

三重固定纽扣钢板肩锁关节复位的生物力学

吕书军, 曹勇, 周广鉴, 王以进

Biomechanics of acromioclavicular joint reduction using triple button plates

Lü Shu-jun, Cao Yong, Zhou Guang-jian, Wang Yi-jin

Abstract

BACKGROUND: Coracoclavicular ligament plays an important role in maintaining acromioclavicular joint (ACJ) stability, thus, ACJ reconstruction is necessary.

OBJECTIVE: To observe the biomechanics of acromioclavicular joint reduction using triple button plates.

METHODS: Fifteen fresh shoulders were collected, prepared for ACJ dislocation, and reconstructed using triple button plate or double Endobutton. Biomechanical stress analysis was used to compare performances and the effects of two methods.

RESULTS AND CONCLUSION: The stress-strain relationship showed that, strength of triple button plate was 25% and 15% larger than the normal coracoclavicular ligament and double Endobutton plate, the elastic modulus was 17% and 14%, and the axial stiffness was 24% and 14%, respectively. There were significant differences between the two groups ($P < 0.05$). Triple button plates are superior to initial ACJ in strength and stiffness. Obviously, triple fixed-button reconstruction has mechanical advantage than reconstruction plate has much mechanical advantage than the double Endobutton plate.

Lü SJ, Cao Y, Zhou GJ, Wang YJ. Biomechanics of acromioclavicular joint reduction using triple button plates. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011;15(9): 1675-1679. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

Department of Orthopaedics, Haian People's Hospital, Haian 226600, Jiangsu Province, China

Lü Shu-jun, Associate chief physician, Department of Orthopaedics, Haian People's Hospital, Haian 226600, Jiangsu Province, China
zhujianweint@126.com

Received: 2010-09-06
Accepted: 2011-01-05

摘要

背景: 研究表明喙锁韧带在维持肩锁关节的稳定性中起重要作用, 因而重建喙锁韧带至关重要。

目的: 对比观察三重固定纽扣钢板重建肩锁关节复位的生物力学性能。

方法: 采集新鲜肩关节标本 15 具, 造成肩锁关节脱位, 分别行三重固定纽扣钢板重建和双 Endobutton 钢板重建, 进行生物力学应力分析, 对照比较两者重建肩锁关节的性能和效果。

结果与结论: 三重固定纽扣钢板技术在应力-应变关系中, 强度比正常喙锁韧带和双 Endobutton 钢板分别高 25% 和 15%, 弹性模量分别高 17% 和 14%, 轴向刚度分别高 24% 和 14%, 差异均有显著性意义 ($P < 0.05$)。结果提示, 三重固定纽扣钢板重建肩锁关节的生物力学性能, 在强度、刚度均远超过初始的喙锁韧带的生物力学性能, 而三重固定纽扣钢板重建肩锁关节复位的性能和效果比双 Endobutton 钢板重建更具有力学上的优势。

关键词: 肩锁关节; 喙锁韧带; 固定纽扣钢板; 双 Endobutton 钢板; 生物力学

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.09.038

吕书军, 曹勇, 周广鉴, 王以进. 三重固定纽扣钢板肩锁关节复位的生物力学[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(9):1675-1679. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

肩锁关节脱位是运动创伤中一种常见的疾病, 多由直接暴力所致, 其发生率占全身骨折脱位的 4.4%~5.98%^[1]。对于 Rockwood III~V 型肩锁关节脱位, 国内外学者多主张早期行手术治疗^[2-3]。其中锁骨钩钢板在肩锁关节脱位的治疗中取得了良好的疗效增多^[4]。随着应用的增多其并发症也越发增多如术后肩关节疼痛、肩峰撞击、关节活动受限、取出内固定后肩锁关节再脱位等^[5]。近年来三重固定纽扣钢板和双 Endobutton 钢板技术是重建肩锁关节脱位的新技术, 已成功运用于前交叉韧带的重建中, 具有修复效果较好的特点。为此, 本文在探讨原始喙锁韧带的生物力学性能基础上, 对比较三重固定纽扣钢板重建和双 Endobutton 钢板修复肩锁关节脱位的生物力学性能, 为临床手术

提供科学依据。

1 材料和方法

设计: 对比观察。

时间及地点: 实验于 2010-07-15/30 在上海大学生物力学研究所完成。

材料: 采集 15 具标本, 男 8 女 7; 平均年龄 66 岁, 体质量 67 kg, 均为成年新鲜尸体标本, 由南通大学医学院提供。

仪器:

仪器	来源
KG-101 高精度光栅位移传感器	上海大学机电工厂生产
YJ-32 型高精度动静电电阻应变仪	华东电子仪器厂生产

方法:

正常国人喙锁韧带以及韧带重建标本: 沿锁骨上缘向后外绕过肩锁关节弧形切开, 剥离, 显

南通市海安县人民医院骨科, 江苏省海安县 226600

吕书军, 男, 1972 年生, 江苏省海安县人, 汉族, 1994 年南京医科大学毕业, 副主任医师, 主要从事骨科的研究。
zhujianweint@126.com

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225 (2011)09-01675-05

收稿日期: 2010-09-06
修回日期: 2011-01-05
(20100906010/W·Z)

露肩锁关节, 喙锁韧带, 分别按三重固定纽扣钢板技术和Double Endobutton钢板各制作标本5具^[6-7]。

三重固定纽扣钢板技术方法: 确认喙突中部和侧面边界, 钻头的方向应是朝向喙突上表面中心处, 以实现最佳的固定效果。然后, 使用2.5 mm的钻头分别在距离锁骨末端20 mm和40 mm处钻2个钻孔, 使韧带的梯形组成部分和圆锥组成部分。将两股5号纤维TM缝合线穿过不同的开口, 环绕固定纽扣钢板。固定纽扣钢板穿过喙突孔, 随后翻转固定纽扣钢板。然后, 使5号纤维TM缝合线的两端通过锁骨的2个钻孔, 同时小心地逐个穿过每个固定纽扣钢板。其中标本分组: **A组**为原始肩锁关节喙锁韧带见图1; **B组**为Double Endobutton钢板重建的喙锁韧带见图2; **C组**为三重固定纽扣钢板修复的喙锁韧带见图3, 各5具标本。



Figure 1 Initial acromioclavicular joint
图1 原始肩锁关节喙锁韧带



a: Constructed acromioclavicular joint

b: Schematic diagram

Figure 2 Reconstruction of acromioclavicular joint using double Endobutton plate
图2 Double Endobutton 钢板重建的喙锁韧带

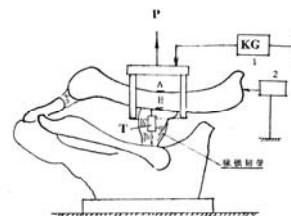


a: Constructed acromioclavicular joint

b: Schematic diagram

Figure 3 Reconstruction of acromioclavicular joint using triple button plates
图3 三重固定纽扣钢板修复的喙锁韧带

试验力学模型与测试: 带骨游离喙锁韧带, 测量解剖几何尺寸, 制成相同结构模型、材料力学性质、试验边界条件相一致的试验力学模型。在喙锁韧带上固定予制的环扣式传感器, 事先进行参数校正试验, 以便制成同韧带相匹配的弹性模量相似的应变式传感器^[8]。然后将标本牢固夹持在生物力学材料试验机上(长春试验机研究所生产)进行单轴拉伸试验, 加载速率 $e=0.04 S^{-1}$, 分级加载, 直至拉断为止, 测量载荷-位移曲线。对于两种修复方法的肩锁关节韧带使用相同力学条件下进行试验。试验前先行预试验3次, 以去除韧带的松弛、蠕变、时间循环载荷的流变学影响, 同时始终保持韧带的新鲜湿润状态。韧带的位移测量用KG-101高精度光栅位移传感器(上海大学机电工厂生产)。骨上的应变变化由YJ-32型高精度动静态电阻应变仪测量(华东电子仪器厂生产)。试验中不断观察韧带的断裂情况和撕裂部位。见图4。



T: buckle sensor; A, B: strain-gauge sensor; KG1, 2: raster displacement sensor

Figure 4 In vitro biomechanical test models of coracoclavicular ligament (Caldan ligament)
图4 肩锁关节喙锁韧带(Caldan 韧带)体外实验力学模型

