

· 基础研究 ·

小夹板固定系统的骨干轴向牵引作用分析

钟红刚, 刘卫华, 董福慧

(中国中医科学院望京医院, 北京 100700)

【摘要】 目的: 测量小夹板固定骨干骨折时骨干轴向牵引力。方法: 通过有机玻璃材料加工成类似哑铃形状模拟长骨两端膨大的特征, 在模拟骨干骨折截断处串联安装力传感器; 同时, 采用布袋液压囊模拟肌肉等软组织, 测量夹板固定时断端骨干轴向牵引力。结果: 轴向牵引力与横向夹板压力有正相关, 产生的骨干轴向牵引力约为夹板横向加压压力大小的 1/10。结论: 筋膜包裹的肌肉与布袋液压囊力学作用类似, 夹板在肢体侧面横向加压时, 在骨折端可以产生骨干轴向牵引力。

【关键词】 小夹板; 骨折; 力

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2017.01.013

Analysis of the axial stretching force of the small splint fixation system ZHONG Hong-gang, LIU Wei-hua, and DONG Fu-hui. Wangjing Hospital, China Academy of Chinese Medical Science, Beijing 100700, China

ABSTRACT Objective: To measure the axial stretching force produced by the small splint fixation system in the treatment of the fracture. **Methods:** Dumbbell shaped plexiglass was machined to model the bone shaft with expanded two ends. Force transducer was set at the model fracture site to measure the stretching force produced by fracture fixation of the small splint with cloth aqueous bag that simulated the muscles and other soft tissue underneath. **Results:** There was positive relationship between the axial stretching force produced at the model fracture site and the transverse pressing force exerted by the external plates. The ratio of which was 1/10. **Conclusion:** Muscle enwrapped with fascia is similar to the cloth aqueous bag system in mechanical structure. From this article, axial stretching force exists at the bone shaft fracture site when fixed by small splint which exerts the force transversely from the outside of the extremity.

KEYWORDS Small splint; Fractures; Force

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2017, 30(1): 57-59 www.zggszz.com

小夹板治疗骨折的基本原理是通过侧面维系, 利用肢体密闭液压体系, 依靠肌肉的侧面压力维持骨折断端稳定; 同时, 借助压垫的局部复位力量形成约束杠杆或者达到分骨对位等力学作用。其优势在于无创, 允许肌肉活动, 从而促进血液循环, 并在肌肉活动中可以使骨折断端自动复位。但缺点是在骨干轴向往往不能达到足够的牵引力来对抗肌力和重力等, 容易产生骨折再移位^[1]。有研究对小夹板固定中流体不可压缩性原理进行了阐述, 并列举了由此产生的“空间稳定效应”“空间极化效应”和“维持肢体整复后的长度”等效果^[2]。魏成建等^[3]采用气囊替代布带捆扎夹板, 实现了小夹板智能压力调整。但由

于其气囊在夹板外侧, 不直接接触体表, 未见其描述轴向牵引作用。本研究通过简化的骨折力学模型的力学测试说明横向的夹板约束力在骨干上产生轴向牵引力的机制和相关条件, 探索非穿针条件下实现骨折轴向牵引的外固定实用方法。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

从骨的大体解剖形态观察, 长骨的两端膨大, 具有哑铃形态趋向。本研究通过对这一特征的简化模拟, 采用亚克力(有机玻璃)材料自制横断骨干中部骨折模型, 模型尺寸如图 1, 总长度 260 mm。两端膨大部横截面:(左右)宽 70 mm×(前后)厚 33 mm。模型骨干横截面:(左右)宽 30 mm×(前后)厚 33 mm。

骨干轴向牵引力测试仪器如图 2。采用 2 个自制的布袋液压囊分别放置在两侧, 长度正好在两端膨大的斜坡之间。这种布袋液压囊模拟肌肉-筋膜系统, 采用含水的密闭硅橡胶球放置在长圆筒形状的布袋中制成。改变布袋收口约束条件(长度和松紧等)可以调整布袋内的压强。2 个布袋液压囊长度

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 81573809); 中国中医科学院自由探索项目(编号: zz0708093)

