地, 欧阳钧, 等. 几种寰枢椎后路内固定术的生物力学评价[J]. 医用生物力学, 1999, 14(4): 198-201.
10. Naderi S, Crawford NR, Song GS, et al. Biomechanical comparison of C1-C2 posterior fixations: cable, graft, and screw combinations[J]. Spine, 1998, 23(18): 1946-1955.
11. Wang C, Yan M, Zhou HT, et al. Atlantoaxial transarticular screw fixation with morselized autograft and without additional internal fixation: technical description and report of 57 cases[J]. Spine, 2007, 32(6): 643-646.
12. 王超, 党耕町, 刘忠军. 前路经枢椎体寰椎侧块螺钉固定术[J]. 中华骨科杂志, 1999, 19(8): 457-459.
13. Nichols LA, Mukherjee DP, Ogden AL, et al. A biomechanical study of unilateral posterior atlantoaxial transarticular screw fixation[J]. J Long Term Eff Med Implants, 2005, 15(1): 33-38.

(收稿日期: 2007-11-15 修回日期: 2008-02-15)

(英文编审 陆宁)

(本文编辑 卢庆霞)