

基础研究

小牛颈椎椎体次全切除应用不同内置物
重建后的极限力学测试

王良意, 陈德玉, 王新伟, 郭永飞, 徐建伟, 王以进

(第二军医大学附属长征医院骨科 200003 上海市)

【摘要】目的:测试小牛颈椎椎体次全切除不同内置物重建后标本的极限力学性能。**方法:**32 具小牛颈椎标本随机分成颈前路可调式融合固定器组(AC-AFF)、钢板髂骨组(AI)、钢板钛网组(AT)及对照组(未行手术组), 测量每组标本的最大载荷和最大位移。**结果:**正常小牛颈椎标本的极限载荷最高为(1182±12.24)N, AI 组的承载能力最差为(973±9.02)N; AC-AFF 组极限载荷为(1060±11.40)N, 高于 AT 组与 AI 组($P<0.01$)。4 组间的极限位移间无显著性差异($P>0.05$)**结论:**AC-AFF 对抗破坏载荷的能力强于前路钢板。

【关键词】颈椎; 脊柱融合术; 内固定; 生物力学

中图分类号: R318.01 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2005)-02-0106-03

The utmost load and displacement of different implants in bovine cervical spinal subcorpectomy model/WANG Liangyi, CHEN Deyu, WANG Xinwei, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2005, 15(2): 106~108

【Abstract】Objective: To investigate the utmost load and displacement of different implants in bovine cervical spinal subcorpectomy model. **Method:** Thirty-two bovine cervical spine specimens were randomly divided into four groups, which were anterior cervical-adjustable fusion fixator(AC-AFF group), iliac graft(AI group), titanium mesh(AT group) with supplemented anterior cervical plate and control group. The utmost load and displacement of axial compression were tested respectively. **Result:** The utmost load and displacement of the control group was the highest while the iliac group was the lowest. Meanwhile, the utmost load and displacement of the AC-AFF group was higher than that of the AI group and AT group. **Conclusion:** The ability of anti-destruction of the AC-AFF is better than that of the anterior cervical plate fixation.

【Key words】 Cervical vertebrae; Spinal fusion; Internal fixator; Biomechanics

【Author's address】 Department of Orthopaedic, Changzheng Hospital, the Second Military Medical University, Shanghai, 200003, China

Robinson(1955 年)和 Smith(1958 年)提出采用前路减压自体骨植入融合手术, 1961 年 Cloward^[1]应用此术式治疗颈椎外伤。目前, 经颈前路减压自体骨植骨融合术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^[2-4]。近年出现的钛网植骨, 虽然不需另取髂骨, 但所固定的钢板与钛网相互分离、彼此独立,

内固定和植骨块不能成为一体, 因而降低了整体的稳定性。为此, 我们自行设计并研制了颈前路可调式融合固定器(anterior cervical-adjustable fusion fixator, AC-AFF), 并进行相关生物力学测试, 以探讨其应用于颈前路融合固定的可行性。

1 材料与方法

1.1 AC-AFF 的结构

AC-AFF 采用医用钛合金材料(TC4, Ti-6Al-4V)制成, 由内、外主件构成(图 1、2), 是根据国人的颈椎解剖特点而设计, 外观类似连成一体钢板和融合器。内外主件均由一个圆柱体与钢板连成一体, 周壁有三个长条状孔隙, 可作为植骨填充

基金项目: 上海市科学技术委员会资助项目(024419126)

第一作者简介: 男(1968-), 主治医师, 医学硕士, 研究方向: 脊柱外科及创伤

电话: (021)63610109-73838 E-mail: wly1968@etang.com



图 1 颈前路可调式融合固定器正侧面观 图 2 颈前路可调式融合固定器部件

的入口,其中侧方的长条状孔隙及融合器的上下两个面为骨愈合的通道。内、外圆柱体上有反向螺纹(螺距 1.6mm)与弹簧片配合使用可将融合固定器延长及缩短,以此适应不同的椎节高度。在外圆柱体上有 6 个固定螺孔,内圆柱体上有 7 个固定螺孔,能确保融合器在不同撑开高度时内外圆柱体至少有一个固定螺孔相对应,固定螺钉拧入并旋紧后可对抗旋转并可将融合器固定在所需要的高度。

1.2 生物力学测试方法

1.2.1 标本的制备 采集出生 3 个月内宰杀的小牛颈椎标本 32 具,剔除肌肉等软组织,保留其韧带完整性,不损伤其骨结构,并通过摄片排除骨性结构异常。截取 5 个脊柱单元(包括 5 个椎体及 4 个椎间盘)为一个试件, -20℃ 冰箱内保存,试验前逐级解冻。试验前 24h,在每具标本上下浇灌骨水泥平台,平行度 $<1^\circ$ 。

