

不同形状钛网植入后植骨界面的生物力学性能

蔡力, 贺仕雄, 姚国荣, 韩毅, 吴大鹏, 田宏宇

Biomechanical properties of bone interface following different-shaped titanium mesh implantation

Cai Li, He Shi-xiong, Yao Guo-rong, Han Yi, Wu Da-peng, Tian Hong-yu

Guangyuan Second
People's Hospital,
Guangyuan 628017,
Sichuan Province,
China

Cai Li, Attending
physician,
Guangyuan Second
People's Hospital,
Guangyuan 628017,
Sichuan Province,
China
1033937337@
qq.com

Received: 2010-06-10
Accepted: 2010-07-27

Abstract

BACKGROUND: Titanium mesh as a new kind of bone graft implants has been commonly used in spinal surgery because the advantages of good instant stability, maintenance of cervical curvature, surgical angle of the intervertebral segment, prevention of donor area complications, and high fusion rate. However, there has no consensus or a standard for trimming in titanium mesh surgery.

OBJECTIVE: To investigate effect of individualized design titanium mesh on the recovery of cervical curvature and to test the biomechanical properties of bone interface after Trapezoidal titanium mesh implant.

METHODS: A total of 16 cervical specimens with no difference in bone mineral density underwent C5 corpectomy, and 8 specimens were randomly selected as straight-shaped titanium mesh group, the others as trapezoidal titanium mesh group. The mesh was trimmed and implanted. Cervical curvature, intervertebral angle, disc height, the maximum load (N) of narrowing the operation intervertebral height 1 mm, and stiffness were measured.

RESULTS AND CONCLUSION: Cervical lordosis angle in straight-shaped titanium mesh group and trapezoidal titanium mesh group was significantly greater than the blank control group ($P < 0.05$, $P < 0.01$), especially the trapezoidal titanium mesh group was greater. Intervertebral height of trapezoidal titanium mesh group and common titanium mesh group was increased 3.71 mm and 3.25 mm compared with the blank control group ($P < 0.01$), but no difference was observed between trapezoidal titanium mesh group and common titanium mesh group ($P > 0.05$). The maximum load and stiffness to narrow the gap of surgery 1 mm of trapezoidal titanium mesh group were significantly greater than common titanium mesh group (all $P < 0.05$). Results showed that individualized titanium mesh can simulate the normal disc shape, and under certain interbody distraction, it can effectively restore the physiological curvature of cervical spine and angle of the surgical intervertebral segment. It adapts for the high-low morphological characteristics of intervertebral space, and exhibits biomechanical properties.

Cai L, He SX, Yao GR, Han Y, Wu DP, Tian HY. Biomechanical properties of bone interface following different-shaped titanium mesh implantation. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(48): 8980-8983. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 在颈椎前路椎体次全切除手术中, 钛质外科网结合自体椎体碎骨植入以其较高的融合率, 良好的即刻稳定性、维持椎间高度、维持颈椎曲度、避免供区并发症而被广泛应用。但是关于钛质外科网术中的修剪一直没有一个统一的标准或者没有达到一个共识。

目的: 通过观察个体化设计钛网对颈椎曲度恢复的影响, 测试个体化设计钛网植入后植骨界面的生物力学性能。

方法: 将骨密度无差异的 16 具人颈椎标本以两侧颈长肌内侧缘为标志, 行 C₅ 单椎体次全切, 随机选择 8 具作为直形钛网组, 将钛网常规修剪成直形植入开口槽中; 另 8 具作为梯形钛网组, 将钛网修剪成一定斜度, 模拟正常椎间隙前高后低的形状植入开口槽中。将术前拍摄的颈椎侧位 X 射线片作为空白对照组。测量各组颈椎弧度、椎间角度、椎间高度、手术间隙缩窄 1 mm 的最大载荷及刚度。

