

· 基础研究 ·

喙突骨隧道位置对双 Endobutton 钢板重建 术后喙锁韧带力学性能的影响

孙辽军, 卢迪, 余贤斌, 胡炜, 陈华, 郭晓山

(温州医科大学附属第二医院, 浙江 温州 325027)

摘 要 目的:探讨双 Endobutton 钢板重建喙锁韧带手术中喙突骨隧道位置对术后喙锁韧带力学性能的影响。方法:选取新鲜冰冻尸体肩关节 30 个,年龄 (65.5 ± 8.3) 岁。进行模拟双 Endobutton 钢板重建喙锁韧带手术,根据喙突隧道在喙突上表面和下表面的位置,将肩关节标本随机分为中心-中心组、内侧-中心组、外侧-中心组、中心-内侧组和中心-外侧组,每组 6 个肩关节。采用 MTS858 生物力学机对 5 组肩关节标本均施加方向与中心-中心组骨隧道方向一致的载荷,模拟肩胛骨和锁骨作用于喙锁韧带的拉力。持续施加载荷,直至 Endobutton 钢板拉出、断裂或喙突发生骨折。记录每个标本最终的破坏负荷和破坏方式。结果:5 组标本力学测试中的破坏负荷比较,差异有统计学意义 $[(536.5 \pm 142.0) \text{ N}, (534.2 \pm 130.2) \text{ N}, (385.4 \pm 84.3) \text{ N}, (382.0 \pm 131.0) \text{ N}, (360.5 \pm 90.3) \text{ N}, F=3.330, P=0.026]$;中心-中心组和内侧-中心组力学测试中的破坏负荷均高于中心-内侧组、中心-外侧组及外侧-中心组 $(P=0.036, P=0.032, P=0.016; P=0.038, P=0.035, P=0.017)$;其余各组间两两比较,组间差异均无统计学意义。中心-中心组和内侧-中心组破坏方式以 Endobutton 钢板从喙突骨隧道拉出或钢板断裂为主,其余 3 组破坏方式以钢板从喙突骨隧道拉出及喙突骨折为主。结论:在采用双 Endobutton 钢板重建喙锁韧带的手术中,选择中心-中心型及内侧-中心型喙突骨隧道可以明显降低术后喙突骨折和固定失败的风险。

关键词 肩锁关节;脱位;喙锁韧带重建;喙突骨隧道;生物力学

Effect of location of coracoid tunnel on the mechanical property of coracoclavicular ligament after reconstruction using double Endobutton

SUN Liaojun, LU Di, YU Xianbin, HU Wei, CHEN Hua, GUO Xiaoshan

The Second Affiliated Hospital of Wenzhou Medical University, Wenzhou 325027, Zhejiang, China

ABSTRACT **Objective:** To explore the effect of location of coracoid tunnel on the mechanical property of coracoclavicular ligament after reconstruction using double Endobutton. **Methods:** Thirty fresh frozen shoulder joints were fetched from the cadavers aged 65.5 ± 8.3 years for simulating coracoclavicular ligament reconstruction in which double Endobutton steel plates were used. The samples of shoulder joint were randomly divided into center-center group, medial-center group, lateral-center group, center-medial group and center-lateral group according to the location of bone tunnel on superior and inferior surface of coracoid process, 6 cases in each group. The loads, which simulated the pullout forces on coracoclavicular ligament, were exert on shoulder joint samples in the 5 groups by using MTS858 biomechanical machine in the same direction as that of bone tunnel of center-center group. The loads increased continually until the Endobutton steel plates were pulled out or broken or the coracoids were fractured. The breakdown loads and breakdown mode of each sample were recorded. **Results:** There was statistical difference in the breakdown load between the 5 groups $(536.5 \pm 142.0, 534.2 \pm 130.2, 385.4 \pm 84.3, 382.0 \pm 131.0, 360.5 \pm 90.3 \text{ N}, F=3.330, P=0.026)$. The breakdown loads of center-center group and medial-center group were higher than that of center-medial group, center-lateral group and lateral-center group $(P=0.036, P=0.032, P=0.016; P=0.038, P=0.035, P=0.017)$. There was no statistical difference in the breakdown load between the rest paired groups. The breakdown mode of center-center group and medial-center group presented mainly with Endobutton plates pulling out of coracoid tunnels or breaking, while it presented mainly with the plates pulling out of coracoid tunnels and coracoid fracture in the other 3 groups. **Conclusion:** In coracoclavicular ligament reconstruction using double Endobutton steel plates, selecting coracoid tunnel typed center-center or medial-center can significantly reduce the risk of postoperative coracoid fracture and failure of fixation.