数据处理: 喙锁韧带初始长度不一, 加载速度相等各样本的各相应点的伸长比不等, 不便于数据处理, 将各伸长比的步长做相应调整考虑采样密度较大, 各两点间近于线性关系, 故利用线性插入法将数据转换成 $\Delta \lambda = 0.01$ 的标准点, 按如下公式整理: 计算其均值±标准差绘图^[8]。

$$T(\lambda) = T(\lambda_1) + \frac{\lambda - \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} [T(\lambda_2) - T(\lambda_1)]$$

$$\lambda_1 < \lambda < \lambda_2$$

主要观察指标: 应力-应变, 弹性模量, 轴向刚度。

统计学分析: 两种不同样本为配对资料, 对样本均值比较, Student T检验和精度分析。全部数据以统计软件SPSS 11.0在IBM微机上进行数理统计。表中的力学数据均以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 并设显著性水平 P 为0.05。

2 结果

2.1 新鲜喙锁韧带标本的力学试验 在新鲜喙锁韧带标本(A组)的力学试验中, 发现新鲜喙锁韧带显示复杂的

流变学特性, 与其他软组织相似。在单轴拉伸试验中就可发现它的非线性力学行为^[5], 韧带纤维排列、几何结构尺寸直接影响它的力学性质。单轴拉伸试验曲线的顶点(c)为韧带的抗拉强度, 曲线斜率为韧带的刚度。韧带在开始受拉时, 位移不断增加(OA), 随着位移的增加拉力强度增加(AB), 直到逐渐被撕裂, 以致韧带断裂为止(D点), 试验结果见图5。

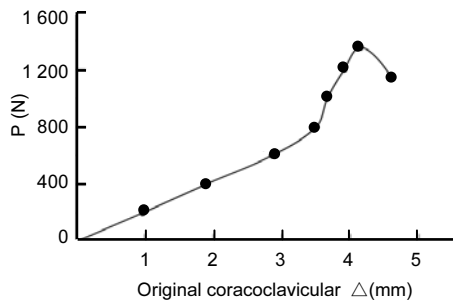


Figure 5 Load-displacement curve of fresh coracoclavicular ligament
图5 新鲜喙锁韧带单轴位伸试验载荷-位移曲线

实验结果显示, 喙锁韧带的拉伸线载荷为(612±48) N, 最大载荷为(1 384±124) N, 线应变为(56±4) με, 极限应变为(114±10) με, 线位移为(2.84±0.22) mm, 最大位移为(4.12±0.56) mm, 断裂时功耗为(2.85±0.23) J, 断裂形态呈撕裂状况, 大多为根部断裂。

2.2 Double Endobutton钢板重建喙锁韧带 喙锁韧带的修复, 常常采用Double Endobutton钢板重建喙锁韧带(B组)替代修复, 为此对该组韧带的生物力学性能测试以同样力学环境条件下进行测定。

Double Endobutton钢板重建喙锁韧带的单轴拉伸试验, 同样得到它的载荷-位移曲线。结果表明, 人工替代韧带同样呈现非线性力学行为, 曲线开始时有延伸阶段出现(OA), 随着位移的增大而载荷不断增加A、B、C, 直到达到C点时, 双Endobutton钢板技术替代的喙锁韧带纤维开始撕裂, 直到D点处而破坏见图6。

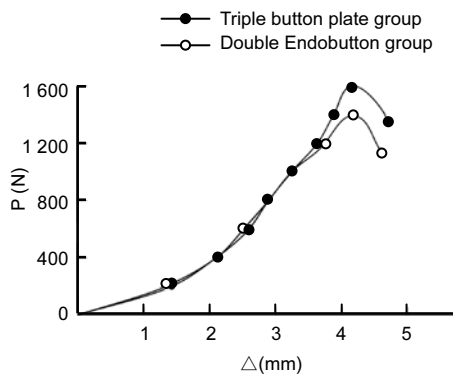


Figure 6 Load-displacement curves of two artificial ligaments
图6 两种人工韧带单轴拉伸试验载荷-位移曲线

试验曲线表明, 双Endobutton钢板技术替代的喙锁韧带纤维的强、刚度高于喙锁尸体标本韧带的力学性能。其拉伸线载荷为(685±66) N, 最大载荷为(1 592±169) N, 线应变为(58±6) με, 极限应变为(122±16) με, 线位移(2.98±0.24) mm, 最大位移(4.48±0.34) mm, 断裂功耗为(4.12±0.31) J, 纤维断裂呈撕裂状态, 系中部与夹头处断裂为多数。

