

基础研究

寰枢关节后路内固定稳定性的生物力学比较研究

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:比较寰枢椎后路手术中常用的 Gallie、Brooks、Magerl 双螺钉、Magerl 单螺钉等内固定方法单独应用或联合应用时的力学稳定性,为临床选择治疗术式提供实验依据。**方法:**取 5 具新鲜冷冻人体颈椎(C1~C5)标本,固定 C1 和 C2~C5,仅保留 C1~C2 之间活动。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 Magerl 单螺钉、Magerl 双螺钉、Gallie、Magerl 单螺钉+Gallie、Magerl 双螺钉+Gallie、Brooks 固定。在生物力学试验机上应用位移控制法测定各组的稳定性,前屈和侧屈的位移定为 1mm,旋转角度为 3°。测定正常组、损伤组及内固定各组在前屈、双侧侧屈和旋转状态下的刚度,比较内固定各组的稳定性。**结果:**在各组内固定中,Magerl 双侧侧块螺钉+Gallie 刚度最大,最稳定。Magerl 单螺钉+Gallie 和 Magerl 双螺钉相比,在各种状态下,二者刚度均无显著性差异 ($P>0.05$),在旋转状态下,其刚度值分别为 $1.55\pm 0.07\text{Nm}/3^\circ$ 和 $1.44\pm 0.13\text{Nm}/3^\circ$ ($P>0.05$);而 Magerl 单螺钉的刚度在各种状态下均明显低于 Magerl 双螺钉 ($P<0.05$),其中在旋转状态下分别为 $0.96\pm 0.17\text{Nm}/3^\circ$ 和 $1.44\pm 0.13\text{Nm}/3^\circ$ ($P<0.05$)。**结论:**Magerl 单螺钉+Gallie 钢丝固定稳定性好,可替代 Magerl 双螺钉,而 Magerl 单螺钉固定效果不佳,应尽量避免单独使用。

【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)-04-0282-04

Biomechanical comparison of the atlantoaxial posterior transarticular screw fixation/LU Shibao,CHI Yonglong,HAI Yong,et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord,2008,18(4):282~285

【Abstract】 Objective:To evaluate the immediate three-dimensional biomechanical stability of various combinations of one or two transarticular screws and a posterior cable-secured graft using Gallie,Brooks,Magerl and determine the role of each component in resisting different types of loading.**Method:**Cervical spines from five individuals were harvested from cadavers.C1 and C2~C5 vertebrae were fixed to allow motion only at the C1-C2 articulation.The specimens were destabilized by cutting the odontoid and transverse ligament on both sides of the odontoid and the tectorial membrane between C1 and C2.The Gallie,Brooks,Magerl one or two screws techniques or the combined were performed by those described in the literature.The stiffness of the C1-C2 articulation of each specimen was tested under rotation,lateral bending and flexion.Intact and destabilized specimens fixed with all the methods above were tested.**Result:**Magerl two screws plus the cable-graft provided the most stabilization under all test modes.The stiffness of a single Magerl screw combined with cable-graft was not significantly difference from that of Magerl bilateral screws($P>0.05$).The stiffness in rotation was $1.55\pm 0.07\text{Nm}/3^\circ$ and $1.44\pm 0.13\text{Nm}/3^\circ$ ($P>0.05$).Compared with Magerl bilateral screws,the single Magerl screw had a least stabilization under flexion,lateral bending,rotation.The stiffness in rotation was $0.96\pm 0.17\text{Nm}/3^\circ$ and $1.44\pm 0.13\text{Nm}/3^\circ$ ($P>0.05$).**Conclusion:**The stability is significantly enhanced by use of the Magerl two screws,a single transarticular screw supplemented by cable-graft,and Magerl two screws combined with cable-graft.While a single transarticular screw shows a poor stability.

【Key words】Atlantoaxial instability;Transarticular screw;Internal fixation;Biomechanics

【Author's address】Orthopedic Department, Beijing Chaoyang Hospital Affiliate 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

通讯作者:池永龙

寰枢关节融合术是治疗寰枢关节不稳的常用方法之一。目前,临床上常用的寰枢关节后路内固定技术有:Gallie 法、Brooks 法、Magerl 侧块螺钉

以及经椎弓根螺钉固定等^[1]。研究表明,双侧侧块螺钉内固定加后路钢丝植骨稳定性好,疗效可靠^[2]。但在解剖结构变异、骨折破坏椎弓根等情况下,有些病例仅允许行一侧内固定,如果开放手术可行单侧螺钉内固定加钢丝植骨,而闭合经皮穿刺则只能行单侧螺钉内固定^[3,4]。我们对寰枢关节后路单侧螺钉及其他各种内固定或组合进行稳定性测试,比较其稳定性,为临床选择治疗术式提供实验数据。

