

• 基础研究 •

钢丝与不同钛缆内固定系统固定寰枢椎失稳的抗扭转生物力学比较研究

刘铁龙¹, 章允志², 严望军¹, 李家顺¹, 袁文¹

(1.上海长征医院骨科, 上海 200003; 2.浙江台州珠光医院)

【摘要】 目的:比较寰枢椎不稳后路 Brooks 法固定技术中钢丝及不同钛缆内固定系统抗扭转生物力学性能。**方法:**6 例新鲜寰枢椎复合体标本(枕骨-C₃)。在 WD-5 力学试验机上,分别测量正常寰枢椎复合体(N 组)、寰枢椎不稳(M 组)以及不稳时行寰枢椎 Brooks 法新型钛缆固定(A 组)、Atlas 钛缆固定(B 组)、Songer 钛缆固定(C 组)、钢丝固定(D 组)的寰枢椎复合体抗旋转刚度和强度的大小。**结果:**A、B、C、D 组最大扭矩分别为 12.5、11.3、11.52、11.55 N·m, 抗扭刚度分别为 58.81、53.17、54.11、54.35 N·cm/deg, 新型双向锁定式钛缆(A 组)在相同锁紧拉力条件下抗扭转强度最高,同各内固定组与正常组(N 组)相比差异有统计学意义(P<0.05)。**结论:**Brooks 法钛缆固定时,新型钛缆因为锁紧方式的改变达到了比钢丝和进口钛缆更好的抗旋转固定效果。

【关键词】 颈椎; 寰枢关节; 骨折固定术,内; 生物力学

Anti-rotation biomechanical study of wire and various cable system in the posterior Brooks instrumentation for atlantoaxial instability LIU Tie-long*, ZHANG Yun-zhi, YAN Wang-jun, LI Jia-shun, YUAN Wen. *Changzheng Hospital of Shanghai, Shanghai 200003, China

ABSTRACT Objective: To compare the anti-rotation biomechanical performances of wire and various cable fixation devices currently used in the posterior Brooks instrumentation for atlantoaxial instability. **Methods:** In this experiment, six specimens of the atlantoaxial complex (Occipital-C₃) were used. The models of the normal complex, unstable complex (type II odontoid fracture) and fixed complex were established. On the WD-5 mechanics experimental machine, the parameters including the strength and rigidity of anti-rotation were quantified for the normal complex (group N), the atlantoaxial instability complex (group M), the new type Titanium cable (group A), Atlas titanium cable (group B), Songer Titanium cable (group C), stainless wire (group D). **Results:** The max strength of A, B, C, D groups was 12.5, 11.3, 11.52, 11.55 N·m respectively, the max rigidity was 58.81, 53.17, 54.11, 54.35 N·cm/deg respectively. The strength and rigidity of anti-rotation, compare to the unstable atlantoaxial complex which were fixed by the new double locking Titanium cable fixation system were superior to those of normal complex, instability complex, Songer or Atlas Titanium cable (P<0.05). **Conclusion:** Having been changed the locking method, the anti-rotation biomechanical characteristics of the new type double locking Titanium cable fixation system are superior or similar to the traditional Songer or Atlas Titanium cable.

Key words Cervical vertebrae; Atlantoaxial joint; Fracture fixation, internal; Biomechanics

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2008, 21(8):570-572 www.zggszz.com

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有关寰枢椎固定方法最重要的一个指标。钛缆柔软易弯曲,抗拉强度高,抗疲劳性好,易操作,目前已基本取代了钢丝用做寰枢椎 Brooks 后路固定材料。本试验通过生物力学测试方法评价比较 Atlas、Songer 和新型双向钛缆以及 20 号钢丝以 Brooks 法重建颈椎稳定性的效果,为临床应用提供参考。

1 材料与方 法

1.1 标本制备 选用猝死、胸外伤的青壮年新鲜完整颈椎尸体标本 6 具,剔除颈部附着肌肉,完整保留所有韧带和关节囊,标本上至枕骨,下至 C₃,6 例均为寰枢椎复合标本。试验

前,室温下逐级解冻,上端从颅底切除,严格水平割顶,保留完整寰枢关节,远端保留到 C₃,标本下方浇灌骨水泥平台,上机后保持上下两端平台水平(平行度<10°),确保实验精度,并测量寰枢关节的几何尺寸。所有标本获取后在 1 个月内进行生物力学实验。

