

文章编号:1004-7220(2013)03-0300-04

# 复位固定器治疗桡骨远端骨折的在体力学测试

张兴平, 钟红刚, 孟 和

(中国中医科学院望京医院, 北京 100102)

**摘要:**目的 研究穿针复位固定器治疗桡骨远端骨折过程中牵引力的变化规律。方法 利用自行设计的测力锁针器替代复位固定器远端2枚锁针器,对6例复位固定器治疗的不稳定桡骨远端骨折患者前臂的牵引力进行临床在体连续测试。分别于术后第1、5、14、21、28、35、42、49 d,记录静态牵引力值及握拳活动时牵引力增加值。结果 测得静态牵引力值最大9.93 kg,最小2.26 kg,平均 $(4.93 \pm 1.79)$  kg;握拳活动时牵引力最大增加10.40 kg,最小增加0.13 kg,平均 $(3.17 \pm 2.42)$  kg。结论 前臂肌肉张力及肌肉收缩活动可产生较大的轴向压应力,是桡骨远端不稳定骨折的不利因素。

**关键词:** 桡骨远端骨折;复位固定器;牵引力;力学测试

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

## Biomechanical test *in vivo* on reduction fixator for treating distal radius fractures

ZHANG Xing-ping, ZHONG Hong-gang, MENG He (The Wangjing Hospital of China Academy of Chinese Medical Science, Beijing 100102, China)

**Abstract:** **Objective** To investigate the regular pattern of traction forces during the treatment of distal radius fracture by reduction fixator with pins. **Methods** A self-designed pin-lock style force transducer instead of two original pin-locks in the distal of reduction fixator was adopted to conduct continuous testing on six cases of unstable distal radius fracture of forearms treated by reduction fixator *in vivo*. The value of static traction force and the added value of traction force in fist clenching at the postoperative 1st, 5th, 14th, 21st, 28th, 35th, 42nd, 49th day, was recorded respectively. **Results** The maximum and minimum static traction force was 9.93 kg and 2.26 kg, respectively, with mean value of  $(4.93 \pm 1.79)$  kg. The maximum and minimum traction force increment in fist clenching was 10.40 kg and 0.13 kg, respectively, with mean value of  $(3.17 \pm 2.42)$  kg. **Conclusions** Larger axial forces can be generated in muscles of the forearm, by both static tension and dynamic contraction, which might be a serious negative factor in healing unstable distal radius fractures.

**Key words:** Distal radius fracture; Reduction fixator; Traction force; Mechanical testing

桡骨远端骨折是临床上最为常见的骨折之一,骨穿针外固定器技术治疗桡骨远端不稳定骨折在临床应用已日趋广泛<sup>[1]</sup>,复位固定器是具有中西医结合特点的一种骨穿针外固定支架,兼有骨折复位及固定的功能<sup>[2]</sup>。目前有关骨折固定的生物力学测试多为对人体或动物标本的力学测试<sup>[3-5]</sup>,国内外文

献尚未检索到对人体骨折时前臂肌张力、肌力的在体力学测试的报道。本研究采用自行研制的测力锁针器对复位固定器治疗桡骨远端不稳定骨折患者前臂的牵引力情况进行在体连续测量,研究其力学变化规律,为探讨该类不稳定骨折的机理提供生物力学理论依据。

收稿日期:2013-04-20;修回日期:2013-05-31

通讯作者:张兴平,主任医师, Tel:(010)84739223; E-mail:xkb-office@126.com。

## 1 材料与方法

### 1.1 测力锁针器的设计和制作

用不锈钢管加工成复位固定器的锁针器<sup>[1]</sup>形状,在设定位置用砂纸沿45°方向交叉打磨,丙酮清洗。用常温固化的502快干胶( $\alpha$ 氰基丙烯酸)将4枚箔式应变片粘贴于所准备的4个清洁表面处,接成全桥电路。信号经过放大电路接显示表读数。用WD-1型电子万能试验机加载标定。标定载荷加至10 kg,反复加载卸载3次,同步记录加载力和传感器电压输出。所有测力锁针器标定曲线均有良好的线性关系。测力锁针器结构见图1。