1 材料和方法

截取新鲜冷冻保存的人体颈椎标本 C0~C7,去除所有的肌肉和软组织,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。从 C0~C1 和 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 C2~C5 节段,仅保留 C1~C2 关节活动。

1.1 固定技术

(1)Gallie 技术:用木块代替植骨块,大小约 1.5×2.0cm,将其置于 C1 和 C2 棘突之间,应用医用胸骨钢丝(直径 0.7mm)固定。

(2)Brooks 技术:用钢丝将植骨块固定在 C1~C2 后弓两侧,参照临床方法,植骨块大小约 1.5×1.5cm,每个植骨块用两根医用胸骨钢丝(直径 0.7mm)固定。

(3)Magerl 技术:参照 Magerl 的方法,实验中使用的固定螺钉为钛螺钉,直径为 3.5mm。首先用克氏针制造螺钉孔道,将螺钉从后路侧块和椎板结合的位置从后向前向上固定螺钉,整个固定过程穿过四层皮质骨,双侧螺钉固定两侧,单侧螺钉固定选择左侧。

1.2 螺钉固定顺序

切断寰椎横韧带和齿状突,造成寰枢关节不稳定。将每个标本依次用 Magerl 单螺钉、Magerl 双螺钉、Gallie、Magerl 单螺钉+Gallie、Magerl 双螺钉+Gallie、Brooks 进行固定。

1.3 生物力学测试

每个标本分别测试屈曲、侧屈、旋转状态下的刚度。屈曲、侧屈状态的刚度在三思牌生物力学试验机上测定,受力点位于 C1 椎体中心 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 时所加的负荷即为屈曲状态下的刚

度;在冠状面,固定 C2,在 C1 的侧方施加负荷,测定使 C1 移位 1mm 时所用的负荷即为侧屈状态下的刚度。

旋转状态下的刚度在旋转生物力学试验机器上测定。固定 C2,使 C1 受力,测定使 C1 旋转 3° 变化时的力矩,即为旋转状态下的刚度。

测定时前 5 次循环负荷不计值,记录第 6 次循环负荷值。实验中尽量减少旋转角度和位移的值,以减少对标本的破坏。

所有标本均依次在八种状态下(标本完好正常、损伤、Magerl 单螺钉、Magerl 双螺钉、Gallie、Magerl 单螺钉+Gallie、Magerl 双螺钉+Gallie、Brooks)进行测试。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。

1.4 统计学处理

所有数据用 SPSS 11.5 进行配对方差分析和 LSD 检验,比较各组间的差异。 $P<0.05$ 为差异有显著性。

2 结果

见表 1。切除齿状突和寰椎横韧带后,标本在前屈、侧屈及旋转状态下,刚度均明显下降,与正常组比较有显著性差异(在前屈、左侧屈、右侧屈、旋转时, P 值分别为 0.032、0.002、0.001、0.005)。

固定组与正常组比较,在屈曲和旋转负荷下,所有固定组的刚度明显增加。固定组与损伤组相比,在各种负荷下,所有固定组的刚度明显增加。

表 1 C1-C2 正常、损伤及不同内固定状态下的刚度
($\bar{x}\pm s$, 前屈,侧屈 Nm/mm $\times 10^{-1}$, 旋转 Nm/3°)($n=5$)

	前屈	侧屈(左)	侧屈(右)	旋转
正常组	0.45±0.07 ^①	0.34±0.02 ^①	0.33±0.03 ^①	0.45±0.08 ^①
损伤组	0.22±0.01 ^①	0.15±0.03 ^①	0.14±0.02 ^①	0.22±0.02 ^①
Magerl 单螺钉组	0.96±0.17 ^②	1.10±0.14 ^②	0.75±0.05 ^②	0.96±0.17 ^②
Magerl 双螺钉组	1.45±0.12 ^③	1.59±0.09 ^③	1.50±0.14 ^③	1.44±0.13 ^③
Gallie 组	0.89±0.11 ^④	0.64±0.08 ^④	0.58±0.10 ^④	0.89±0.11 ^④
Magerl 单螺钉+ Gallie 组	1.56±0.07 ^⑤	1.49±0.08 ^⑤	1.54±0.09 ^⑤	1.55±0.07 ^⑤
Magerl 双螺钉+ Gallie 组	2.25±0.32 ^①	2.05±0.12 ^①	2.09±0.16 ^①	2.25±0.37 ^①
Brooks 组	1.00±0.16	0.87±0.04	0.77±0.05	1.00±0.16