结果与结论: 梯形钛网组、直形钛网组颈椎前凸角度、手术节段椎间角度均高于空白对照组 ($P < 0.05$, $P < 0.01$), 梯形钛网组效果更加明显; 梯形钛网组与普通钛网组手术节段椎间高度较空白对照组分别增加了 3.71 mm 和 3.25 mm ($P < 0.01$), 梯形钛网组与普通钛网组之间差异无显著性意义 ($P > 0.05$)。梯形钛网组手术间隙缩窄 1 mm 的最大载荷及刚度均高于普通钛网组 ($P < 0.05$)。说明个体化设计的钛网可以模拟正常椎间盘前高后低的形状, 在一定的椎间撑开的环境下, 可以有效恢复颈椎生理弧度和手术节段椎间角度, 不但更适配椎间隙前高后低的形态特征, 还具备良好的生物力学性能。

关键词: 个体化设计; 钛网; 颈椎; 医学植入物; 生物力学; 植骨

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.48.013

广元市第二人民医院, 四川省广元市 628017

蔡力, 男, 1976 年生, 山东省菏泽市人, 汉族, 2001 年四川省泸州医学院毕业, 主治医师, 主要从事骨科研究。
1033937337@
qq.com

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225
(2010)48-08980-04

收稿日期: 2010-06-10
修回日期: 2010-07-27
(20100517004/GW·A)

0 引言

钛网是近年来国内外应用于脊柱尤其是颈椎疾患的一种常用新型植骨支撑物, 具有卓越的材料和机械性能, 系统内在稳定性强, 可内填骨质, 易发生骨性愈合, 而且适用范围广泛,

可与各种内固定器械配合使用, 是一项有前途的脊柱重建技术。钛质外科网最早应用于颌面外科及髋关节置换中, 主要用于支持或弥补骨质缺损, 其形状为多孔板状结构。Jürgen Harms 和 Lutz Biedermann 于 1986 年将钛网引入脊柱外科, 主要用于椎间支撑, 应用于脊柱外科的钛质外科网呈中空椭圆筒状, 有多种直径可供

选择, 其侧壁上有菱形的制孔。为适应不同的情况, 后来又增加了内环、连接螺丝及多孔状的底板以强化重建体, 使之能承受脊柱轴向负荷。屈伸运动时大部分轴向载荷通过椎体传导, 因此必须抵抗2 000~5 000 N 的最大负荷, 具体由其所处的脊柱位置而定, 腰椎载荷最大, 颈椎最小; 持续性载荷颈椎为1 000 N, 腰椎为3 000 N。

Offenburg大学力学研究所实验室进行了4种不同规格钛网样本的静态峰值载荷测试及超过1 000 000圈的旋转耐力测试, 结果证实了钛网卓越的材料和生物力学性能。颈前路术中应用钛质外科网最主要的优点是避免供区并发症, 它能提供颈椎前柱即刻的负荷稳定性, 只需少量的自体松质骨充填网笼以达到融合。对于单节段颈前路椎间盘切除融合, 只需在髂骨外板处以一英寸长的切口开一小窗就可获取足够骨量, 而不需破坏髂骨骨床, 如有必要髂骨供骨区可以异体骨或珊瑚骨重建。在椎体次全切除重建中, 切下来的自体松质骨足以满足网笼的充填, 如有必要也可取自体髂骨或人工骨补充不足的骨量。

颈椎前路应用钛质外科网植骨融合率介于自体骨与异体骨之间。与其他椎间融合器不同的是, 钛网具有刚性结构, 在适当的植入后具有较大的表面积提供松质骨长入融合。通常松质骨比皮质骨具有更佳的生长融合能力, 所以可以推想钛质外科网比其他的骨干性植入物(含有较多的皮质骨)更容易达到骨融合。另外钛网较骨干性植入物有更大的空间来填充松质骨。钛网各个表面都能植入松质骨, 骨融合后在各个表面都能形成牢固的骨性融合。目前钛网应用中存在怎样才能更好地改善颈椎前凸弧度, 更好地防止植入物下沉的问题^[1-2], 本实验通过观察个体化设计钛网对颈椎曲度恢复的影响, 测试个体化设计钛网植入后植骨界面的生物力学性能, 以研究个体化设计钛网在颈椎前路单椎体次全切中的应用。

