

外固定器在体轴向加压骨断端压力长期变化的实验研究

范里¹, 唐新宇², 李家元¹, 胡佑伦¹, 刘世清¹

(1. 武汉大学人民医院骨科, 湖北 武汉 430060; 2. 深圳中心医院骨科)

【摘要】 目的: 定量分析外固定器在体轴向加压时不同加压量、不同时期骨断端压力变化规律。方法: 建立在体骨轴向加压断端压力测试动物模型, 27 只大耳白兔随机分为 A、B、C 三组, 并分别加载 1.5、1、0.5 倍动物体重, 以应变片为传感器, 测量固定针应变。定标后 15 d 内每日测量固定针应变变化并转化为骨断端压力。结果: 外固定器轴向加压 15 d 内在体骨断端压力持续下降, 第 15 天在体骨断端压力剩余百分率: A 组 96%; B 组 96%; C 组 98%。结论: 外固定器轴向加压 15 d 内在体骨断端压力持续衰减, 且衰减幅度逐渐减少; 15 d 左右趋于稳定(≥额定压力的 95%)。

【关键词】 外固定器; 轴向加压; 应变

Experimental study on variation of pressure on fracture point pressed axially by external fixator in vivo

FAN Li*, TANG Xin-yu, LI Jia-yuan, HU You-lun, LIU Shi-qing.* Department of Orthopaedics, the People's Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, Hubei, China

ABSTRACT Objective: To design the method of measuring pressure on fracture site and quantitatively analyse the variation of pressure with different axial pressure at different time in vivo. **Methods:** The model was set up to measure the pressure on fracture point. 27 rabbits were randomly divided into three groups (group A, B and C) and the axial pressure were 1.5, 1, 0.5 times of the rabbits' weight respectively. The "strain voltage pressure curves" were calculated and the strain voltage was continually measured for 15 days. The results of strain voltage were transformed into the pressure on fracture point using the "strain voltage pressure curves".

Results: The pressure on fracture site in vivo kept declining in 15 days when the bones were pressed axially with external fixators. The surplus pressure on fracture point in vivo after 15 days was 96%, 96%, 98% respectively. **Conclusion:** The strain measurement of external fixator could be used in measuring fracture point pressure in vivo. The pressure on fracture point in vivo declined continually by pressing axially with external fixators. The heavier pressed, the faster declined, and it would be stabilized on fifteenth days.

Key words External fixator; Press axially; Strain

本实验采用微机在体生物力学测量系统及轴向定量加压装置, 探讨外固定器轴向加压时不同重量、不同时期骨断端压力变化规律, 得出压力-时间变化曲线和恢复额定压力后压力衰减幅度变化曲线, 为轴向加压时骨断端压力衰减的定量表达、临床外固定器术后压力调节提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验室设备 ①多导信号放大器: PMS 1200 放大倍数为 8 万倍的交流/直流放大器, 三通道, 共模抑制比 CMRR ≥ 100 dB。②A/D 卡: 北京产, 24 通道, 转换速度为 10 μs。③外固定器: AO 双侧多功能外固定器改进型: 即动物模型适用型, 将尺寸缩为原 1/4, 固定针直径 1.6 mm。④定量加压装置: 自制实验平台, 其上固定 4 个支架, 使外固定器能水平固

定。拧紧外固定器一端固定螺栓, 使另一端固定螺栓能在双边固定杆上水平自由滑动。滑轮牵引装置与滑动端螺栓相连, 滑轮承载重量即水平(轴向)加压量。⑤压力传感器: 北京红星传感元件厂生产的现代箔式应变片, 型号 BH120-0.5AC, 丝栅尺寸 0.5 mm × 1 mm, 电阻值(119.9 ± 0.1) Ω, 灵敏系数(2.1 ± 1)%。⑥电桥: 1/4 惠斯登电桥。