注: ①与各组比较 $P<0.05$; ②与 Gallie 组、Brooks 组比较 $P>0.05$, 与其余各组比较 $P<0.05$; ③与 Magerl 单螺钉+Gallie 组比较 $P>0.05$, 与其余各组比较 $P<0.05$; ④与 Brooks 组比较 $P>0.05$, 与其余各组比较 $P<0.05$; ⑤与除 Magerl 双螺钉组外比较 $P<0.05$

在各内固定组中, Magerl 双侧侧块螺钉+ Gallie 组的刚度最大, 最稳定。Gallie 组在侧屈和旋转时刚度最小, 稳定性最差; Magerl 单螺钉+ Gallie 组的刚度和 Magerl 双螺钉组在前屈、侧屈及旋转时均无明显差异($P>0.05$)。Magerl 单螺钉组与 Magerl 双螺钉组、Magerl 单螺钉+Gallie 组、Magerl 双侧侧块螺钉+Gallie 组相比, 其刚度较低, 具有显著性差异($P<0.05$)。Magerl 单螺钉组与 Brooks 组相比, 刚度无显著性差异, 但优于 Gallie 组。

3 讨论

治疗寰枢关节不稳定的方法有多种。在 20 世纪早期, 以 Gallie、Brooks 为代表, 开始使用后路植骨加钢丝固定技术。由于其存在植骨块脱落, 硬膜损伤等并发症, 现很少单独使用。1987 年, Magerl 和 Seemann^[1]首先介绍了 Magerl 法, 其稳定性优于 Gallie 和 Brooks 技术; 同时避免了钢丝穿入椎板下所产生的并发症, 必要时还可行椎板切除减压; 寰椎后弓缺失时仍可植骨融合。目前, 在临床上仍广泛使用。

Magerl 方法使用了双侧侧块螺钉内固定, 稳定性好, 疗效肯定。但有些病例仅允许行单侧螺钉内固定加钢丝植骨或闭合经皮穿刺单侧螺钉内固定。单侧螺钉内固定的稳定性如何, 目前的文献报道不多。比较 Magerl 单侧螺钉固定、Magerl 单侧螺钉加后路钢丝固定与其他常用固定技术的稳定性, 为临床工作提供实验依据, 是本实验的研究目标。

研究内固定稳定性的生物力学测试方法可分为位移控制法和负荷控制法^[5]。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, 这是测定刚度的方法。负荷控制法是将负荷作为一个定值, 在某定值负荷下, 测定标本在各个方向的活动范围, 这是测定弹性的方法。位移控制法和负荷控制法各有优势, 位移控制法是固定一个椎体, 另外一个椎体作相对运动, 这与临床实际情况较为符合。本试验采用位移控制法。国外有学者将位移定值为 1mm, 角度为 1°^[6]; 国内有人将角度定为 5°^[7]。我们根据预实验, 将位移定值为 1mm, 角度为 3°。我们选取的寰枢椎测试的定值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。

本研究表明, 损伤组 C1~C2 的刚度较正常组明显下降, 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完成的, 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, 各种内固定器械不仅与损伤组相比能增加寰枢关节稳定性, 而且与正常组相比也能明显增加关节的稳定性。

本研究发现, 在各种内固定中, Gallie 技术无论在屈曲、侧屈, 还是在旋转状态下, 稳定性均最差; 虽然 Brooks 法抗旋转能力比 Gallie 法有明显提高, 但仍低于 Magerl 方法的稳定性; Magerl 法由于将螺钉经侧块关节固定, 因而稳定性好; Magerl 法加后路钢丝植骨固定的稳定性最好, 这些结果与以往报道相近^[2]。

本研究结果还表明, Magerl 单侧螺钉加后路钢丝固定的抗旋转能力虽不及 Magerl 双侧螺钉加钢丝固定, 但与 Magerl 双侧螺钉相比, 无明显差异, 是一种可靠的方法, 这对我们的临床工作有重要的指导意义。Magerl 单侧螺钉仅单根螺钉固定, 其抗旋转能力不足, 稳定性与 Brooks 相当, 因此不建议使用单侧螺钉固定, 如果不得不使用, 术后应加用坚强的外固定。