1 材料和方法

设计: 对比观察生物力学实验。

时间及地点: 于2009-06/10在泸医生物力学实验室完成。

材料:

实验标本: 解剖教研室提供的经体积分数10%甲醛防腐保湿的16具成年男性尸体标本, 外观无畸形、破损, X射线检查无病理性改变且生理弧度良好。将寰椎至第7颈椎体下缘处截下。标本获取已经获得供者或其家属知情同意。

实验方法:

分组干预: 将16具人体新鲜颈椎标本术前拍摄的颈椎侧位X射线片作为空白对照组。然后随机分为两组: 采用两侧颈长肌内侧缘为标志, 均行C₅单椎体次全切, 8具作为直形钛网组, 将钛网常规剪成直形植入开口槽

中; 另8例作为梯形钛网组, 将钛网修剪成一定斜度, 模拟正常椎间隙前高后低的形状, 植入开口槽中。标本上下两端用牙科骨水泥包埋, 保持标本的中立位及包埋物上下表面的平行以保证加载负荷的力线和加载负荷的均匀性。各组均拍摄颈椎侧位X射线片, 并在生物力学测试机测量直形钛网组与梯形钛网组。见图1, 2。



影像学检查: 在颈椎侧位片上测量各组颈椎弧度、椎间角度、椎间高度。颈椎弧度即C₂和C₇椎体下缘平行线的垂直线的交角(Cobb角); 手术节段椎间角度即手术融合节段上位椎体上缘平行线和下位椎体下缘平行线的垂直线的交角; 手术节段椎间高度即手术节段上位椎体上缘中点与下位椎体下缘中点的连线, 该连线的长度反映拟切除椎体的高度及相应椎间盘高度的总和。

生物力学实验: 在WDW-100D微机控制电子式万能实验机的加载系统上测量直形与梯形钛网组手术间隙缩窄1 mm的最大载荷(N)和刚度(N/mm)。

主要观察指标: 各组手术间隙缩窄1mm的最大载荷(N)和刚度(N/mm)。

设计、实施、评估者: 实验设计由泸州医学院脊柱外科完成, 实施和评估由泸医生物力学实验室完成。

统计学分析: 由第一作者采用SPSS12.0统计软件包对数据进行计量资料t 检验分析, 确定P < 0.05为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 放射学测量结果 梯形钛网组颈椎前凸角度、手术节段椎间角度较直形钛网组和空白对照组显著改善($P < 0.01$), 直形钛网组与空白对照组比较差异有显著性意义($P < 0.05$); 梯形钛网组、直形钛网组手术节段椎间高度较空白对照组分别增加了 3.71 mm 和 3.25 mm (P 均 < 0.01), 而梯形钛网组、直形钛网组之间差异无显著性意义($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 各组颈椎弧度、椎间角度、椎间高度的测量结果
Table 1 Cobb angle of cervical spine, the angle of the fused segment, and the height of the fused segment in three groups ($\bar{x} \pm s$)

Group	Cervical curvature (°)	Intervertebral angle (°)	Disc height (mm)
Control	20.51±0.96	9.28±0.88	22.53±1.19
Straight-shaped titanium mesh	23.22±1.10 ^a	13.02±1.87 ^a	25.74±0.86 ^b
Trapezoidal titanium mesh	36.63±1.84 ^{cd}	24.46±1.67 ^{cd}	26.20±0.91 ^c

^a $P < 0.05$, ^b $P < 0.01$, vs. control group; ^c $P < 0.01$, vs. control group; ^d $P < 0.05$, vs. straight-shaped titanium mesh group

2.2 生物力学测量结果 梯形钛网组与直形钛网组手术间隙缩窄 1 mm 的最大载荷及刚度比较差异有显著性意义(P 均 < 0.05)。见表 2。

表 2 各组手术间隙缩窄 1 mm 的最大载荷和刚度
Table 2 Maximum load and stiffness of the fused segment within 1 mm contraction in two groups ($\bar{x} \pm s$)

Group	Maximum load (N)	Stiffness (N/mm)
Straight-shaped titanium mesh	342.68±59.77	351.37±54.56
Trapezoidal titanium mesh	468.43±32.42	491.93±22.92
P	< 0.05	< 0.05