1.2.2 实验分组及力学模型的建立 将 32 具原始标本随机分为颈前路可调式融合固定器组(AC-AFF)、AO 钢板髂骨植入组(AI)、AO 钢板钛网组(AT)及对照组(CG)四组,每组 8 具标本。对照组不行任何手术,其余 3 组行 C5 椎体次全切除,去除 C4/5 及 C5/6 椎间盘组织,用 Caspar 颈椎撑开器撑开椎间隙高度,随后分别进行手术。(1) AC-AFF 组:将所切除的碎骨块修整后填于融合固定器内,置入骨槽中并固定;(2) AI 组:取小牛髂骨修剪嵌入骨槽并行 AO 钢板固定;(3) AT 组:将所切除的碎骨块修整后填于钛网并置入骨槽中,行 AO 钢板固定。

1.2.3 测试方法 由于标本系新鲜颈椎骨性结构及椎间盘软组织结构,其热传导性能很差,故选用应变片时,尽量使其电阻值一致($R=120\pm 1.3\Omega$, $K=$

2.1, 标距 $2.0\text{mm}\times 2.0\text{mm}$), 并具有良好的电阻湿度特性及零漂、绝缘电阻、横向效应、疲劳寿命、机械滞后和蠕变性能。应变片粘贴部位分别在完整标本的 C5 椎体的前方,融合固定器前部、AO 钢板前部。以万能力学试验机逐级加载,直至标本破坏,分别测量其极限载荷和位移,测量过程中用生理盐水保持标本湿润。

1.3 数据处理

对各组标本的极限载荷和极限位移计算相关参数并进行 t 检验。

2 结果

见表 1。与 3 组试验组相比,对照组标本的极限载荷最高 ($P<0.01$), AC-AFF 组的极限截荷高于 AI 与 AT 组 ($P<0.01$), AI 组的承载能力最差,仅为对照组的 82% ($P<0.01$), AT 组的极限载荷为对照组的 83% ($P<0.01$), 与 AI 组接近 ($P>0.05$)。4 组间极限位移无统计学差异 ($P>0.05$)。

表 1 4 组颈椎极限力学测试结果 ($\bar{x}\pm s$, $n=8$)

组别	最大载荷(N)	最大位移(mm)
CG	1182 $\pm$ 12.24	15.24 $\pm$ 1.44
AC-AFF	1060 $\pm$ 11.40 ^①	14.42 $\pm$ 1.02
AI	973 $\pm$ 9.02 ^{①②}	12.34 $\pm$ 0.82
AT	986 $\pm$ 8.64 ^{①②}	13.41 $\pm$ 0.94

注:①与 CG 组比较 $P<0.01$, ②与 AC-AFF 组比较 $P<0.01$

3 讨论

颈椎前路减压的手术方式有多种,椎体次全切除减压植骨内固定是目前临床上常用的方法之一,减压后的重建通常采用自体髂骨植骨或钛网植骨等方法。经长期的临床应用,在取得满意效果的同时仍存在一些缺点,如植骨塌陷和供骨区的并发症等^[3-5]。钛网植骨加前路钢板固定方法,虽然不需取髂骨,但所固定的钢板与钛网相互分离、彼此独立,内固定和植骨块不能成为一体,因而降低了整体的稳定性,且修剪的钛网其一侧为锐利的线状接触面容易造成植骨钛网的塌陷^[5]。近年来出现的一种钢板与 cage 的联合装置(PCB),是一种椎间融合器与钢板连成一体的结构^[6,7],虽然具有整体的稳定性,但仅适合于单椎间隙的植骨固定,且需取髂骨植骨。为此,我们设计了颈前路可调式融合固定器,旨在对颈前路的内置物作进一步的改进。

在脊柱生物力学的实验中,以稳定性实验最为常用,但对于内固定失败问题则需借助于破坏实验,因其可了解置入物与复合体的破坏载荷、破坏强度及破坏时的状态,对预防内固定的断裂具有重要意义。从 AC-AFF 与钢板髂骨置入及钢板钛网置入的稳定性及强度试验的结果已经表明^[8],AC-AFF 优于钢板髂骨置入及钢板钛网置入。本研究从极限力学性能方面进行测试,结果表明,颈前路可调式融合固定器的极限载荷明显高于钢板髂骨置入或钢板钛网置入。这可能是由于该融合固定器的以下特点所决定的。