通过本研究发现, 寰枢关节固定的稳定性可能与固定点的数目及固定点与寰枢关节活动中心的距离有关。Gallie 法由于仅在后路一点固定, 且固定点离寰枢关节活动中心较远, 稳定性差; 而 Magerl 单侧根螺钉固定, 虽然也是一点固定, 但与活动中心较近, 且螺钉通过四层皮质骨, 固定牢靠, 因而其稳定性明显优于 Gallie 固定。Brooks 是后路双侧椎板钢丝固定, 虽是两点固定, 但距离活动中心较远, 且钢丝的固定强度不足, 因而其稳定性与 Magerl 单侧螺钉相比无明显差异。而 Magerl 单侧螺钉加后路钢丝固定使稳定性明显提高, 与双侧侧块螺钉相当, 这与固定点数目增加有关。Magerl 双侧侧块螺钉固定由于增加了固定点, 且双侧均通过四层皮质固定, 固定通道与活动中心较近, 固定效果好, 临床应用较多。双侧加钢丝植骨固定后, 更加牢靠, 因为是三点固定, 以前被认为是寰枢关节后路内固定的金标准。但目前有学者^[8]认为双侧螺钉固定后稳定性已很好, 加用后路钢丝植骨没有意义, 反而会使损伤硬膜等并发症的几率增加, 不用钢丝可提高手术的安全性。

Naderi^[9]及 Papagelopoulos 等^[10]的研究也表明,增加固定点能提高稳定性,Magerl 单侧螺钉加后路钢丝植骨固定稳定性较好,Magerl 双侧侧块螺钉加后路钢丝植骨固定的抗旋转能力最强,稳定性最好。Haid 等^[11]的临床结果也说明,用后路侧块螺钉加后路钢丝植骨治疗 C1~C2 不稳定,无论采用侧块双螺钉加后路钢丝植骨,还是用单侧螺钉加后路钢丝植骨,疗效均良好。

本试验和所有离体的生物力学试验一样,与临床存在一定的差异。临床上,在植骨融合以前,内固定物要承受长期反复的应力,这可能会导致内固定物的断裂;本试验中,由于受到标本数量的限制,每个标本反复使用,试验不能采用疲劳试验模型,位移值仅定在 1mm,与临床实际受力状况有所不同,试验结果仅在一定范围内反映各内固定物之间的差异。同时由于标本存在大小、强度等个体之间的差异,这些因素会影响试验的结果。

虽然本组试验中尽量减少位移的数值及旋转的角度,以减少损伤;同时在标本固定以前,先用克氏针打好螺钉固定的通道,以便试验中能顺利地进行螺钉固定,以尽量减少对标本的破坏,但测试的顺序不是采取随机的,因此,先测试的内固定物,标本钉道的损伤较小,固定的效果较好,而后测试的内固定物,由于反复固定,标本的损伤较大,可能会影响固定的效果,从而影响试验结果。但本组结果表明,先测试的 Magerl 单侧螺钉固定稳定性效果不佳,应尽量避免单独使用。

4 参考文献

1. Magerl F, Seeman PS. Stable posterior fusion of the atlas and

axis by transarticular screw fixation. In: Kehr P, Weidner A, eds. Cervical Spine [M]. New York: Wien, Springer-Verlag, 1987. 322-327.

2. 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.
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, 林炎, 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. 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.
6. 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.
7. 瞿东滨, 金大地, 欧阳均, 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(3): 198-201.
8. 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.
9. 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.
10. Papagelopoulos PJ, Currier BL, Hokari Y, et al. Biomechanical comparison of C1-C2 posterior arthrodesis techniques [J]. Spine, 2007, 32(13): E363-370.
11. Haid RW, Subach BR, McLaughlin MR, et al. C1-C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial instability: a 6-year experience [J]. Neurosurg, 2001, 49(1): 65-70.

(收稿日期: 2007-11-15 修回日期: 2008-01-30)

(英文编审 郭万首)

(本文编辑 彭向峰)

消息

《关节软骨》一书出版发行

由关节外科专家卫小春教授主编, 邱贵兴教授作序, 众多专家与一线工作人员参与编著的《关节软骨》已由科学出版社出版。本书是在参阅大量国内外相关文献的基础上, 结合作者在关节软骨研究方面的成果著述的。全书对关节软骨的结构、形态、生物化学、力学功能等作了详细论述, 对关节软骨损伤的分类、软骨损伤修复的实验研究以及临床治疗方面的基本理论和最新研究进展作了较为全面的介绍, 并对目前临床上较为关注的关节软骨损伤和骨关节炎作了详细的介绍。本书内容详实, 图文并茂。适于骨科、运动医学及风湿科医师及研究生阅读。

该书定价 69 元, 全国新华书店、医药卫生书店有售。