1.2 实验方法 ①实验动物与分组: 健康大耳白兔 27 只, 体重 2~2.5 kg, 雌雄不限。随机分为三组, A 组: 轴向加压 1.5 倍动物体重; B 组: 轴向加压 1 倍动物体重; C 组: 轴向加压 0.5 倍动物体重。②动物模型制作: 3% 的戊巴比妥钠按 30 mg/kg 经耳缘静脉注射麻醉。以左侧胫骨为实验骨: 前内侧纵形切口; 胫骨中段横形截骨; 针孔定位器定位, 内外方向平行打入 4 枚克氏针(直径 1.6 mm); 外固定器边杆间距 4 cm; 截骨处远近 2 枚克氏针间距 1.5 cm; 截骨间针距

3.0 cm。外固定器固定在实验台上,近端螺栓固定,远端螺栓自由滑动,与滑轮相连,以备加载。③应变片的粘贴:选取与针弯曲方向相反的面为粘贴面。粘贴点为近心端克氏针距骨右缘1.5 cm处。用乙醇、氯仿棉球擦洗针面,干燥后用瞬间502胶在应变片基底均匀涂一薄层,再以镊子夹住引线,将应变片粘放在克氏针进针点远端0.5 cm处,用小棉垫持续轻压3 min,以减少粘贴剂层中产生气泡的可能性。粘贴剂固化后,表面用 α -氯丁橡胶作防潮绝缘覆盖。④定标:以200 mg为单位,由小到大在外固定器上加载,从计算机和示波器上读出电压变化,作出加压量-应变电压曲线,求出加压量与应变电压拟合方程。⑤外固定器轴向加压后应变电压的监测:术后第2天起,每日将动物麻醉,以同样的方法测出应变电压

值,再将外固定器重新加压至额定压力。应变片、导线保护后,动物自由活动,持续15 d。⑥通过加压量-应变电压曲线,将应变电压换算为在体骨断端压力。

1.3 统计学处理 实验数据用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,结果用 *t* 检验。

2 结果

外固定器轴向加压骨断端加压量-应变电压定标,结果见表1。

每日恢复额定压力,外固定器轴向加压15 d在体骨断端压力变化,见表2。

根据加压量-应变电压定标曲线,将应变电压换算为在体骨断端压力,见表3。

表1 加压量-应变电压定标
Tab. 1 Press strain voltage normality

Volume of pressure(kg)	0.40	0.80	1.20	1.60	2.00	2.40	2.80	3.20
Strain voltage(V, $\bar{x} \pm s$)	0.26±0.04	0.70±0.10	1.20±0.13	1.44±0.16	1.62±0.18	1.76±0.20	1.86±0.22	1.96±0.25

表2 每日恢复额定压力在体骨外固定器轴向加压15 d应变电压变化($\bar{x} \pm s$)
Tab. 2 Changes of strain voltage in reverting specified axial pressure in 15 days($\bar{x} \pm s$)

Times (d)	Group A		Group B		Group C	
	Strain voltage(V)	Surplus rate(%)	Strain voltage(V)	Surplus rate(%)	Strain voltage(V)	Surplus rate(%)
1	1.12±0.17	57	1.11±0.14	67	1.00±0.12	85
5	1.60±0.22	81	1.39±0.17	84	1.09±0.13	92
10	1.87±0.25	95	1.53±0.18	92	1.12±0.14	95
15	1.96±0.27	99	1.63±0.20	98	1.16±0.14	98

表3 每日恢复额定压力外固定器轴向加压术后15 d在体骨断端压力变化($\bar{x} \pm s$)
Tab. 3 Changes of axial pressure in reverting specified strain voltage in 15 days($\bar{x} \pm s$)

Times (d)	Group A		Group B		Group C	
	Pressure(kg)	Surplus rate(%)	Pressure(kg)	Surplus rate(%)	Pressure(kg)	Surplus rate(%)
1	1.12±0.18	34	1.11±0.15	53	1.00±0.12	85
5	1.92±0.32	58	1.49±0.20	71	1.09±0.13	93
10	2.80±0.35	85	1.76±0.24	84	1.12±0.14	95
15	3.20±0.43	96	2.02±0.27	96	1.16±0.14	98