3 讨论

自从 Smith-Robinson 于 1955 年和 Cloward 于 1958 年分别报道了颈椎前路减压椎体融合以来, 前路减压植骨融合得到了世界性的广泛应用。由于该治疗效确切, 入路解剖层次清晰, 手术操作较为简便安全, 目前在颈椎创伤性及退变性病变中应用最为广泛。颈椎间盘前缘高度约为后缘的两三倍, 颈椎生理弧度的形成和维持主要依靠椎间盘的前高后低这一特性。正常生理前凸弧度增大了颈椎的弹性, 在参与维持人体的重心和减轻震荡方面有重要意义。

维持颈椎生理弧度的因素包括: 动态因素, 颈部肌肉(功

能性弧度改变); 静态因素, 颈椎骨、关节、韧带及椎间盘等(结构性弧度改变)。颈椎退行性疾病中, 功能性和结构性弧度改变均起作用, 但后者的作用更主要^[3-5]。颈椎病早期生物力学平衡破坏较早的表现是生理弧度的改变。由于椎间盘退行性变、椎体后缘骨赘形成, 大多存在椎间隙狭窄、椎间孔变小, 颈椎生理曲度消失甚至反屈等病理改变。为了减轻神经根刺激而不自觉地维持代偿屈曲位以增加椎间孔的高度。颈椎屈曲, 下关节突相对于下一椎体的上关节突发生前移, 使关节囊紧张, 加之前屈时增加了关节的张力, 长此以往将会导致关节的退行性变, 使局部活动度下降, 同样会加重颈椎弧度的改变^[6]。颈椎外科手术原则包括直接、彻底地去除颈脊髓致压物, 恢复正常的脊髓形态和有效的椎管容量; 恢复颈椎正常排列以及重建颈椎的生理弧度和病变节段的椎间高度; 充分有效的植骨及植骨后的即刻稳定作用; 获得牢固的骨性融合; 尽可能地短节段固定以最大限度地保留颈椎功能单位(FSU)的作用。

重建颈椎生理弧度的意义在于: 颈椎后凸成角的增加使得脊髓内张力也相应增加, 脊柱后凸节段的脊髓因受到来自前方的压迫可导致功能障碍, 继之发生的血管收缩也会引起髓内缺血而加重脊髓功能障碍。若术后出现后凸畸形则导致静力和动态应力集中在后方小关节和椎旁肌上, 术后颈部疼痛将会很明显。若手术能恢复其正常序列和生理前凸, 术后疼痛明显减轻^[7-12]。术后颈椎生理弧度能不能得到恢复, 维持颈椎生理弧度所依赖的多种因素, 如颈周肌群的协调、未手术部位韧带和椎间盘的弹性、椎骨的形状等将发生变化, 使平衡失调, 稳定性发生改变, 从而可能加速未手术节段, 特别是邻近节段的退变。恢复颈椎生理弧度对维持颈椎的远期稳定性及恢复颈椎本身的生物力学环境有重要意义, 生理弧度的维持或重建对防止邻近节段乃至整个颈椎的进一步退变有积极作用^[9]。钛质外科网是近年来国内外应用于脊柱外科的一种新型植骨支撑物。特别是在颈椎前路椎体次全切除手术中, 钛质外科网结合自体椎体碎骨植入以其较高的融合率, 良好的即刻稳定性、维持椎间高度、维持颈椎曲度、避免供区并发症而受到青睐^[9-20]。但是关于钛质外科网术中的修剪一直没有一个统一的标准或者没有达到一个共识, 对其进行研究具有重要意义。为了更好的解决颈前路椎体次全切除减压融合减压节段间弧度变直问题, 本实验采用成人颈椎标本, 将钛网修剪成一定斜度, 模拟正常椎间隙前高后低的形状, 通过放射学测量比较其与直形钛网在颈椎前路椎体次全切手术中对颈椎曲度恢复的影响; 通过生物力学测试机检测两种钛网植入后植骨界面的刚度以比较其生物力学性能。经过测试证明, 能明显改善减压节段间弧度及颈椎整体弧度。梯形钛质外科网组手术节段间隙缩窄 1 mm 的最大载荷及刚度与直形钛网组比较, 均显著改善, 梯形钛质外科网具备良好的生物力学性能。由此推断, 改良的钛