(1)钢板、螺钉、椎体、融合器连成一体,可使融合节段被牢固连接成一个整体,提高了内固定的整体稳定性,减少了融合器内植骨块与上、下椎体终板接触面的活动。

(2)融合器与上下终板为面接触式,使椎体终板表面压力负荷明显下降。目前临床上常用的钛网是以点接触方式与上下终板接触,未经裁剪的钛网有一面为光滑结构,有 6 个比较完整的接触点,而经修剪的一面大多数情况为 12 个锐利的接触点,当切割点正好在钛网交汇处时则为 6 个锐利的接触点。由于颈椎椎体终板并非平面,而是具有一定的倾斜角度^[9],致使终板与钛网的接触进一步减少。因此,经钛网植骨后的椎体终板表面压力负荷明显增高,使钛网的切割面发生下沉。而 AC-AFF 融合器部分的下方为圆形、上方为椭圆形,可使 AC-AFF 与上下椎体终板以圆形或椭圆形面接触,实现了融合器与椎体终板接触面最大化,由此提供了内固定最大的稳定性。

(3)牢固的调节锁定原理。AC-AFF 内、外主件内腔之间设计成反向螺纹,与弹簧片配合使用可将融合固定器延长及缩短,使融合器锁定在所需要的高度。固定螺钉拧入并旋紧后可对抗旋转。

(4)选取具有足够力学强度的 TC4 钛合金为材料。TC4 钛合金的强度达到不锈钢的 90%^[10],其刚度也能保证置入后不易变形,将 AC-AFF 撑开后可使椎间高度恢复并使减压节段获得良好的支撑。

此外,减压时从椎体取出的松质骨已足够充填 AC-AFF 的融合器内腔,不需要再取髂骨,消除了供骨区并发症。AO 颈椎前路带锁钢板

(CSLP)及 Orion 钢板在术中安放时常出现钢板滑移,需反复调整,而 AC-AFF 的融合器与钢板连成一体,因而不会出现钢板滑移,也不会出现融合器向椎管内滑移,操作更简便、安全。该融合固定器的融合器部分为直径 12mm 的圆柱状,而正常人颈椎矢状径为 15.66~16.28mm,因而将其置入后不会压迫后方的脊髓。本实验结果还显示,不管是颈前路可调式融合固定器还是颈椎前路钢板,其极限载荷和极限位移均小于原始标本,说明任何内固定都不能替代人体骨骼本身的力学性能^[11]。

4 参考文献

1. Cloward RB. The anterior surgical approach to the cervical spine:the cloward procedure:past,present and future[J].Spine, 1988,13(7):823-827.
2. Thalgot JS, Fritts K, Giuffre JM.Anterior interbody fusion of the cervical spine with coralline hydroxyapatite[J].Spine, 1999, 24(12):1295-1299.
3. Kurz LT, Garfin SR, Booth RE. Harvesting autogenous iliac bone graft:a review of complications and techniques[J].Spine, 1989,14(13):1324-1331.
4. Bose B.Anterior cervical fusion using caspar plating:analysis of results and review of the literature[J].Surg Neurol,1998,49(1): 25-31.
5. 徐建伟,贾连顺,陈德玉,等.颈椎前路椎体次全切除钛网植骨早期塌陷的探讨[J].中国矫形外科杂志,2002,10(13):1267-1269.
6. Samandouras G,Shafafy M,Hamlyn PJ.A new anterior cervical instrumentation system combining an intradiscal Cage with an integrated plate.An early technical report [J].Spine,2001,26 (10):1188-1192.
7. 马远征,隰建成,李宏伟,等.一体化钢板前路系统在颈椎前路手术中的应用[J].骨与关节损伤杂志,2002,17(1):17-19.
8. 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.
9. 郭永飞,陈德玉,王良意,等.颈椎终板倾斜角的影像学测量[J].中国临床康复,2003,7(14):2006-2007.
10. 袁文,贾连顺,John ST.钛质网笼植骨及带锁钢板在颈椎前路手术中的应用[J].上海医学,1999,22(3):140-142
11. 王新伟,赵定麟,陈德玉,等.牛胸腰椎椎体切除后不同内置物的极限力学性能测试 [J]. 中国矫形外科杂志,2002,10(13): 1322-1323.

(收稿日期:2004-05-08 修回日期:2004-07-19)

(英文编审 王忠植)

(本文编辑 彭向峰)