

## 实验研究

## 影响骨外固定刚度和应力分布因素的实验研究

第三军医大学大坪医院 (重庆 630042) 赵建华 李起鸿\*

**摘要** 本实验通过体外力学测试研究固定钢针数目、针直径和骨断端加压固定等因素对骨外固定刚度和应力分布的影响。实验结果表明:增多固定针数,增大针直径能显著提高骨外固定刚度 ( $P < 0.05$ ),同时也非常显著地增大了应力遮挡率 ( $P < 0.001$ );骨断端加压固定既能显著提高骨外固定刚度 ( $P < 0.05$ ),又能非常显著地降低应力遮挡率 ( $P < 0.0001$ )。说明可以通过调整固定钢针数目、针直径和骨断端加压量,使骨外固定刚度和应力分布最适宜骨折愈合。

**关键词** 骨外固定 生物力学

我们已研究报道了半环槽式外固定器固定人体胫骨条件下的应力分布<sup>[1]</sup>,在此基础上,对其固定刚度也进行了实验研究,现报道如下。

### 材料与方 法

#### 1. 标本来源,保存及加工

从 5 具急性外伤死亡的新鲜男性尸体中取出人体胫骨 10 根,年龄 20~30 岁。用 Ringer 氏液纱布包裹,装于密封塑料袋,置于低温冰箱 ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) 保存。

实验前一天晚上置普通冰箱 ( $4^{\circ}\text{C}$ ),实验前用牙托粉浇铸胫骨两端,使其成为相互平行且垂直于胫骨长轴的两平台,以便实验中平稳加载。

#### 2. 仪器与设备

SY-Ⅲ型数字电阻应变仪一台, YJD-17 型动、静态电阻应变仪一台及配套设备。成都量具刃具厂生产的百分表 2 个,李氏<sup>[2]</sup>半环槽式外固定器(大号)一付。重庆大学力学系制作的加载装置一台,拉、压传感器 3 个,位移传感器 3 个。

#### 3. 观测指标和方法

将 3 个位移传感器置于胫骨干中段的内、外、后面,以测量胫骨受载时,其骨干中段 6cm 内轴向位移值。3 个拉、压传感器与半环槽式外固定器的 3 根螺杆相连,以测量骨外固定系统受载时,3 根螺杆的受力。将各传感器的引线接

电阻应变仪和平衡箱相应各点,测量前调试仪器,记录初始值。每一指标的测量均反复进行,直至 3 次连续测量结果的误差  $< 5\%$  为止。

1. 完整胫骨轴向加载 100kg 时,胫骨中段 6cm 内轴向位移值。

由于胫骨中段 3 个面的受力不一致,前内侧受张应力,外侧及后面受压应力<sup>[1]</sup>,所以,胫骨中段 6cm 内轴向位移值 = 3 个位移传感器所测值的绝对值之和  $\div 3$ 。

2. 胫骨截断后,不同骨外固定条件下的应力遮挡率、骨外固定刚度、最大承载量及骨断端水平位移值。

用钢锯条将胫骨从骨干纵轴中点横断,按下列顺序测试。(1) 2 环 (4 针), 针直径 ( $\varnothing$ ) 2.0mm, 未加压;(2) 3 环 (6 针),  $\varnothing$  2.0mm, 未加压;(3) 3 环,  $\varnothing$  2.5mm, 未加压;(4) 3 环,  $\varnothing$  2.5mm, 加压。穿针固定方法与李氏<sup>[2]</sup>所用相同,其中换针时,经原针道,即针直径 2.0mm 克氏针所经针道。加压是用外固定架对骨断端施加 18kg 压力;未加压是指骨断端仅接触而无压应力。每次加载 3kg,记录胫骨中段 6cm 内轴向位移值及骨断端水平位移值,直至出现不可逆性改变为止,记录最大承载量。

由于胫骨中段向前有一生理弧度,骨外固定系统受载时,骨断端前后移位将大于侧方移位。所以,将 2 个百分表的测量头分别置于骨

断端的近端前面和远端后面，以测量两骨断端的水平位移值。骨断端水平位移值=2个百分表所测值之和。鉴于人体胫骨为各向异性、非均匀材料，组织结构复杂，机械性能差异大。为便于统计分析，将实验胫骨视为刚体，骨外固定刚度就可用完整胫骨刚度的百分数表示。

