

自制颈椎翼型钛网的生物力学评价

汪向东¹, 王文军², 王麓山², 朱一平², 刘力乐², 姚女兆²

(1. 衡阳市中心医院脊柱关节外科, 湖南 衡阳 421001; 2. 南华大学附属第一医院脊柱外科中心)

摘要: **目的** 对自行研制的中下颈椎前路内固定装置——新型翼型钛网进行生物力学测试, 评价其生物力学稳定性, 为产品初步临床应用提供理论依据。 **方法** 取25具新鲜青年男性尸体颈椎标本, 制成5种状态脊柱功能单位(FSU)的试验模型: 正常颈椎组、失稳颈椎模型组、髂骨植骨组、钢板+髂骨植骨组和新型翼形钛网组, 每组5具标本。利用脊柱三维运动分析系统依次测定各组在不同运动状态下颈椎节段(C4-6)运动范围(ROM)变化, 进行统计分析, 比较新型翼形钛网组与单纯髂骨组、钢板+髂骨组对失稳颈椎的稳定作用。 **结果** 生物力学测试表明, 新型翼形钛网内固定系统可以对失稳颈椎提供有效的稳定作用, 与失稳颈椎节段的运动范围比较差异有显著性($P < 0.01$), 其抗前屈和抗后伸功能超过正常颈椎($P < 0.05$), 而其抗旋转抗扭曲功能与钢板系统存在一定差距($P < 0.05$)。 **结论** 新型翼形钛网内固定系统具有较好的生物力学稳定性, 可以对中下颈椎前路减压融合提供有效的稳定作用。

关键词: 颈椎; 翼形钛网; 生物力学; 颈前路减压融合; 内固定

中图分类号: R681.5 **文献标识码:** A

Biomechanical Evaluation for a Pterygo-Shape Titanium Mesh Cage

WANG Xiangdong, WANG Wenjun, WANG Lushan, et al

(Department of Spine Surgery, the Central Hospital of Hengyang, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract: **Objective** To study one kind of internal fixation ——new pterygo-shape titanium mesh cage in anterior cervical, evaluate the biomechanical stability, and provide the theory basis for the product further improvement design and the preliminary clinical application. **Methods** Twelve fresh cervical spine specimens (C1-7) from young male cadavers were used to establish normal contrast, destabilizing cervical vertebrae, iliac crest strut graft, the euro plate internal fixation, the new pterygo-shape titanium mesh cage internal fixation. Biomechanical stability analysis were performed by testing cervical vertebrae (C4-6) range of motion (ROM) in sequence. The stabilization of the New Pterygo-Shape Titanium Mesh Cage internal fixation and the euro plate internal fixation was compared for destabilizing cervical vertebrae. **Result** The biological mechanics test indicated, new pterygo-shape titanium mesh cage may provide the effective stabilization to the destabilizing cervical vertebrae, which had the remarkable difference compared with the destabilizing cervical vertebrae stage movement scope ($P < 0.01$). It's anti-anteflexion and anti-postextend function exceeded normal cervical vertebrae ($P < 0.05$). It's anti-revolution and anti-curvature were inferior to the plate ($P < 0.05$). **Conclusion** New pterygo-shape titanium mesh cage has the good biological mechanics stability, which can provide the effective stabilization to the under cervical vertebra anterior decompression fusion. This system operation is simple, and has broad clinical application prospect.

Key words: cervical vertebrae; pterygo-shape titanium mesh cage; biomechanics; anterior decompression fusion; internal fixation

自 Robison (1955 年) 和 Smith (1958 年) 提出采

用颈椎前路减压自体骨植入融合术以来, 该方法目前已广泛应用于治疗颈椎病及颈椎外伤, 极大地促进了颈前路融合技术的发展。但其存在的缺陷也在广泛的临床应用中明显暴露出来, 如供骨区的并发症、内固定失败甚至断裂等^[1-4]。随着内固定器材

的迅速发展以及界面融合技术理论的深入研究,近年来出现了 Cage/SyCage 植骨、钛网植骨,虽不需另取髂骨,但固定的钢板与 Cage 或钛网相互分离,彼此独立,内固定和植骨融合器或植骨块不能成为一体,因而降低了整体的稳定性,且由于钛板的应力遮挡,易导致钛网内骨吸收、假关节形成。为此,本研究根据国人中下颈椎的生理特点,在传统钛网的基础上自制了颈椎前路翼形钛网,现将其生物力学测试结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 颈椎标本来源与制备

采集 25 具新鲜尸体颈椎标本(南方医科大学生物力学实验室提供),均系脑外伤猝死者。截取 C1~C7 部位的颈椎,拍摄颈椎正侧位片,排除颈椎外伤、肿瘤、严重蜕变及其他病理的标本,随后按照标本逐个仔细剔除颈部所附肌肉,保留颈椎主要韧带及后关节突关节等结构的完整性,而后将颈椎置于标准自然位,防止过伸和过屈,尤其避免旋转。用两层塑料袋封装,于-30℃低温冰箱内保存。测试前逐级解冻。