Key words acromioclavicular joint; dislocations; coracoclavicular ligament reconstruction; coracoid tunnel; biomechanics

基金项目:温州市科技计划项目(2012S018)

通讯作者:陈华 E-mail:chenhuayishi@163.com

许多生物力学实验和临床研究表明,对脱位的肩锁关节行喙锁韧带重建后其生物力学特性和临床疗效明显提高^[1-10]。Endobutton 钢板是目前临床上常用的重建喙锁韧带的装置,利用该装置重建喙锁韧带时需要在锁骨和喙突上建立隧道^[6-13],而隧道的位置则是影响手术成败的关键因素之一^[14]。其中锁骨骨隧道的建立可以在直视下进行,准确度较高;而喙突位置较深,隧道重建的难度较大。本研究根据喙突骨隧道入点和出点的不同,在尸体肩关节标本上构建了 5 种位置不同的骨隧道,模拟 Endobutton 钢板重建喙锁韧带术,并进行力学测试,以期临床手术治疗提供客观依据。

1 材料与仪器

1.1 实验标本 新鲜冰冻尸体肩关节 30 个,年龄 (65.5 ± 8.3) 岁,均由温州医科大学解剖教研室提供。实验开始前先将标本置于室温下过夜解冻,解冻后将标本从盂肱关节离断,保留肩锁关节囊、肩锁韧带、喙锁韧带和喙肩韧带,其他附着在锁骨与肩胛骨的软组织全部去除。

1.2 实验仪器 AKDX-09W 双能 X 线骨密度仪(天津圣鸿医疗器械有限公司);SHAHE-IP54 电子游标卡尺(成都三和量具有限公司,精确度 $\pm 0.3 \text{ mm}$);MTS 858 生物力学机(MTS 系统公司)。

2 方法

2.1 标本测量 实验过程中以生理盐水保持韧带结构湿润。采用双能 X 线骨密度仪测定喙突骨密度,用电子游标卡尺测定喙突长度、宽度和厚度及喙突基底部内、外侧嵴的最宽距离。根据测量结果,分别将喙突基底部内、外侧嵴分为 3 等份,将喙突的上表面和下表面平均分为内侧、中心和外侧 3 个区域(图 1)。

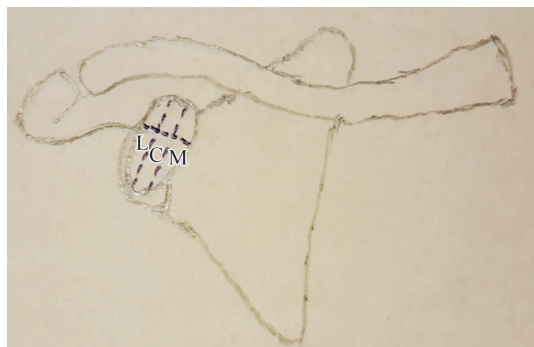


图 1 喙突上下表面分区示意图

L 为外侧区域,C 为中心区域,M 为内侧区域

2.2 实验分组 根据喙突隧道钻孔时入口和出口位

置,将肩关节标本随机分为 5 组,每组 6 个肩关节标本。中心-中心组喙突隧道入口和出口均在喙突上下表面的中心区域;内侧-中心组隧道入口在喙突上表面的内侧区域,出口在下表面的中心区域;外侧-中心组隧道入口在喙突上表面的外侧区域,出口在下表面的中心区域;中心-内侧组隧道入口在喙突上表面的中心区域,出口在下表面的内侧区域;中心-外侧组隧道入口在喙突上表面的中心区域,出口在下表面的外侧区域。