表3结果显示:外固定器轴向加压15 d内在每日恢复额定压力条件下在体骨断端压力仍持续下降;每日压力下降幅度逐渐减小;前5 d压力下降值较大,后10 d较小,第15天在体骨断端压力基本稳定(≥额定压力的95%)。

3 讨论

有观点认为,外固定器加压可提高固定刚度,有利于骨折愈合^[1,2],若骨断端压力衰减而未及时补充,不但外固定器失去加压的优势,而且在患肢负重运动时可因应力遮挡作用而妨碍骨折愈合。本实验揭示了外固定器轴向加压后在体骨断端压力变化规律,定量分析了轴向加压量与在体骨断端压力变化的对应关系。结果提示:在临床使用外固定器治疗骨折时,为保持恒定的轴向压力,维持骨折愈合最佳力学环境,术后早期(2周内)适当调节外固定器压力以补充损失量是非常必要的。由于轴向加压量过大会造成骨质压缩吸收且压力衰减过快,在术中加压时,以轴向加压0.5~1倍患者体重为宜。

此结果不但从力学角度证实了其他学者从组织形态学得出的结论^[2,3],而且为外固定器术中加压、术后压力调节提供了理论依据。在体骨断端压力衰减的原因是:相对于刚度较大的复合材料,骨组织具有较强的粘弹性,其应力-应变关系是非线性的,存在明显的应力松弛和蠕变现象。在外固定器固定条件下,轴向压力就会随骨组织的蠕变而在骨断端表现出明显的松弛现象。Perron^[4]强调在外加压力和生理应力的刺激下骨断端会发生微小变形和骨组织的微小吸收,即使变形10~20 μ m,或者吸收1~2层骨细胞厚度,也会使压力急骤下降。如骨折断端留有3~4 mm间隙时,该处成骨细胞难以生存而被纤维软骨组织充填不利于骨愈合。作者认为骨断端压力衰减是在体骨组织对外加压力适应的表现。根据Wolff定律,骨骼结构应与其生理应力相适应。由于外加压力存在,原骨骼结构不能适应变化了的力学环境,因此出现骨组织吸收、压缩等应变。较大的外加压力导致较大的骨组织吸收、压

缩,所以骨断端压力下降较快。在骨折的早期(1 d),骨断端压力衰减最快。在较长期的恒定压力作用下,在体骨组织的应变能力下降,骨断端压力下降幅度逐渐减小,15 d 左右基本稳定。这说明在 2 周时,在体骨组织已建立起新的组织结构(骨密度增高、骨纤维数量增多和骨细胞间隙压缩等),以适应新的力学环境。

骨折延迟愈合的原因之一是骨折端松动缺乏生理性应力刺激^[5]。骨折断端相互挤压使其纵轴受到负重应力,即轴向移动性动态外固定,使骨处于功能状态,有利于骨痂的生长、塑形和模造,按生理需要进行修复,促进骨的生成^[6]。本实验证实,应用外固定器治疗骨折,在术后 2 周内每天适当加压能补充骨折断端压力衰减,而保持骨折断端间的压应力更有利于骨折愈合。

参考文献

- 1 Lazor Zbiko Wski J, Aguilar F, Mozo F, et al. Biocompression. J Bone Joint Surg(Am), 1985, 67: 598.
- 2 李建福,李起鸿,张信东. 压应力促进骨折愈合的实验观察. 中国矫形外科杂志, 1997, 4(3): 217.
- 3 李建福,李起鸿. 兔胫骨应力电位与骨折愈合相关性研究. 中华实验外科杂志, 1996, 13(3): 178.
- 4 Perren SM. Physical and biological aspects of fracture healing with special reference to internal fixation. Clin Orthop Rel Res, 1979, 138: 175.
- 5 胡永久,胡永胜,孟氏外固定架在治疗胫骨骨折的并发症及预防对策. 中国骨伤, 2002, 15(2): 114.
- 6 吴峰,王志选,何仁荣. 组合式单侧外固定架在治疗胫骨骨折骨不连中的应用. 中国骨伤, 2002, 15(8): 477-478.