1.2 新型翼形钛网的设计

新型翼形钛网的设计独特,由中间部位圆柱形钛笼及两端伸出的翼状钛板连成一体构成,钛网体部厚 1.5 mm,两终端加粗成 1.8 mm,增加与骨性终板接触面积。其间有竖行的菱状网眼,网眼直径约 3.00 mm。翼状钛板带有自锁钉孔,螺钉为同质钛材,螺纹直径 2.00 mm,长度约 1.2~1.6 mm。新型翼形钛网的制作由山东威高骨科集团生产(图 1)。

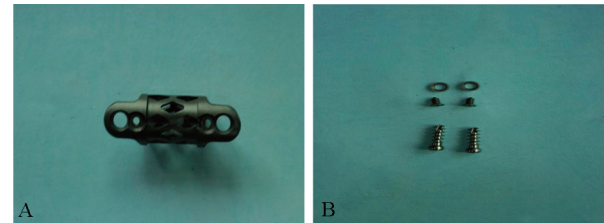


图 1 新型翼形钛网成品 A:产品正面观;B:自锁螺钉

1.3 分组及处理

正常颈椎进行稳定测试后,将标本中的 FSU 切除 C4/5、C5/6 椎间盘并 C5 椎体次全切除,制成失稳模型。25 具新鲜尸体颈椎标本随机分为 5 组。正常颈椎

组:完整脊柱功能单位组(FSU 组);失稳模型组:完整 FSU 组进行三维测试后制成失稳模型;髂骨植骨组:在失稳模型中植入块状髂骨;钢板髂骨组:在失稳模型中植入块状髂骨并予钢板固定;翼形钛网组:在失稳模型中植入新型翼形钛网固定。将待测标本安装于 WD25 电子万能试验机上,用特殊夹具安装固定,上端用钢珠点接能加载,下端固定在试验基台上。电测片连接在 YF214 数字式应变仪上,调整应变数值后,进行预试验和预加载,以便使标本去除松弛、蠕变等时间效应影响,模拟人体颈椎运动状态,改变加载状况,产生前屈、后伸、侧屈及旋转运动,每次加载 30 s 后采集一次数据,重复多次,以确保实测精度。测试过程中间断用生理盐水湿润标本,以保其新鲜状态。

1.4 统计学处理

将所测数据利用 SPSS13.0 软件进行统计分析,所有试验数据均用 $\bar{x} \pm s$ 表示,设置显著性差异水平为 0.05,各组间比较用单向方差分析检验。

2 结 果

从表 1 可知,新型翼形钛网组与正常颈椎组比较,在前屈、后伸两个运动方向上 ROM 值变化有统计学差异($P < 0.05$),在左右侧弯及左右旋转 4 个运动方向上 ROM 值变化差异无显著性($P > 0.05$);新型翼形钛网组与失稳颈椎组比较,各向运动方向上 ROM 值变化均差异有显著性($P < 0.01$),新型翼形钛网组与钢板组比较,在前屈、后伸两个运动方向上 ROM 值变化差异无显著性($P > 0.05$);在左右侧弯及左右旋转 4 个运动方向上 ROM 值差异有显著性($P < 0.05$)。以上提示,钢板或新型翼形钛网植入后能达到正常颈椎稳定性的要求;新型翼形钛网植的抗前屈和抗后伸功能与钢板的强度无异,但在抗旋抗扭的功能上与钢板相比尚有一定差距。

表 1 各种状态下的三维运动范围(度, $n = 5$)

运动方向	正常组	失稳组	髂骨组	钢板组	钛网组
前屈	7.21 ± 0.28	24.04 ± 4.38	10.26 ± 0.81	4.42 ± 0.34	4.54 ± 0.37 ^{ab}
后伸	7.10 ± 0.49	20.01 ± 2.07	18.05 ± 0.98	4.93 ± 0.50	5.09 ± 0.35 ^{ab}
左侧弯	4.69 ± 0.35	14.66 ± 1.46	8.22 ± 0.31	2.70 ± 0.33	3.78 ± 0.33 ^{bc}
右侧弯	5.21 ± 0.36	15.05 ± 2.39	8.58 ± 0.63	2.58 ± 0.35	4.10 ± 0.34 ^{bc}
左旋	5.96 ± 0.73	17.35 ± 0.86	7.08 ± 0.41	4.75 ± 0.29	5.64 ± 0.38 ^{bc}
右旋	6.35 ± 0.37	17.26 ± 1.42	7.54 ± 0.32	4.96 ± 0.52	6.17 ± 0.46 ^{bc}