2.3 喙锁韧带重建 切断肩锁韧带和喙锁韧带,采用 Struhl 等^[3]推荐的标准手术方式进行喙锁韧带重建。根据分组情况分别选用不同的喙突骨隧道,均采用 2 块 Endobutton 钢板(施乐辉公司)固定,其中 1 块不带袢。

2.4 力学测试 将标本中的肩胛骨用自凝牙托粉从肩胛下角到下孟边缘固定到定制的模具中,包埋时注意调整肩胛骨方向,使标本的前后方向与模具边缘垂直、上下方向与水平面垂直。在韧带外侧安装支撑装置,以免锁骨在固定处由于应力集中发生骨折。采用 MTS858 生物力学机对 5 组肩关节标本施加轴向载荷,载荷加载方向均与中心-中心组骨隧道方向一致,以模拟肩胛骨和锁骨作用于喙锁韧带的拉力(图 2)。测试时对所有标本均先给予 5 个循环的 15 N 负荷,以清除蠕变现象,然后以 $120 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 的速率进行加载,以 Endobutton 钢板拉出、断裂或喙突骨折为实验终点。记录每个标本最终的破坏负荷和破坏方式。



图 2 肩关节脱位喙锁韧带重建后力学测试实验

2.5 数据统计分析 采用 SPSS12.0 软件对所得数据进行统计分析,5 组肩关节标本年龄、喙突骨密度、长度、宽度、厚度、长宽比及力学测试破坏负荷的比较

采用单因素方差分析,组间两两比较采用 q 检验,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

3 结果

5 组标本年龄及喙突骨密度、长度、宽度、厚度、长宽比比较,差异均无统计学意义,有可比性。5 组标本力学测试中的破坏负荷比较,差异有统计学意义;中心 - 中心组和内侧 - 中心组力学测试中的破坏

负荷均高于中心 - 内侧组、中心 - 外侧组及外侧 - 中心组 ($P = 0.036, P = 0.032, P = 0.016; P = 0.038, P = 0.035, P = 0.017$); 其余各组间两两比较,组间差异均无统计学意义。中心 - 中心组和内侧 - 中心组破坏方式以 Endobutton 钢板从喙突骨隧道拉出或钢板断裂为主,其余 3 组破坏方式以钢板从喙突骨隧道拉出及喙突骨折为主。见表 1、表 2。

表 1 5 组肩关节标本基线资料及力学测试中的破坏负荷比较 $\bar{x} \pm s$

组别	样本量 (个)	年龄 (岁)	喙突相关数据					破坏负荷 (N)
			骨密度 ($g \cdot cm^{-3}$)	长度(mm)	宽度(mm)	厚度(mm)	长宽比	
中心 - 中心组	6	63.4 ± 5.6	0.31 ± 0.14	45.8 ± 5.0	25.0 ± 2.3	12.5 ± 1.5	1.8 ± 0.2	536.5 ± 142.0
内侧 - 中心组	6	63.8 ± 6.0	0.31 ± 0.12	46.6 ± 4.3	25.4 ± 2.0	12.4 ± 1.4	1.8 ± 0.3	534.2 ± 130.2
中心 - 内侧组	6	64.5 ± 5.8	0.30 ± 0.12	46.5 ± 4.2	24.9 ± 2.4	12.2 ± 1.4	1.9 ± 0.2	385.4 ± 84.3
中心 - 外侧组	6	66.3 ± 5.5	0.27 ± 0.10	46.9 ± 4.6	24.8 ± 2.0	12.4 ± 1.5	1.9 ± 0.2	382.0 ± 131.0
外侧 - 中心组	6	67.0 ± 5.0	0.27 ± 0.12	46.1 ± 4.5	25.4 ± 2.5	12.1 ± 1.3	1.8 ± 0.3	360.5 ± 90.3
F 值		0.170	0.050	0.060	0.080	0.300	0.480	3.330
P 值		0.950	0.994	0.993	0.988	0.875	0.752	0.026