Fund program: Provided by National Natural Science Foundation of China (No. 81573809)

通讯作者: 钟红刚 E-mail: zhglyw2013@163.com

Corresponding author: ZHONG Hong-gang E-mail: zhglyw2013@163.com

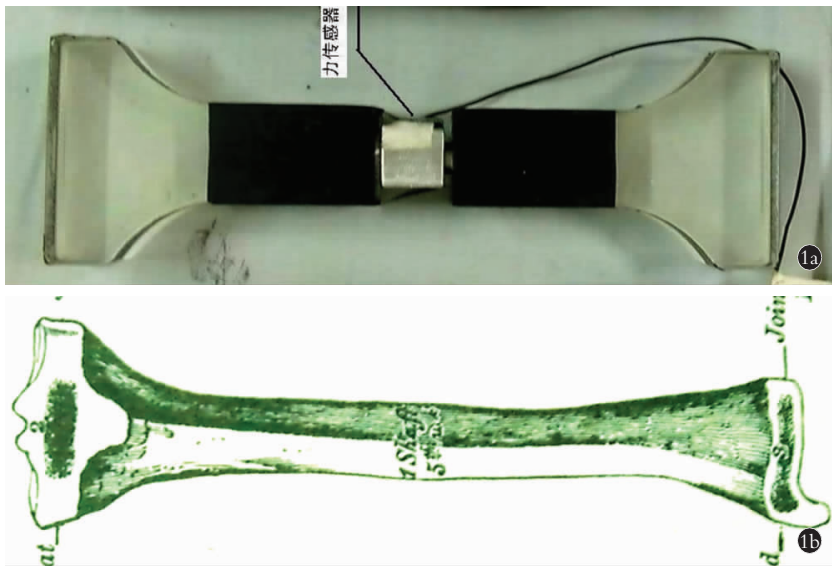


图 1 骨的简化模型(1a)和胫骨解剖示意图(1b)。1a 中部为力传感器
 Fig.1 Simplified model of the bone shaft (1a) and the figure of the tibiae (1b). In the middle of figure 1a is force transducer

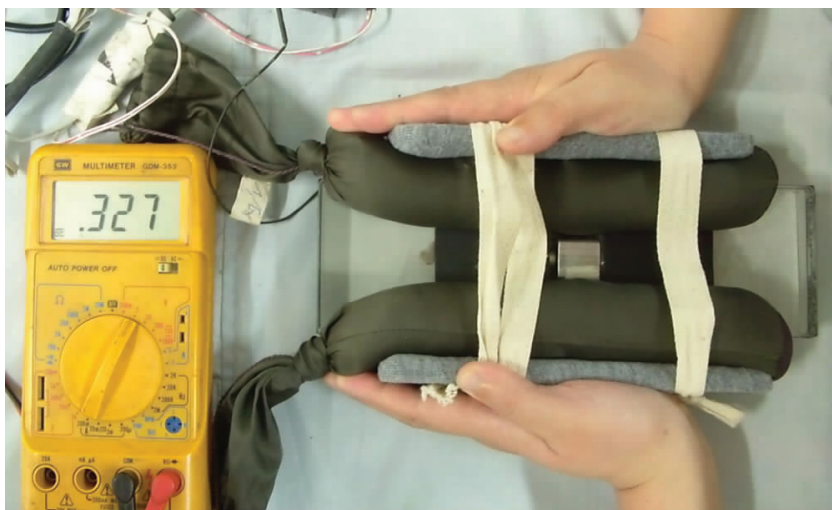


图 2 骨干轴向牵引力测试(夹板和模拟骨干之间为布袋液压囊)
 Fig.2 Test of the axial stretching force of the simulated bone fracture model