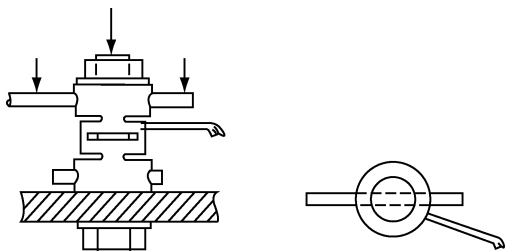


图1 测力锁针器结构图

Fig.1 Structure of pin-lock style force transducer

### 1.2 复位固定器及测力锁针器的工作原理

对临床诊断为不稳定桡骨远端骨折患者,充分手法复位后,常规消毒铺巾下,于尺骨鹰嘴部由内向外钻入并贯穿1枚直径2.0 mm克氏针,另于第2、3掌骨干部由桡侧向尺侧钻入并贯穿1枚直径2.0 mm克氏针,安装复位固定器于前臂中立位并进行纵向牵引,并辅以手法纠正残余移位,再于患腕掌、背侧放置压板恢复掌倾角<sup>[2]</sup>。以测力锁针器替代复位固定器远端两枚锁针器锁住远端贯穿第2、3掌骨的克氏针,通过对测力锁针器内传感器电压输出的实时采集,获得锁针器受力的力学测试值。带测力锁针器的复位固定器测试装置见图2。

### 1.3 临床测试

临床测量6例重度桡骨远端骨折患者,均为手法整复、传统小夹板或石膏外固定后再移位的不稳定骨折,在骨折2周内改用手法整复、骨穿针复位固定器外固定治疗。其中男4例,女2例,左侧4例,右侧2例,年龄18~63岁,平均 $(35.8 \pm 6.9)$ 岁。用测力锁针器替代复位固定器远端两枚锁针器锁住远端贯穿第2、3掌骨的克氏针,分别对术后第1、5、

14、21、28、35、42、49 d 静态牵引力值及握拳锻炼时牵引力值的变化进行连续在体监测。静态测试时患者前臂与手部肌肉自然放松,之后鼓励患者进行握拳锻炼,记录握拳活动时牵引力的最大峰值,得出握拳导致的牵引力的增加值。临床测试患者的X线片见图3。



图2 带测力锁针器的复位固定器

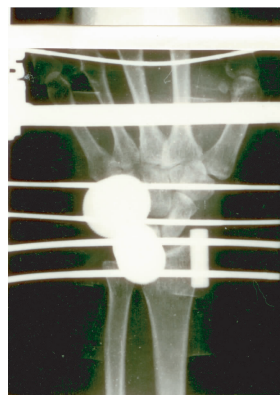
Fig.2 Reduction fixator with pin-lock style force transducer



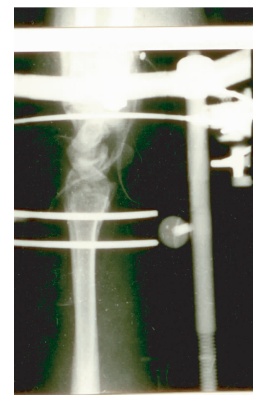
(a) 术前正位



(b) 术前侧位



(c) 术后正位



(d) 术后侧位

图3 临床测试患者的X线片

Fig.3 Clinical X-rays of the subject before and after operation

(a) Preoperative anteroposterior X-ray, (b) Lateral projection X-ray, (c) Postoperative anteroposterior X-ray, (d) Postoperative projection X-ray

## 2 结果

除1例患者在术后第42 d骨折愈合拆除复位固定器未采集到第49 d数据外,所有患者均按照访视时间完成对静态牵引力值及握拳锻炼时牵引力值的测试。临床测试静态牵引力值结果见表1,握拳锻炼时牵引力的增加值结果见表2。由表1可知,

静态牵引力值最大9.93 kg,最小2.26 kg,平均 $(4.93 \pm 1.79)$  kg。由表2可知,握拳锻炼时,牵引力最大增加10.40 kg,最小增加0.13 kg,平均 $(3.17 \pm 2.42)$  kg。牵引力值随时间变化见图4。结果显示,静态牵引力值随愈合过程逐渐减小,握拳锻炼导致的牵引力增加值在前4周增加,4周后下降。