比较原始韧带在单轴拉伸时的力学性质, 可以发现双Endobutton钢板技术替代的喙锁韧带的强度(拉伸载荷)比原始喙锁韧带高22%, 极限拉伸时所消耗功即断裂能高31%, 统计显示两者差异具有显著性意义($t=3.213$, $P < 0.05$), 而最大位移和应变两者差异无显著性意义。

2.3 三重固定纽扣钢板重建喙锁韧带的力学试验 在相同力学试验环境下进行三重固定纽扣钢板重建喙锁韧带(C组)单轴拉伸试验。在载荷-位移曲线中看到, 同双Endobutton钢板技术替代的喙锁韧带的曲线相似, 呈现非线性的力学行为十分明显, 曲线开始有缓慢的延伸阶段出现(OA')随后随着位移的增加载荷不断上升, 曲线的斜率增大, 比双Endobutton钢板技术替代的喙锁韧带来得陡(A'B'C'), 而后转入拉伸强度的极限点(C'), 随即韧带开始撕裂, 纤维逐渐断裂而破坏(D'点), 试验结果见图6。

试验结果显示, 三重固定纽扣钢板重建喙锁韧带的力学性能高于双Endobutton钢板固定的韧带力学试验结果。其拉伸线载荷为(1 028±110) N, 最大载荷为(1 783±180) N, 线应变为(64±5) με, 极限应变为(134±12) με, 线位移(3.44±0.32) mm, 最大位移(5.2±0.42) mm, 断裂时的功耗为(5.62±0.44) J, 纤维断裂形态呈撕裂状态, 往往在喙锁韧带边缘部处断裂。

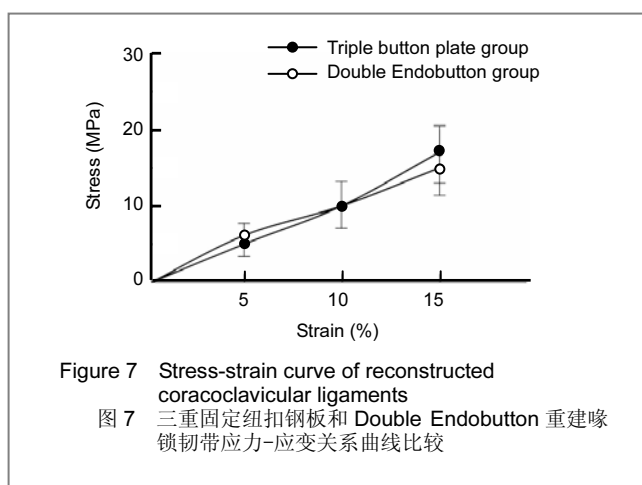
比较原始韧带在单轴拉伸时的力学性质, 三重固定纽扣钢板重建喙锁韧带的最大拉伸载荷高22%, 最大位移大18%, 断裂时功耗高49%, 统计显示两者差异具有显著性意义($t=3.435$, $P < 0.05$)。充分证明三重固定纽扣钢板重建喙锁韧带在生物力学性能上占有较大的优势。

2.4 两种不同喙锁韧带修复的力学性质比较 三重固定纽扣钢板重建的喙锁韧带和Double Endobutton钢板修复的喙锁韧带的力学性质, 根据试验结果列于表1。

表1 两种钢板固定的人工喙锁韧带的力学性质
Table 1 Mechanical properties of artificial coracoclavicular ligaments ($\bar{x} \pm s$)

Group	Σ_b (MPa) Maximum stress	E (MPa) Elastic modulus	EF (N/mm) Axial stiffness	Δ (%) Elongation rate
A	17.23±1.41	639.08±60.22	335.92±32.24	10.03±1.04
B	20.16±1.87	736.66±71.41	391.20±40.22	9.48±0.96
C	22.88±2.04	766.91±77.48	442.64±46.32	8.98±0.92

结果表明: ①B、C组两种修复的喙锁韧带力学性质: 应力强度、弹性模量和轴向刚度均高于原始的喙锁韧带(A组)。②三重固定纽扣钢板重建喙锁韧带的应力强度、弹性模量和轴向刚度分别比原始喙锁韧带高25%、17%和24%, 统计显示两者差异有显著性意义($t=2.896, P < 0.05$)。比A、B组具有明显的生物力学优势。③Double Endobutton钢板固定修复喙锁韧带的应力强度、弹性模量和轴向刚度分别比原始喙锁韧带高15%、14%和14%, 差异有显著性意义($t=2.316, P < 0.05$)。说明该种术式固定效果也是相当不错的。④比较三重固定纽扣钢板重建喙锁韧带(C)和双Endobutton钢板修复的喙锁韧带(B)的应力-应变关系曲线中看到, 前者力学性质优于后者十分明显。见图7。