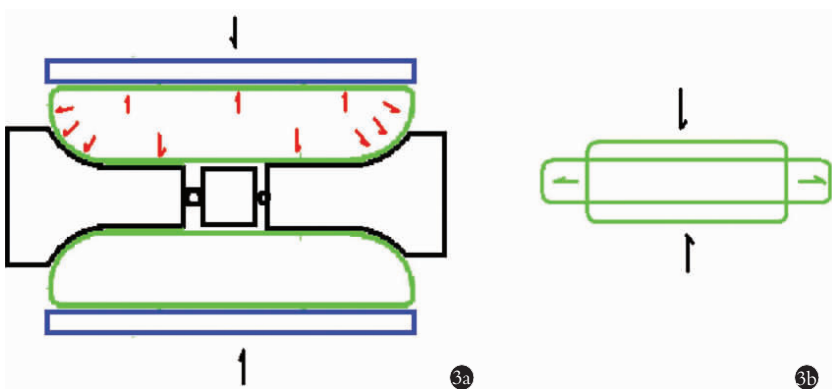


图 3 实验加载模式图(3a)和牵引力产生原理示意(3b)。体积不变,横向被动加压,长度变长
 Fig.3 Loading pattern(3a)and the figure(3b) showing the theory of producing stretching force

190 mm,直径 50 mm。布袋液压囊内液压-侧向平板压力关系曲线斜率为 3.17 kPa/kg。采用 2 块前臂前后侧夹板从侧向加压。

骨折断端放置自制应变片式拉压力传感器。经标定得到其量程 10 kg,线性度 0.2%,灵敏度 3.3 kg/V。采用万用表读数记录传感器输出电压,乘以灵敏度系数得到力值。夹板加压采用标准 5 级(M1)砝码组。

1.2 实验方法

在宽度 80 mm,长度 250 mm,深度 200 mm 的有机玻璃盒中(图 3),侧向紧贴一侧垂直侧壁放置模拟夹板固定系统,以免翻倒。在夹板上放置砝码,利用重力加载,作为模拟骨干骨折横向夹板压力 P。列表记录砝码重量和拉力传感器相应的输出电压读数,电压读数乘以灵敏度系数换算成拉力,即骨干轴向牵引力 F。

1.3 观测指标与方法

从 0~9 kg 分 10 个级别加载,每个级别加载和卸载测量骨干轴向牵引力 3 次。取 3 次测量的平均值。

1.4 统计学处理

本研究所有计算按统计学原理独立完成,未使用统计软件。分别计算 10 个级别 3 次加载骨干轴向牵引力平均值和标准差。计算骨干轴向牵引力 F (3 次测量平均值)与小夹板侧向加压力 P(即砝码重量)相关系数 r,并通过相关性检验,判断相关性是否显著。采用最小二乘法自行计算,直线拟合骨干轴向牵引力 F 与小夹板侧向加压力 P 关系曲线,得到直线斜率 b,采用直线回归系数检验,判断线性关系的显著性。

2 结果

模拟骨折断端轴向拉伸力与夹板横向力测量结果见表 1。

由表 1 中数据计算相关系数 $r=0.9723, t=11.767, P<0.001$,有显

表 1 模拟骨折断端轴向拉伸力与夹板横向力关系数据表
Tab.1 Data of the axial stretching force and the related transverse compression force of the simulated fracture model

小夹板加压力 P(kg)	模型骨轴向拉伸力 F (x±s, kg)	样本数
0	0±0	3
1.0	0.011±0.007	3
2.0	0.060±0.010	3
3.0	0.119±0.023	3
4.0	0.211±0.033	3
5.0	0.307±0.040	3
6.0	0.419±0.066	3
7.0	0.552±0.083	3
8.0	0.706±0.083	3
9.0	0.888±0.043	3

著相关性。表明夹板横向加压在模型骨折端可以产生骨干轴向牵引力,与横向夹板压力有显著正相关。

由表 1 中数据,采用最小二乘法,得到模型骨轴向拉伸力 F 和小夹板加压力 P 间线性关系:

$$F=0.1 P - 0.12。$$

拟合直线的斜率 $b=0.1$ 。表示所产生的轴向牵引力约为夹板横向加压力大小的 1/10。根据表 1 中数据和拟合直线方程,计算回归系数标准误 $sb=0.008 367$,回归系数显著性检验 $tb=|b-0|/sb=0.1/0.008 36 = 11.95, P<0.001$,表明线性关系显著(图 4)。