网修剪方法模拟正常椎间盘前高后低的形状,在一定的椎间撑开的前提下,可以有效恢复颈椎生理弧度和手术节段椎间角度。而且从理论上梯形钛网提供了更大的植骨面积,可以更好得促进手术节段的骨性融合,其前高后低的形态特点决定其向后移动或脱出压迫后方脊髓的可能性大为减少。

4 参考文献

- [1] SMITH GW, ROBINSON RA. The treatment of certain cervical-spine disorders by anterior removal of the intervertebral disc and interbody fusion. J Bone Joint Surg Am.1958;40-A(3): 607-624.
- [2] Cook SD, Dalton JE, Tan EH, et al. In vivo evaluation of anterior cervical fusions with hydroxylapatite graft material. Spine (Phila Pa 1976). 1994;19(16):1856-1866.
- [3] Banwart JC, Asher MA, Hassanein RS. Iliac crest bone graft harvest donor site morbidity: A statistical evaluation. Spine (Phila Pa 1976).1995;20(9):1055.
- [4] Wang CL, Dong HB, Wang M, et al. Xiandai Yiyong Yingxiangxue. 2000;9(5):201-204.
王成林,董汉彬,王敏,等.颈椎侧位平片对生理曲度异常分型及早期颈椎病诊断价值研究[J].现代医学影像学,2000,9(5):201-204.
- [5] Breig A. Adverse mechanical tension in the central nervous system: an analysis of cause and effect of relief by functional neurosurgery. New York: John Wiley Publishers, 1978:3840.
- [6] Naderi S, Ozgen S, Pamir MN, et al. Cervical spondylotic myelopathy: surgical results and factors affecting prognosis. Neurosurgery.1998;43(1):4350.
- [7] Goto S, Kita T. Longterm followup evaluation of surgery for ossification of the posterior longitudinal ligament. Spine (Phila Pa 1976).1995;20(20):2247-2256.
- [8] Goto S, Mochizuki M, Kita T, et al. Anterior surgery in four consecutive technical phases cervical spondylotic myelopathy. Spine (Phila Pa 1976).1993;18(14):1968-1973.
- [9] Das K, Couldwell WT, Sava G, et al. Use of cylindrical titanium mesh and locking plates in anterior cervical fusion. J Neurosurg.2001; 94(1Suppl):174-178.
- [10] Jia LS, Yuan W, Shandong Keji Chubanshe. 2005:94.
贾连顺,袁文.颈椎外科手术图谱[M].山东:山东科技出版社,2005:94.
- [11] Yuan W, Jia LS, Xiao JR, et al. Zhongguo Jiaoxing Waik Zazhi. 2001;8(8):740-742.
袁文,贾连顺,肖建如,等.脊髓型颈椎病前路减压内固定价值[J].中国矫形外科杂志,2001,8(8):740-742.
- [12] Zhang Q. Zhonghua Yixue Xinxu Daobao. 2006;21(21):20.
张强.颈椎病治疗新进展[J].中华医学信息导报,2006,21(21):20.
- [13] Han XB, Li YM, Wang T, et al. Zhongguo Guzhongliu Gubing. 2006; 5(4):193.
韩晓斌,李玉民,汪韬,等.钛网笼、钢板在颈椎椎体次全切除和椎体融合术中的应用[J].中国骨肿瘤骨病,2006,5(4):193.