3 讨论

肩锁关节由锁骨远端与肩峰内侧面构成, 其中喙锁韧带, 与关节囊及其加厚的部分形成的肩锁韧带、三角肌和斜方肌的腱性部分共同组成一个稳定的动力结构系统^[9]。肩锁韧带主要维持肩锁关节水平方向的稳定。而喙锁韧带主要是维持骨外端垂直方向的稳定, 其真正的生物力学作用是悬吊锁骨和肩胛骨, 这对于肩胛带静态结构的维持和支持力学平衡都很重要^[10]。喙锁韧带断裂后, 胸锁乳突肌持续向上的牵引力得不到平衡, 从而肩锁关节脱位和锁骨向后上移位。根据肩锁关节的生理特性及损伤机制, 在治疗中应注意克服局部水平及纵向的张力, 以达到完好复位固定^[11]。一些生物力学研究也表明喙锁韧带在维持肩锁关节的稳定性中起重要作用^[12]。因而重建喙锁韧带至关重要。

有一些学者使用线缆固定, 线缆固定符合肩锁关节存在微动的特点, 允许患者术后早期功能锻炼, 但其材料昂贵^[13]。也有学者应用异体肌腱重建喙锁韧带治疗肩锁关节脱位^[14], 避免了自体取材造成的再损伤及其引起的并发症, 但异体肌腱移植存在排斥反应目前尚未解

决。近年来肩锁钩钢板应用较广, 对其研究也越来越多。McConnell等分析和比较了肩锁关节脱位多种内固定方法后, 认为锁骨钩钢板接近人体生物力学环境, 并能提供给肩锁关节足够的稳定性。但其术后易出现患肩疼痛, 疼痛的原因有可能与肩峰下滑囊压力增高, 肩峰撞击征和肩峰下关节的创伤性关节炎以及滑囊形成、炎性递质堆积等有关, 引起肩关节活动疼痛, 上举、外展上肢受限^[15-18]。一些研究表明内固定安放在正确的解剖位置能提高植入物的稳定性和响应周期性的负荷。事实上, 一些新的技术其获得稳定性就是根据喙锁韧带在锁骨和喙突上解剖位置开孔安放移植或固定装置^[19-23]。目前大多数技术并不能恢复原来的解剖位置, 而且在愈合过程中也没有足够坚固的材料来维持复位。近年来三重固定纽扣钢板重建喙锁韧带是重建肩锁关节脱位的新技术, 术中使用的钢板长期被成功的运用于前交叉韧带重建中, 具有修复效果较好的特点, 自从Lim等^[24]2008年和2007年Struhlu^[7]首次报告用于治疗慢性Rockwood III级~IV级肩锁关节脱位, 现已有较多的临床应用。对原始喙锁韧带及两种人工韧带修复和重建的喙锁韧带的生物力学性能的研究, 对指导人工韧带修复手术临床有着广泛的指导意义, 目前国内外尚未见相关力学研究报道。利用实验生物力学试验以及长期临床随访, 从而更好地确定三重固定纽扣钢板和双Endobutton钢板技术在急性或慢性肩锁关节脱位治疗中的相关指证也是十分必要的。其中双Endobutton钢板在治疗Rockwood III~V型肩锁关节脱位的总体疗效与锁骨钩钢板相当, 但是其术后肩关节疼痛及肩关节活动受限发生率, 有利于早期进行功能锻炼^[25]。

实验中重建喙锁韧带时, 通过喙突及复位肩锁关节后的锁骨钻孔, 将肩锁关节及锁骨固定在解剖位置上, 而肩锁关节并未坚强固定, 使得肩锁关节及喙突与锁骨之间仍可保持一定的微动, 实现了肩锁关节固定时不能“过分固定”的原则。术中无需暴露肩峰, 使得术后不会出现肩峰撞击; 术后无需取出内固定, 避免脱位的可能^[26]。通过喙突间不吸收线环加两端纽扣钢板固定, 对抗肩锁关节的分离应力, 达到动力稳定, 将分离应力转换成压应力, 恢复肩锁关节的解剖关系和力学平衡。生物力学实验证明, 三重固定纽扣钢板和双Endobutton钢板修复和重建喙锁韧带的强度分别达到(22.88±20.40) MPa和(20.16±18.76) MPa, 比原始喙锁韧带的强度(17.23±14.12) MPa分别高25%和15%; 轴向刚度分别达到(442.64±46.32) N/mm和(391.20±40.22) N/mm, 比原始喙锁韧带刚度(335.92±32.24) N/mm, 分别高24%和14%。具有比较明显的优势, 固定AC关节不但牢靠、稳固, 而且这项新技术在保证强度、刚度的基础上, 允许有转动, 但不被切断, 薄型的植入物, 使得患者无需进行二次手术取出植入物。Lim等^[24]2008年报告认为机体