1.2 手术固定材料 钛缆为枢法模公司提供的临床医用 7×7 股 Atlas 钛缆、强生公司提供的 Songer 钛缆以及自制新型双向锁定式钛缆,同时比较测试了常规的 20 号医用不锈钢丝。

1.3 测试方法与分组 先测试完整的枕颈标本的各项抗扭转的生物力学指标。然后将枕颈标本造成齿状突 II 型骨折,测试损伤后未固定的标本的各项指标。最后模拟临床手术,将损

伤后的寰枢关节分别用各种不同的固定线材以 Brooks 法予以固定。所有钛缆均用 180 N 的力量双侧同时加压锁紧锁扣固定。钢丝固定时直接以最大的力量做双侧同时锁定。设正常寰枢椎复合体为 N 组,寰枢椎不稳无固定为 M 组,不稳时行寰枢椎 Brooks 法新型钛缆固定为 A 组、Atlas 钛缆为 B 组、Songer 钛缆为 C 组、钢丝为 D 组。

1.4 测试项目与方法 测试在 WD-5 液压万能试验机上进行,标本竖向安置于生物力学测试机夹具内,枕骨向上。每次载荷重复数次,正式试验前应进行预试验,试验 3 次以去除骨的松弛、蠕变的时间影响因素。在枕颈 C₁、C₂ 处布置电阻应变片,选择小标距高精度应变片(R=(120±0.5)%,K=2.26,1.5mm×1.5 mm),按照试验力学要求严格布片与贴片,然后焊接导线至 YJK-14 数字式应变仪上。位移采用高精度光栅位移传感器(KG-101)加以测量,辅以 4 分表监测。

为了颈椎标本能够重复使用,载荷控制在生理载荷以内,分 50、100、150、200、250 N 5 级加载,加载速度 1.4 mm/min。扭转实验颈椎加载时,需要保证加在颈枕部的力学重心,重心由 4 只百分表平衡力点。实验中为保持标本的新鲜状态,在干燥时用生理盐水喷雾。

1.5 统计学方法 全部数据采用计算机软件 SPSS 10.0 统计处理,采用单因素方差(ANOVA)、Fisher 最小二乘法差异分析(LSD)及 TamhaneT2 进行数据统计,可信区间取 95%。

2 结果

寰枢椎的扭转生物力学特性主要反映在寰枢椎固定后颈椎能承受扭矩的大小(即扭转强度大小),扭转变形和扭转刚度的大小。试验结果见表 1。结果表明:寰枢椎的扭矩扭角关系表明,完整颈椎标本的最大扭矩为 9.04 N·m,损伤时扭矩大幅度下降为 4.02 N·m,两者相差达 55%以上,差异有统计学意义(P<0.01),说明寰枢椎扭转强度大为降低,扭转失稳十分严重。

将扭转过程中最大扭矩进行比较,A 组为 12.5 N·m,B 组为 11.3 N·m,C 组为 11.52 N·m,D 组为 11.55 N·m,A、B 组相差 10.1%,A、C 组相差 8.6%,A、D 组相差 8.5%,差异有统计学意义(P<0.05)。正常标本为 9.04 N·m,正常标本同各组相比结果为 1:1.38:1.25:1.27:1.27。说明各固定系统均能够在很大的程度上起到抗旋转的作用。

扭转刚度是指颈椎在最大载荷作用下抵抗扭转变形能力的大小。扭转刚度:A 组为 58.81 N·cm/deg,B 组为 53.17 N·cm/deg,C 组为 54.11 N·cm/deg,D 组为 54.35 N·cm/deg,正

常标本为 42.54 N·cm/deg,其中 A、B 之间相差 10.06%,A、C 之间相差 8.6%,A、D 之间相差 8.2%。A 组与 B、C、D 各组间比较,差异有统计学意义(P<0.05)。结果显示各内固定组抗扭转能力明显增强,Brooks 法固定的效果比较理想。

等量扭矩 8 N·m 作用下,寰枢椎 Brooks 法各种钛缆固定的扭角变形试验结果分别为,A 组的扭角 5.19°,B 组 6.85°,C 组 6.75°,D 组 8.11°,正常标本的扭角为 10.28°,同各内固定组扭角变形之比为 1:0.50:0.66:0.65:0.78。说明通过固定,颈椎扭转不稳得到很大程度上的纠正,Brooks 法固定能够超过正常标本的扭转稳定性。各固定组相互比较发现,A 组的扭角比 B 组小 24%,比 C 组小 23%,比 D 组小 36%,差异均有统计学意义(P<0.05),说明在抗扭转变形方面新型双向钛缆比其他各种内固定要强。