- [14] Lü GH, Wang B, Ma ZM, et al. Yixue Linchuang Yanjiu. 2002;19(7): 92-97.
吕国华,王冰,马泽民,等.钛网在颈椎前路重建中的应用[J].医学临床研究,2002,19(7):92-97.
- [15] Liang DS, Ni B. Zhongguo Jiaoxing Waik Zazhi. 2006;14(5): 384-386.
梁定顺,倪斌.颈椎椎间融合器的临床应用进展[J].中国矫形外科杂志,2006,14(5):384-386.
- [16] Zhao ZC, Cao YF, Peng Z, et al. Zhongguo Xiufu Chongjian Waik Zazhi. 2006;20(11):1076-1079.
赵筑川,曹永飞,彭智,等.颈椎前路钛网钢板内固定及自体髂骨植骨在不同颈椎节段中的生物力学研究[J].中国修复重建外科杂志,2006,20(11):1076-1079.
- [17] Ma WH, Xu RM, Zhou LJ. Jizhu Waik Zazhi. 2004;2(2):85-87.
马维虎,徐荣明,周雷杰.颈椎前路减压术中钛网应用价值的研究[J].脊柱外科杂志,2004,2(2):85-87.
- [18] Zhang WP, Liu CA, Qian YH, et al. Zhongguo Jiaoxing Waik Zazhi. 2004;12(4):48-50.
张卫平,刘长安,钱宇航,等.颈椎前路椎体次全切除钛网状接骨板植骨的对比和探讨[J].中国矫形外科杂志,2004,12(4):48-50.
- [19] Mao ZG, Yuan W, Jia LS, et al. Zhongguo Jizhu Jisui Zazhi. 2001; 11(6):355-357.
毛志国,袁文,贾连顺,等.钛质网笼内植骨加前路带锁钢板对颈椎稳定性的生物力学评价[J].中国脊柱脊髓杂志,2001,11(6):355-357.
- [20] Zou DW, Tan R, Ma HS, et al. Zhongguo Jizhu Jisui Zazhi. 2005; 15(2):69-72.
邹德威,谭荣,马华松,等.颈椎前路减压植骨融合不同术式长期随访结果比较[J].中国脊柱脊髓杂志,2005,15(2):69-72.

来自本文课题的更多信息——

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

课题的创新点: 修剪钛网以适应颈椎形态是临床上常采用的方法,但对此进行系统归纳总结和评价在国内还是第一次采用。

课题评估的“金标准”: 颈椎弧度、椎间角度、椎间高度是衡量颈椎前路融合的重要指标。生物力学测量中的载荷与刚度是目前颈椎外科学中最常用的测量指标与依据。

设计或课题的偏倚与不足: 应用防腐颈椎标本不能完全或准确反映正常活体颈椎的特性故使本实验存在一定局限性。

设计或课题的价值: 梯形钛网具备良好的生物力学性能,提供了更大的植骨面积,从理论上可以更好地促进手术节段的骨性融合。



ISSN 1673-8225 CN 21-1539/R 2010 年版权归《中国组织工程研究与临床康复》杂志社所有

2011 年《中国医学伦理学》杂志征订启事

期刊名称	简介	栏目设置	期刊、邮发代号	联系方式
《中国医学伦理学》杂志	《中国医学伦理学》杂志是中国目前惟一的关于医学伦理学、生命伦理学的大型刊物。为伦理审查者、卫生管理者、医疗机构管理者加强职业道德建设,提高医疗机构竞争力和知名度提供有关管理理论、科研成果、典型经验和工作方法,为医护人员解决临床面临的道德难题、处理好医患关系、医际关系提供可操作性的规范和方法。	栏目有:医学伦理审查、医德评价、医疗职业人格、学术争鸣、医伦教学改革、医伦学科建设、生命伦理学、器官移植伦理、临床医德、军医伦理、卫生法学、公共卫生伦理、卫生管理道德、医学哲学、建言献策、护理伦理、农村卫生伦理、健康伦理、性伦理、医学人文科学与人文关怀、医疗保险伦理等 30 多个。	刊号: ISSN 1671-0592 CN 11-4674 (月刊) 定价: 16 元/期 邮发代号 2-743	汇款地址: 西安市雁塔西路 76 号 中国医学伦理学编辑部 邮政编码: 710061 电话: 029-82655404 029-82657517 网络实名: 中国医学伦理学 E-mail: zgexllx@mail.xjtu.edu.cn 网址: www.vxllx.com