表 2 5 组肩关节标本力学测试中的破坏方式

组别及样本编号	破坏方式	组别及样本编号	破坏方式
中心 - 中心组		中心 - 外侧组	
1	钢板从喙突骨隧道拉出	1	钢板从喙突骨隧道拉出,喙突外侧部分断裂
2	钢板从喙突骨隧道拉出时弯曲	2	钢板从喙突骨隧道拉出,喙突外侧部分断裂
3	钢板从喙突骨隧道拉出	3	钢板弯曲及喙突断裂
4	钢板从喙突骨隧道拉出时断裂	4	钢板从喙突骨隧道拉出,喙突外侧部分断裂
5	钢板从喙突骨隧道拉出时断裂	5	钢板弯曲从喙突骨隧道拉出
6	钢板从喙突骨隧道拉出时断裂	6	喙突完全断裂
内侧 - 中心组		外侧 - 中心组	
1	钢板从喙突骨隧道拉出时弯曲	1	钢板从喙突骨隧道拉出,喙突外侧部分断裂
2	钢板从喙突骨隧道拉出时断裂	2	钢板弯曲及喙突外侧部分断裂
3	钢板从喙突骨隧道拉出时弯曲	3	钢板从喙突骨隧道拉出,喙突外侧部分断裂
4	钢板从喙突骨隧道拉出,喙突外侧部分断裂	4	钢板从喙突骨隧道拉出,喙突外侧部分断裂
5	钢板从喙突骨隧道拉出,喙突外侧部分断裂	5	钢板从喙突骨隧道拉出,喙突外侧部分断裂
6	喙突完全断裂	6	钢板从喙突骨隧道拉出,喙突外侧部分断裂
中心 - 内侧组			
1	喙突完全断裂		
2	钢板从喙突骨隧道拉出,喙突外侧部分断裂		
3	钢板从喙突骨隧道拉出,喙突外侧部分断裂		
4	钢板从喙突骨隧道拉出,喙突外侧部分断裂		
5	钢板从喙突骨隧道拉出时断裂		
6	钢板从喙突骨隧道拉出		

4 讨论

不管采用开放、微创方式或者关节镜技术,喙锁韧带重建的目的都是为了恢复锁骨的正常解剖位置,都必须通过骨隧道将锁骨远端固定在喙突上来实现^[6-7,9,11]。因此,喙突骨隧道的位置是影响重建手术成败的重要因素。

本研究力学测试的结果显示,中心 - 中心组和内侧 - 中心组的破坏负荷均高于中心 - 内侧组、中心 - 外侧组及外侧 - 中心组,而前两者之间及后三者的破坏负荷比较,组间差异均无统计学意义。中心 - 中心组和内侧 - 中心组的破坏方式与喙突骨折无明显关系,其余 3 组在较低的外部负荷下即发生喙突外侧部

骨折。由于我们在实验中将 Endobutton 钢板均置于紧贴喙突下表面的相同位置,避免了因 Endobutton 钢板位置错误导致喙突骨折对结果的影响。因此,我们推测外侧方向钻孔可能会导致喙突骨强度减弱。

根据笔者以往的经验,在关节镜辅助下采用 Endobutton 重建喙锁韧带时,喙突的外侧部分暴露较好,而内侧部分暴露不充分,因此钻孔时骨隧道的位置容易偏向喙突外侧,使喙突骨折的风险增大,最终导致固定失败。从本研究的结果来看,内侧-中心组与中心-中心组的力学性能相当。因此,手术中在喙突建立骨隧道时应尽量从喙突上方皮质的内侧钻孔,以获得更为安全的骨隧道。