3 讨论

寰枢关节的不稳定常继发晚期脊髓损伤,甚至危及生命,治疗首先考虑其稳定性^[1]。扭转损伤对颈椎的稳定性破坏极大。如损伤后不加以固定的话,一般扭转强度会下降 60%以上,扭转刚度会下降 80%以上,因此扭转创伤者应特别强调坚强固定。颈椎中寰枢椎的扭转(旋转)活动是颈椎生理运动中一个十分重要功能,为了保证寰枢椎的正常生理运动功能,必须在损伤后予以修复。

常用寰枢椎后路融合术包括 Gallie 法、Brooks 法、Halifax 椎板夹法和 Magerl 经关节螺钉法等。Margel 法能够有效的控制减少旋转,该技术联合 Brooks 或者 Gallie 法固定上颈椎被许多脊柱外科医生认为是 C₁-C₂ 后路融合的最可靠的术式^[2]。但是该技术需要有娴熟的技术和丰富的经验,且存在一定的风险。目前 Brooks 法依然是最常用的后路固定方法。其对抗屈伸不稳效果理想,同时具有不错的抗旋转稳定性。

随着应用数量增加,钛缆相关并发症日渐增多,术后松动、断裂时见报道^[3-5],有些甚至引起了脊髓损伤。钛缆对脊柱的固定作用是通过捆扎的力量实现的,相邻的椎体或者椎体和骨块之间固定的是否牢固,与钛缆锁紧力量密切相关,锁紧力量过小,骨块会松动,椎体之间也容易出现不稳。锁紧力量过大,则会导致固定材料断裂,固定前功尽弃,甚至伤及脊髓。对于骨质疏松的老年人和骨质柔韧的年幼儿童患者线缆材料还存在切割破坏骨质的可能^[6]。临床工作中也发现有时锁紧器达到很大力量甚至钛缆即将断裂前钛缆环仍有松弛趋势。仔细分析不难发现,进口钛缆均是单向锁定,经过 360°缠绕,钛缆一端受力收紧,由于摩擦力的存在,其另一端只用较

表 1 各组寰枢椎标本的扭矩、扭角、扭转刚度(̄x±s)

Tab.1 Torsion angle, torque and torsion rigidity of atlantoaxial specimen groups(̄x±s)

固定方式分组	不同相对扭角下的扭矩(N·m)					扭转刚度 (N·cm/Deg)
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	
完整标本(N)	4.66±0.36	7.32±0.58	8.65±0.55	8.91±0.62	9.04±0.84	42.54
新型钛缆(A)	6.52±0.36	10.23±0.29	11.58±0.77	12.5±0.47	11.90±0.54	58.81
Atlas 钛缆(B)	5.45±0.57	9.01±0.54	10.79±0.34	11.30±0.67	11.20±0.41	53.17
Songer 钛缆(C)	5.56±0.81	9.12±0.45	10.67±0.54	11.03±0.68	11.52±0.34	54.11
钢丝(D)	4.93±0.28	8.01±0.47	9.89±0.15	10.78±0.47	11.55±0.24	54.35
损伤标本(M)	1.75±0.14	2.76±0.84	3.56±0.54	3.68±0.18	4.02±0.81	18.91

小的力量便可以达到平衡,钛缆两端的力量分配不均,锁紧效果大打折扣。根据公式 $F=fe^{k\alpha}$ (f 代表绳末端所用的力, F 代表头端施加的拉力, e 为自然对数的底数, k 代表线缆与骨之间的摩擦系数, α 代表绕转角,也就是绳索绕成的弧的长度跟弧的半径的比)可以算出,如果钛缆与骨筋膜的摩擦系数为 0.3 (冰与钢的摩擦系数为 0.2),钛缆两端力量的差别为 6.6 倍,即便是摩擦系数小到 0.2,其两端力量的差别仍然有 3.5 倍。固定结束后,摩擦力渐渐消失,钛缆重新达到新的平衡,固定就会松散,这严重影响了颈椎固定后的稳定性。国外已有报道钛缆的松动率约 30%~50%^[4],有些松动还导致了严重的后果^[7]。钢丝固定的研究中也发现两个单独的环比一个缠绕两圈的环固定更加结实,张力均衡与否对钢丝固定的效果会产生明显影响。新型钛缆双向锁紧时,钛缆的两端所使用力量大小相同,方向相反,摩擦力作用被分解为两部分,由于摩擦力的大小同其所缠绕的角度呈几何倍数关系,当角度减小一半,摩擦力就会减少数倍,钛缆环收紧的力量得到更大程度的利用,张力均衡,锁定效果理想。试验显示新型双向锁紧式钛缆的固定效果明显好于进口的同类产品,相同的锁紧力量下其较进口 Songer 和 Atlas 钛缆抗轴向旋转能力提高 8%~20%。