与正常组比较,a; $P < 0.05$;与失稳组比较,b; $P < 0.01$;与钢板组比较,c; $P < 0.05$

3 讨 论

颈椎前路手术采用自体髂骨块融合仍是目前临床上首选的手术方法,但由于术后植骨块松动和椎间高度塌陷等并发症比较常见,易导致融合延长或假关节形式。近年来随着钢板系统的不断改进,其在颈椎前路重建手术中起了重要的作用,但是由于它的强度和刚度太高,常常带来负面影响,使邻近节段产生额外应力,关节突处于高应力状态,导致邻近节段蜕变^[5]。且取髂骨植骨所带来的并发症至今仍困扰着脊柱外科医生。

Wolff 定律说明新骨的形成取决于对承受应力的反应。骨折愈合需适当的生物力学环境或最佳应力水平,即固定后的骨折断端有适宜应力刺激,能促进对骨折愈合起决定作用的成骨细胞、成软骨细胞、和成纤维细胞增殖分化。过于坚强的内固定会引起应力遮挡,不足以引起弹性变形,组织分化难以产生,导致骨质吸收和融合失败。同时较高的应力会使与内固定物接触的骨质界面“腐蚀”,骨质吸收,内固定松动;相反固定过松以及由于椎间盘和韧带的粘弹性使脊柱内固定静态应力要比其他部位下降得多而导致松动。应力过大,超过组织承受能力,会损伤形成骨痂,使骨组织坏死吸收,导致骨萎缩、骨不连接。因此,只有当骨断端应力水平与愈合区组织刚度相互平衡协调时,组织才能良好分化和愈合。新型翼形钛网内固定是一种操作简便、弹性固定的方法,其既能有效承载必要的负荷达到颈椎固定局部的应力平衡,又能较好避免应力遮挡的影响。从生物力学性能分析,它具有椎间融合器的“撑开—压缩”力学性能,且具有类似于骨折张力带的原理,具有良好的韧性和一定的弹性,能恢复颈椎伸屈的平衡功能,在颈椎伸展活动时颈椎前缘承受张应力,由于翼形钛板的对抗牵拉使张应力得以平衡,而在颈椎屈曲活动时,两端翼形钛板存在微小弹性变形,应力集中相对较少,而钛笼充分承受应力刺激,避免了应力遮挡效用,既能保证植骨融合,亦能延缓两端钛钉的疲劳。新型翼形钛网结构生物力学合理,与即刻坚强内固定钢板相比较,具有弹性固定的特点,使钛笼与上、下颈椎体间的生理应力不受影响。此

外两端的钛板还有防止钛笼移位、下陷的作用。

颈椎的稳定性系指在生理载荷下脊柱保持正常位置关系,脊髓、神经根等不受刺激和损伤,也不致因结构改变出现功能障碍性疼痛或畸形^[6]。近年来,在对颈椎生物力学的临床研究发现:颈椎病的治疗首先要考虑的是颈椎稳定性的维持^[7],只要内固定系统稳定性能可达到正常颈椎稳定性要求即可。从本实验结果也可看出,虽然新型翼形钛网植入后颈椎的运动范围在某些方面与钢板存在一定差别,但其仍然能满足正常颈椎的稳定性要求。

本研究设计的自制颈椎融合器,强刚度适中,加上中间大量充填松质骨,融合率高,颈椎稳定性好,从长期效应来看比前路钢板及椎间融合器优越,同时比自身或异体髂骨块融合强刚度好,此类新型椎间融合器比较适合临床,本研究结果也证明了新型翼形钛网具有良好的生物力学特征,值得考虑其临床应用。

参考文献:

- [1] Matz PG, Ryken TC, Grof MW, et al. Techniques for anterior cervical decompression for radiculopathy [J]. J Neurosurg Spine, 2009, 11(2):183-197.
- [2] 毕大卫, 郑琦, 费骏, 等. 颈椎前路椎体间不同融合固定手术的疗效分析 [J]. 中国骨伤, 2007, 20(1): 50-51.
- [3] Duan Y, Zhang H, Min SX, et al. Posterior cervical fixation following laminectomy: a stress analysis of three techniques [J]. Eur Spine J, 2011, 20(9):1552-1559.
- [4] Kwon BK, Vaccaro AR, Grauer JN, et al. The use of rigid internal fixation in the surgical management of cervical-spondylosis [J]. Neurosurgery, 2007, 60 (Suppl): 118-129.
- [5] Vaccaro AR, Cirello J. Allograft bone and cages in fractures of the cervical, thoracic, and lumbar spine [J]. Clin Orthop, 2002, 394:1926-1928.
- [6] 赵定麟. 现代颈椎病学 [M]. 北京:人民军医出版社, 2001:189-240.
- [7] 王良意, 陈德玉, 郭永飞, 等. 颈前路可调式融合固定器的研制及生物力学测试 [J]. 中国矫形外科杂志, 2004, 12(11):854-857.

(此文编辑:朱雯霞)