(收稿日期: 2005- 03- 17 本文编辑: 王宏)

• 短篇报道 •

镰刀形针刀治疗指屈肌腱狭窄性腱鞘炎

孙彦奇, 徐可民

(清丰县人民医院针灸科, 河南 清丰 457300)

指屈肌腱狭窄性腱鞘炎又称“弹响指”、“扳机指”,以拇指食指和中指受累较多,是手工劳动者的常见病和多发病。自 2003 年 6 月- 2004 年 5 月运用镰刀形针刀治疗本病 50 例,均经一次治疗后痊愈。现报告如下。

1 临床资料

本组 50 例,男 15 例,女 35 例;年龄 28~ 75 岁,平均 51 岁;病程最长 2 年,最短 3 个月。右手拇指 16 例,中指 8 例,食指 6 例;左手拇指 8 例,中指 4 例,食指 8 例。本组患者均有手指伸屈功能障碍,伴有掌骨头压痛。均符合指屈肌腱狭窄性腱鞘炎的诊断标准。

2 治疗方法

让患者平卧于治疗床上,掌心向上,术者在掌骨头处用右手寻找压痛点和滑动结节,在压痛处远端 5 mm 左右处定点。局部皮肤常规消毒,用 1% 利多卡因 2 ml 浸润麻醉,镰刀形针刀尖垂直刺入皮下,将针体右旋 90° 角,轻推针刀沿肌腱方向近心端推移,钝性推开腱鞘上的皮下组织,当推过压痛点(增厚腱鞘处)后,再将针柄左旋 90° 角,使针刀在皮下立起,用右手下压针柄将针刀垂直刺入鞘内,向上提拉针体使针体与皮肤呈 45° 角,针刀钩住腱鞘韧带慢慢回拉(向指远心端移动),此时可听到钩割增厚腱鞘的“喳喳”声,针刀从原针孔退出,让患者活动患指 2~ 3 次,观察患指是否有伸屈功能障碍,若仍有轻微弹响声可依上法重新操作一次至手指活动自如,出针刀,压迫止血,无菌纱布包扎即可,术后嘱患者多活动患指,防止粘连。

3 结果

50 例均获得了一次治愈的良好效果,每例在术后 5 d 换

药,手指功能都已恢复正常。有 3 例患者手指活动时掌骨头处有轻微疼痛感,3 个月后电话随访 50 例患者全部康复。

4 讨论

指屈肌腱狭窄性腱鞘炎,是由于手指屈肌腱与骨性纤维管反复摩擦或长期手持硬物,使骨性纤维管受重物与掌骨头的长期挤压,局部发生充血水肿,继之纤维管变性,使腱鞘管腔受挤压处变窄,指屈肌腱受压,中间变细,两端膨大呈葫芦状,屈指时,肌腱膨大部分通过狭窄的腱鞘时便出现手指伸屈功能障碍。

镰刀形针刀垂直刺入患处皮下后,将镰刀尖垂直刺入腱鞘上管的纤维管内,并在回拉的过程中将狭窄的纤维管上管部分纵行切割开,使狭窄的腱鞘得到松解,解除了对指屈肌腱的挤压,使两端膨大的肌腱迅速消失,屈指肌腱在鞘管内顺利通过,手指弹响消失,手指伸屈功能恢复正常,疼痛逐渐消失。本疗法优点是患处皮肤只有针孔样皮损,不用缝合,不留瘢痕,创伤小,痛苦小,易于被患者接受,又能达到一次治愈本病的目的。本疗法中所用镰刀形针刀,专为治疗本病设计。根据针身的直径和镰刀头的大小,分为:针身直径 1.5、1.2、1.0 mm 大中小 3 个型号,大号用于拇指;中号用于中指、食指;小号用于小指(所用产品为江苏省常熟市奥吉利医疗器械股份公司所生产准字号产品,钛合金材料制造)。刀头锋利,操作方便。注意事项:每次手术时都要认真检查镰刀头的稳定性,以防手术时折针现象的发生,术中要严格无菌技术操作。术后可口服 3 d 抗生素,以防刀口感染。

(收稿日期: 2004- 12- 18 本文编辑: 王宏)