表1 6例桡骨远端骨折临床测试的静态牵引力值

Tab.1 Static traction forces measured from 6 cases of distal radius fracture patients

	静态牵引力值/kg							平均值
	n	1	2	3	4	5	6	
术后 时间/ d	1	5.84	9.12	8.10	9.93	8.28	7.46	$8.12 \pm 1.41$
	5	5.04	7.90	7.50	6.56	6.35	5.04	$6.40 \pm 1.20$
	14	4.73	6.39	6.29	4.77	5.19	3.87	$5.21 \pm 0.98$
	21	4.02	5.99	5.72	4.03	4.30	3.60	$4.61 \pm 0.99$
	28	4.26	4.84	4.68	4.18	4.23	3.65	$4.31 \pm 0.42$
	35	4.07	4.46	4.48	4.29	3.47	3.65	$4.07 \pm 0.43$
	42	4.20	3.19	3.08	3.83	2.73	2.26	$3.22 \pm 0.71$
	49	4.14	3.68	2.60	3.52	—	2.29	$3.25 \pm 0.77$
	平均值	$4.54 \pm 0.63$	$5.70 \pm 2.06$	$5.31 \pm 1.97$	$5.14 \pm 2.15$	$4.94 \pm 1.88$	$3.98 \pm 1.67$	$4.93 \pm 1.79$

表2 6例桡骨远端骨折临床测试的握拳锻炼时牵引力的增加值

Tab.2 Traction force increment in fist clenching measured from 6 cases of distal radius fracture patients

	牵引力增加值/kg							平均值
	n	1	2	3	4	5	6	
术后 时间/ d	1	1.64	2.49	0.13	1.93	0.71	0.75	$1.28 \pm 0.89$
	5	2.58	0.56	0.49	2.67	1.51	2.30	$1.69 \pm 0.99$
	14	3.29	0.41	1.67	8.38	3.56	2.48	$3.30 \pm 2.74$
	21	4.74	0.87	2.49	10.40	3.48	2.56	$4.09 \pm 3.34$
	28	4.11	1.19	3.67	9.49	6.56	2.54	$4.59 \pm 2.99$
	35	4.70	0.78	4.86	7.69	6.70	2.12	$4.48 \pm 2.63$
	42	3.66	0.78	3.49	5.02	5.13	1.75	$3.31 \pm 1.75$
	49	3.11	0.59	2.63	4.58	—	1.86	$2.55 \pm 1.48$
	平均值	$3.48 \pm 1.06$	$0.96 \pm 0.66$	$2.43 \pm 1.61$	$6.27 \pm 3.16$	$3.95 \pm 2.33$	$2.05 \pm 0.61$	$3.17 \pm 2.42$

## 3 讨论

本研究利用传感器电测法技术,通过对复位固定器治疗桡骨远端不稳定骨折的牵引力值进行在体连续测量,观察到前臂肌群所产生的纵向静态肌张力值,以及握拳锻炼时前臂肌群所产生的纵向肌力峰

值,并连续观测直至骨折愈合。测量的桡骨远端骨折时静态肌张力值为2.26~9.93 kg,平均4.93 kg;纵向肌力峰值为0.13~10.40 kg,平均3.17 kg。研究结果证实,在桡骨远端骨折时前臂肌群具有较大的纵向肌张力及纵向肌力,前臂肌肉张力及肌肉收缩活动可产生较大的轴向压应力。

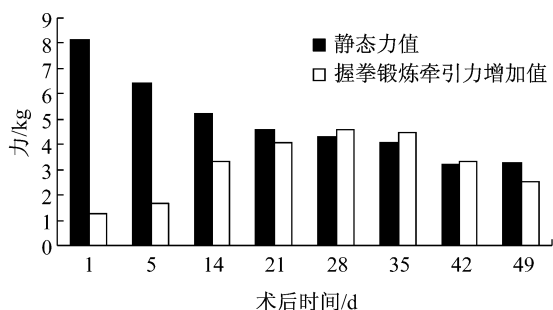


图4 6例桡骨远端骨折临床测试的静态力值和握拳增量力值平均值随时间变化

Fig.4 Static force and force increments in fist clenching measured from 6 cases of distal radius fracture patients