本研究仅针对 Endobutton 钢板的重建方式进行了测试,采用其他喙锁韧带重建方式是否具有和本研究同样的结果,还需要进一步的研究来证实。尽管采用其他重建方式和不同测试速率所得结果可能有轻微差异,但由于破坏方式和隧道位置所致的破坏机制是一致的,因此我们推测最终的测试结果可能是一致的。根据往我们以往的临床经验,内侧-内侧或外侧-外侧型隧道出现的几率较小,因此我们未对这 2 种错误的骨隧道进行研究。此外,本研究也存在尸体研究的固有缺陷—我们选用的尸体年龄为 (65.5 ± 8.3) 岁,而临床上肩锁关节脱位以年轻患者多见,二者在骨密度方面存在明显的差异,因此本研究所得结论是否适用于其他年龄的患者群体,还有待于进一步的临床研究。

本研究的结果表明,在采用双 Endobutton 钢板重建喙锁韧带的手术中,选择中心-中心型及内侧-中心型喙突骨隧道可以明显降低术后喙突骨折和固定失败的风险。

5 参考文献

- [1] 方煜丽,赵伟儿. 喙锁螺钉与双 Endobutton 钢板治疗肩锁关节脱位临床观察[J]. 中医正骨, 2012, 24(5): 27-30.
- [2] Williams GR, Nguyen VD, Rockwood CA. Classification and radiographic analysis of acromioclavicular dislocations[J]. Appl Radiol, 1989, 18: 29-34.
- [3] Struhl S. Double endobutton technique for repair of complete acromioclavicular joint dislocations [J]. Techniques in Shoulder & Elbow Surgery, 2007, 8(4): 175-179.
- [4] 杨贺杰, 诸力, 施建勤, 等. 带袢双纽扣钢板内固定治疗 Rockwood III 型肩锁关节脱位[J]. 中医正骨, 2014, 26(4): 49-51.
- [5] 崔晏君, 李楠. 肩锁关节脱位的手术治疗[J]. 中医正骨, 2012, 24(3): 36-39, 42.
- [6] Modi CS, Beazley J, Zywielski MG, et al. Controversies relating to the management of acromioclavicular joint dislocations [J]. Bone Joint J, 2013, 95-B(12): 1595-1602.
- [7] Beitzel K, Cote MP, Apostolakis J, et al. Current concepts in the treatment of acromioclavicular joint dislocations [J]. Arthroscopy, 2013, 29(2): 387-397.
- [8] Epstein D, Day M, Rokito A. Current concepts in the surgical management of acromioclavicular joint injuries [J]. Bull NYU Hosp Jt Dis, 2012, 70(1): 11-24.
- [9] Tauber M. Management of acute acromioclavicular joint dislocations: current concepts [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2013, 133(7): 985-995.
- [10] Petron DJ, Hanson RW Jr. Acromioclavicular joint disorders [J]. Curr Sports Med Rep, 2007, 6(5): 300-306.
- [11] Lim YW, Sood A, Van Riet RP, et al. Acromioclavicular joint reduction, repair and reconstruction using metallic buttons—early results and complications [J]. Techniques in Shoulder & Elbow Surgery, 2007, 8(4): 213-221.
- [12] Pan Z, Zhang H, Sun C, et al. Arthroscopy-assisted Reconstruction of coracoclavicular ligament by Endobutton fixation for treatment of acromioclavicular joint dislocation [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2015, 135(1): 9-16.
- [13] Kim S, Blank A, Strauss E. Management of type 3 acromioclavicular joint dislocations—current controversies [J]. Bull Hosp Jt Dis (2013), 2014, 72(1): 53-60.
- [14] Schliemann B, Roßlenbroich SB, Schneider KN, et al. Why does minimally invasive coracoclavicular ligament reconstruction using a flip button repair technique fail? An analysis of risk factors and complications [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2015, 23(5): 1419-1425.

(2015-01-12 收稿 2015-02-01 修回)

· 作者须知 ·

论文中“平均年龄”要用“中位数”表示

中位数是指将数据按大小顺序排列起来,形成一个数列,居于数列中间位置的那个数据(或最中间两个数据的平均数)。中位数是样本数据所占频率的等分线,它不受少数几个极端值的影响,用它代表全体数据的一般水平更合适。因此,论文中使用中位数表示年龄的平均水平比使用算术平均数更为合适,计算起来也更为简便。