喙锁韧带的拉伸强度和单股5号纤维导丝基本相当, 报告值分别高于500 N和483 N^[27-30], 而金属纽扣的拔出强度达1 150 N以上。至少在理论上, 使用4股5号纤维导丝就能够托住3个金属按钮, 拉近喙锁韧带, 喙锁吊带, 缝合铆钉以及喙锁韧带植入物。由于生物力学试验是离体实验, 而影响手术效果的因素很多, 最终结果有待长期的临床随访。

4 参考文献

- [1] Spencer EE. Treatment of Grade III acromioclavicular joint injuries. *Clinical Orthopaedics And Related Research*.2007; 455: 38-44.
- [2] Rolf O,Hann von Weyhern A, Ewers A, et al. Acromioclavicular dislocation Rockwood III- V: results of early versus delayed surgical treatment. *Arch Orthop Trauma Surg*.2008;128(10): 1153-1157.
- [3] Bradley JP, Elkousy H. Decision making: operative versus nonoperative treatment of acromioclavicular joint injuries. *Clin Sports Med*.2003; 22(8):277-290.
- [4] Zhao MD,Yin WP.Zhonghua Chuangshang Guke Zazhi. 2006; 8(3):172-174.
赵明东,尹望平.肩锁关节脱位的治疗进展[J].中华创伤骨科杂志, 2006, 8(3):172-174.
- [5] Guo DL,Guo SL,Liu GJ,et al.Shiyong Guke Zazhi. 2005;11(4): 305-306.
郭德亮,郭升玲,刘光军,等.锁骨钩钢板治疗锁骨远端骨折和肩锁关节脱位[J].实用骨科杂志,2005,11(4):305-306.
- [6] Lim YW. Triple endobutton technique in acromioclavicular joint reduction and reconstruction. *Ann Acad Med Singapore*. 2008; 37(4):294-299.
- [7] Struhl S. Double endobutton technique for repair of complete acromioclavicular joint dislocations. *Techniques in shoulder & ELbow Surgery*. 2007; 8(4):175-179
- [8] Wang YJ,Wang JL.Beijing: People' s Military Medical Perss. 1989:191-193.
王以进,王介麟.骨科生物力学[M].北京:人民军医出版社, 1989: 191-193.
- [9] Habemek H,Weinstabl R,Schmid L,et a1 A crook plate for treatment of acromioclavicular joint separation:indication technique and results after one year.*J Trauma*.1993; 35(6): 893-901.
- [10] Guo SF.Tianjin:Tianjin Keji Chubanshe. 1988:416-417.
郭世斌.临床骨科解剖学[M].天津:天津科技出版社,1988:416-417.
- [11] Gong XF,Jiang CY,Wang MY.Zhonghua Guke Zazhi. 2005;25(4): 240-242.
龚晓峰,姜春岩,王满宜.肩锁关节脱位的诊断与治疗[J].中华骨科杂志,2005,25(4):240-242.
- [12] Hou CL,Wang SB,Wu T.Beijing: People' s Military Medical Perss. 2004:201.
侯春林,王诗波,吴韬.锁骨外科学[J].北京:人民军医出版社,2004. 201.
- [13] Ge L,Gou EH,Ouyang YP,et al.Zhongguo Jiaoxing Waike Zazhi. 2007;15(10):737-739.
葛亮,苟二怀,欧阳跃平,等. Atlas线缆与钩钢板治疗完全性肩锁关节脱位的前瞻性对照研究[J].中国矫形外科杂志,2007;15(10):737-739.
- [14] Chang Q,Chen X,Guan CY,et al.Zhongguo Jiaoxing Waike Zazhi. 2007;15(10):737-739.
常青,陈兴,关长勇,等. 应用异体肌腱重建喙锁韧带治疗肩锁关节完全脱位[J].中国矫形外科杂志,2003,11(1):21-23.
- [15] Wang ZR,Yang HL,Meng B.Suzhou Daxue Xuebao:Yixueban. 2008;28 (2):319-320.
王志荣,杨惠林,孟斌,等.锁骨钩钢板与交叉克氏针张力带治疗川型肩锁关节脱位的疗效比较[J].苏州大学学报:医学版,2008,28(2): 319-320.