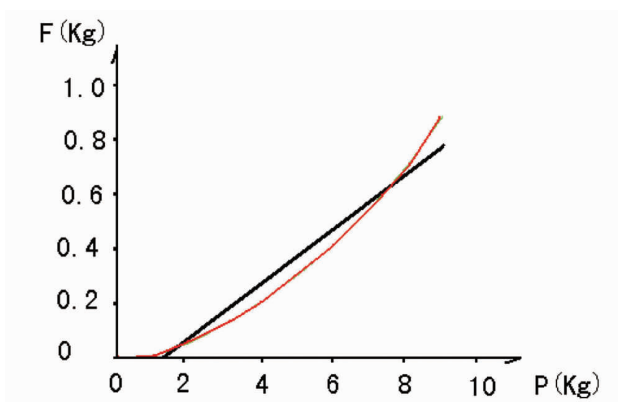


图 4 模型骨受到的骨干轴向牵引力 F 与小夹板侧向加压力 P 关系曲线(图中曲线为原始数据,直线为拟合直线)

Fig.4 Curves showing the relationship between the axial stretching force F and the related transverse compression force P

3 讨论

本研究结果说明,模拟肌肉筋膜系统的密闭布袋液压囊直接作用于模型骨干表面时,夹板横向压力可以通过布袋液压囊转化为轴向牵引力。这种牵

引力可能来源于两种作用:(1)布袋液压囊受压变形产生有限的伸长直接撑顶两端膨大;(2)布袋液压囊侧面与模型骨干表面的摩擦传递。具体机制还需进一步探讨。

可以通过改变不同材质和形状,进一步提高牵引力产生的比率。在肌肉或软组织丰厚的地方,筋膜包裹的肌肉与布袋液压囊作用类似,同理也会产生牵引力,实际力值需要在体测试。本研究采用简化模型,而实际条件下骨干可能四周都被肌肉包绕,情况更复杂。本研究结果还提示,骨折如果靠近肢体末端,软组织较少,可以附加布袋液压囊,帮助产生骨干轴向牵引力。

与本研究方法不同,自 1960 年代开始,孟和^[4]采用穿针外固定方法,通过骨穿针和外固定支杆框架,获得了骨干轴向支撑和牵引力,有效地解决了骨折愈合过程中肌肉收缩活动可能产生的再移位问题,为固定过程中动静结合,通过主动功能锻炼促进骨折愈合提供了必要的条件。至今已发展到全身各个部位,包括关节内骨折治疗,形成了中国骨折复位固定器疗法。

本研究旨在寻找新方法,克服传统小夹板系统牵引力不足的问题。需要进一步通过新鲜标本和无损在体测试深入研究,例如将传统小夹板和穿针外固定方法结合创新,在保持小夹板优点条件下获得足够的轴向牵引力。

参考文献

- [1] 张兴平,钟红刚,孟和. 复位固定器治疗桡骨远端骨折的在体力学测试[J]. 医用生物力学,2013,28(3):300-303.
ZHANG XP,ZHONG HG,MENG H. Biomechanical tests in-vivo on reduction fixator for distal radius fractures[J]. Yi Yong Sheng Wu Li Xue, 28(3):300-303. Chinese.
- [2] 董福慧,尚天裕. 小夹板固定治疗骨折的生物力学研究[J]. 中国中医药学报,1988,3(3):179-183.
DONG FH,SHANG TY. Biomechanical research on treatment of bone fracture with small splint fixation[J]. Zhongguo Zhong Yi Yao Xue Bao, 1988,3(3):179-183. Chinese.
- [3] 魏成建,王以进,张盼,等. 智能气囊小夹板治疗桡骨远端不稳定骨折的生物力学研究[J]. 中华中医药杂志,2015,30(4):1256-1258.
WEI CJ,WANG YJ,ZHANG P, et al. Biomechanical study of small splint with intelligent airbag for the treatment of unstable distal radius fracture[J]. Zhonghua Zhong Yi Yao Za Zhi, 2015,30(4):1256-1258. Chinese.
- [4] 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,2005:14.
MENG H. Orthopaedic Therapy by Combination of Traditional Chinese and Western Medicine with External Fixation[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2005: 14. Chinese.

(收稿日期:2016-0521 本文编辑:连智华)