参考文献

- 1 罗为民,熊波,汤敬武,等. 创伤性寰枢椎不稳的手术治疗策略. 中国骨伤, 2006, 19(11): 648-651.
- 2 Richter M, Schmidt R, Claes L, et al. Posterior atlantoaxial fixation: biomechanical in vitro comparison of six different techniques. Spine, 2002, 27(16): 1724-1732.
- 3 Garcia R Jr, Gorin S. Failure of posterior titanium atlantoaxial cable fixation. Spine J, 2003, 3(2): 166-170.
- 4 Matsumoto M, Chiba K, Nakamura M, et al. Impact of interlaminar graft materials on the fusion status in atlantoaxial transarticular screw fixation. J Neurosurg Spine, 2005, 2(1): 23-26.
- 5 Sudo H, Abumi K, Ito M, et al. Spinal cord compression by multistrand cables after solid posterior atlantoaxial fusion. Report of three cases. J Neurosurg, 2002, 97(3Suppl): 359-361.
- 6 王人彦,倪斌,宋哲明,等. 颈后路手术治疗类风湿性寰枢椎不稳. 中国骨伤, 2004, 17(3): 145-147.
- 7 Mizutani J, Tsuboucim S, Fukuoka M, et al. Syringomyelia caused by loosening of multistrand cables following C1-2 Brooks-type fusion in the rheumatoid cervical spine. Case report. J Neurosurg, 2002, 97(3 Suppl): 366-368.

(收稿日期:2007-11-28 本文编辑:王玉蔓)

· 经验交流 ·

尺骨鹰嘴粉碎性骨折短缩固定后对肘关节功能影响的临床观察

伊明江

(巴州人民医院骨科,新疆 巴州 841000)

关键词 尺骨骨折; 肘关节; 骨折固定术; 功能恢复

Clinical observation of the elbow joint function after shortening fixation of the comminuted olecranon fractures YI

Ming-jiang. The Peoples Hospital of Ba-State, Ba-State 841000, Xinjiang, China

Key words Ulna fractures; Elbow joint; Fracture fixation; Recovery of function

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2008, 21(8): 572-573 www.zggszz.com

尺骨鹰嘴粉碎性骨折,特别是位于滑车切迹中段的骨折,固定过程中可能会出现尺骨鹰嘴短缩,使鹰嘴变小和尺骨滑车切迹弧度发生改变,导致肘关节脱位影响肘关节的功能。从 2003 年至 2007 年 4 年期间共收治 25 例患者进行了尺骨鹰嘴截骨手术,报告如下。

1 临床资料

本组 25 例中,男 18 例,女 7 例;年龄 20~55 岁,平均 37 岁。其中尺骨鹰嘴粉碎性骨折 10 例,肱骨髁间骨折 15 例。左侧 12 例,右侧 13 例;运动伤 10 例,车祸伤 15 例;患者伤后 7~10 d 内手术。

2 方法

2.1 手术方法 取侧卧位或俯卧位,臂丛神经阻滞麻醉。取肘后正中切口,长 12~15 cm,皮瓣向两侧游离至肱骨内外上

髁,显露肱三头肌内外侧间隔。肘关节上方 10 cm 处保护桡神经,尺神经沟内游离尺神经,橡皮条牵引保护,沿着肱三头肌肌腱的两侧分离,远端至尺骨鹰嘴。切开骨膜,显露骨折端,骨折端嵌入软组织清理后,保护肱三头肌两侧已劈开游离肌瓣的情况下用术前准备好的 Stryker 电锯 1 mm 的薄锯片,在距尺骨鹰嘴尖 25 mm 处,垂直于滑车切迹的纵轴进行截骨,切开关节囊,尺骨鹰嘴的截骨块同肱三头肌肌腱翻转并保护。术中按层次显露骨折端,清理嵌入的软组织,对肱骨髁间骨折患

者鹰嘴截骨后,沿肱骨远端背侧骨表面游离,完成骨折端显露,屈曲肘关节,以内外侧副韧带连接处为轴,将内外髁骨折块向后翻转 90°,观察肱桡及滑车前后关节面损伤情况,首先将髁间骨折复位,固定,恢复关节面平整。再将髁部与髌部复