- [16] McConnell A,Zdero R, McKee M, et al. Methods of operative fixation of the acromioclavicular joint: a biomechanical comparison. *Journal of Orthopaedic Trauma*.2007;21(4):248-253.
- [17] Fan QB,Jiang R,Li J,et al.Jiepu Yu Linchuang. 2008;13(5): 352-353.
范钦波,姜勇,李杰,等.Tossey III型肩锁关节脱位的手术治疗[J].解剖与临床,2008,13(5):352-353.
- [18] Han G,Liang YT,Tang PF,et al.Zhonghua Chuangshang Guke Zazhi. 2006;8(2):123-126.
韩纲,梁雨田,唐佩福,等. AO 钩钢板治疗Tossey III型肩锁关节的随访研究[J].中华创伤骨科杂志,2006,8(2):123-126.
- [19] Grutter PW, Petersen SA. Anatomical acromioclavicular ligament reconstruction: a biomechanical comparison of reconstructive techniques of the acromioclavicular joint .*Am J Sports Med*. 2005; 33:1723-1728.
- [20] Costic RS, Labriola JE, Rodosky MW, et al. Biomechanical rationale for development of anatomical reconstructions of coracoclavicular ligaments after complete acromioclavicular joint dislocations. *Am J Sports Med*.2004;32:1929-1936.
- [21] Baker JE, Nicandri GT, Young DC, et al. A cadaveric study examining acromioclavicular joint congruity after different methods of coracoclavicular loop repair. *J Shoulder Elbow Surg*. 2003;12:595-598.
- [22] Mazzocca AD, Santangelo SA, Johnson ST, et al. A biomechanical evaluation of an anatomical coracoclavicular ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2006;34:236-246.
- [23] Nissen CW, Chatterjee A. Type III acromioclavicular separation: results of a recent survey on its management. *Am J Orthop*. 2007;36:89-93
- [24] Lim YW,Sood A,Riet RP,et al.Acromio-clavicular joint reduction, repair and reconstruction using metallic buttons early results and complications .*Tech Shoulder Elbow Surg*.2007;8:213-221.
- [25] Feng YZ,Hong JJ,Chen HL,et al.Zhonghua Guke Zazhi. 2009; 29(11):1009-1014.
冯永增,洪建军,陈鸿亮,等.锁骨钩钢板与双Endobutton钢板治疗肩锁关节脱位的对比研究[J].中华骨科杂志,2009,29(11):1009-1014.
- [26] Baumgarten KM,Aitchek DW,Cordasco FA.Arthroscopically assisted acromioclavicular joint reconstruction.*Arthroscopy*. 2006;22(2):228.e1-228.e6.
- [27] Barber Fa,Herbert MA,Richards DP.Sutures and suture anchors:Update 2003.*arthroscopy*.2003;19:985-900.
- [28] Greenberg JA,Fernandez JJ,Wang T,et al.Endobutton assited repair of distal biceps tendon ruptures.*J Shoulder Elbow Surg*. 2003;12:484-490.
- [29] MacDonlad P, Sunner P, Dyck M. A follow-up of surgical treatment of type III AC dislocations. Paper presented at:the closed ASSES meeting 2006.
- [30] Iorio R, Vadalà A, Argento G, et al. Bone tunnel enlargement after ACL reconstruction using autologous hamstring tendons: a CT study. *Int Orthop* 2007;31:49-55.

来自本文课题的更多信息--

作者贡献: 设计为第一作者, 实施、评估者这第一, 二, 三, 四作者, 均受过专业培训。

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。

伦理批准: 没有相关伦理道德冲突的内容, 所有标本为南通大学医学院提供的尸体标本。

本文创新性: 实验对照比较三重固定纽扣钢板重建和双 Endobutton 钢板修复肩锁关节脱位的生物力学性能, 从生物力学来证明此术式应用的可行性, 属于应用创新。