骨骼、韧带和肌肉3个因素共同维持关节稳定性。主动肌、拮抗肌及协同肌保持一定的张力,对维持关节稳定性起重要作用,而肌肉的收缩力依赖于骨骼的支撑。骨骼负担所有的轴向压力,通过关节传导至相邻骨。本研究结果显示,桡骨远端骨折初期,静态肌张力对骨所产生的轴向压力全部由复位固定器承担,6例病人平均 $(8.12 \pm 1.41)$  kg,随着骨折愈合,骨分担的肌张力逐渐增加,复位固定器承载负荷随时间逐渐减小,7周后复位固定器承载降至平均 $(3.25 \pm 0.77)$  kg。

握拳锻炼时牵引力值变化结果显示,骨折早期由于疼痛刺激及创伤反应,握拳幅度很小,所产生的轴向压力增加值相应很小。骨折愈合中期由于疼痛逐渐减轻,握拳幅度及力量均逐渐增大,压力增加值也相应增加,最大达到10.4 kg。而骨折愈合后期骨折断端骨痂逐渐形成,已能部分承担握拳运动产生的附加的轴向压力,复位固定器上承担的附加压力也相应减小。

本研究显示,复位固定器的在体牵引作用十分明显,通过贯穿骨折远、近端的克氏针能有效地对抗可能使骨折产生再移位的前臂肌群的力量。桡骨远端遭受强大致伤暴力导致重度骨折时,其松质骨结构的完整性受到严重破坏,完全丧失其作为骨骼的

支撑作用,而前臂肌肉骨折后保护性地维持一定的张力,收缩时产生更大的轴向压力。丧失支撑结构的桡骨远端在受到由桡-腕关节传递来的这些轴向压力时,极易导致骨折的再移位。本组病例原先均用传统石膏或小夹板外固定,因不能克服这些轴向压力,结果全部导致再移位。而改用骨穿针复位固定器外固定时,这部分轴向压力通过贯穿骨骼的克氏针传递到刚性的外固定框架上<sup>[6]</sup>。由于复位固定器承担了这些不利于骨折稳定的压力,使不稳定桡骨远端骨折折端可以保持在良好的整复位置上,直至愈合。

## 4 结语

前臂肌群在桡骨远端骨折时产生的纵向静态肌张力值为2.26~9.93 kg,平均4.93 kg;纵向肌力峰值为0.13~10.40 kg,平均3.17 kg。前臂肌肉张力及肌肉收缩活动可产生较大的轴向压应力,是桡骨远端不稳定骨折的不利因素。

## 参考文献:

- [1] 张兴平. 桡骨远端骨折治疗方法的选择与思考[J]. 中国骨伤, 2011, 24(11): 887-888.
- [2] 孟和. 中西医结合骨科外固定治疗学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 437.
- [3] 腾林, 钟刚, 刘刚, 等. 尺骨上段合并鹰嘴骨折内固定的生物力学研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2012, 26(1): 10-13.
- [4] 凌坤, 马克, 王玉谭. 动力加压单侧立体外固定器固定股骨粗隆间骨折的生物力学研究[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2012, 27(6): 503-506.
- [5] 易先宏, 陈红卫, 潘骏. 动力髋部螺钉与股骨近端髓内钉固定不稳定股骨转子间骨折的生物力学比较[J]. 医用生物力学, 2013, 28(2): 235-239.
- Yi XH, Chen HW, Pan J. Biomechanical evaluation on dynamic hip screw versus proximal femoral nail fixation for unstable femoral intertrochanteric fractures [J]. J Med Biomech, 2013, 28(2): 235-239.
- [6] 崔秀仁, 赵勇, 张兴平, 等. 持续牵引在纠正桡骨远端不稳定骨折中桡骨短缩的作用机制探讨[J]. 中国骨伤, 2009, 22(5): 376-377.