骨外固定系统的轴向压缩刚度 =  $\frac{W}{d} \div \frac{100Kg}{D} \times 100\%$ 。其中 W 为骨外固定系统轴向承载量；d 为骨外固定系统轴向承载 W 时胫骨中段 6cm 内的轴向位移值；D 为完整胫骨轴向承载 100kg 时，胫骨中段 6cm 内的轴向位移值。骨外固定条件下轴向应力遮挡率 =  $\frac{W'}{W} \times 100\%$ ；其中 W 为骨外固定系统轴向承载量，W' 为骨外固定系统受载 W 时，3 根螺杆受力之和。

4. 数据处理

所有数据均采用第三军医大学数理统计教研室提供的“SPMR”统计程序包，在 APPLE - I 型电子计算机上进行统计分析。

结 果

不同骨外固定条件下的应力遮挡率与骨外固定刚度见图 1。骨外固定系统轴向承载 18kg 时骨断端水平位移值及最大承载量见图 2。统计分析表明：增多固定针数、增大针直径能显著提高骨外固定刚度 ( $P < 0.05$ )，降低骨断端水平位移值 ( $P < 0.05$ )，提高最大载荷值 ( $P < 0.05$ )，同时也非常显著地增大了应力遮挡率 ( $P < 0.001$ )。骨断端加压固定既能显著提高骨外固定刚度 ( $P < 0.05$ )，降低骨断端水平位移值 ( $P < 0.001$ )，提高最大载荷值 ( $P < 0.001$ )，同时也非常显著地降低了应力遮挡率 ( $P < 0.0001$ )。

讨 论

固定刚度和生物压力是影响骨折愈合的两大基本生物力学因素<sup>[3]</sup>。Finlay<sup>[4]</sup>通过体外力学测试证明：增大针直径、增多固定针数或骨断端加压固定是提高骨外固定刚度的主要因素。本实验结果不仅证明了增大针直径、增多针数

或骨断端加压固定能显著提高骨外固定刚度，减少骨断端侧方移位，还证明了增大针直径、增多固定针数将非常显著地增大应力遮挡率，骨断端加压固定能非常显著地降低应力遮挡率。这一结果表明，提高骨外固定刚度并非一定增大应力遮挡率，其中关键是对骨断端进行轴向加压。轴向加压可增加骨断端间静态摩擦，从而提高骨外固定刚度，减少骨断端间水平位移；同时，由于骨断端紧密接触，有利于压应力通过骨断端传导。

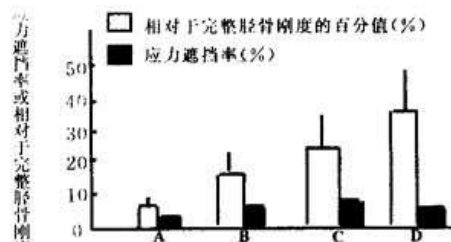


图 1 不同骨固定条件下的固定刚度的相对值 (相对于完整胫骨) 与应力遮挡率  
A: 2 环 φ2.0mm 未加压 B: 3 环 φ2.0mm 未加压  
C: 3 环 φ2.5mm 未加压 D: 3 环 φ2.5mm 加压

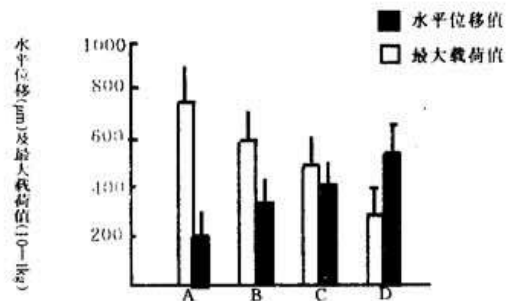


图 2 不同骨外固定条件下，轴向加载 18kg 时骨断端水平位移值及最大载荷值  
A: 2 环 φ2.0mm 未加压 B: 3 环 φ2.0mm 未加压  
C: 3 环 φ2.5mm 未加压 D: 3 环 φ2.5mm 加压

半环槽式外固定器是我国目前常用的多平面式外固定器，它对骨表面应力分布状况无显著影响，且能对骨断端均匀施加压力<sup>[1]</sup>。本实验结果 (图 2) 表明：半环槽式外固定器在 A 条件下的最大承载量为 21kg，D 条件下的最大承载量为 54kg。超过上述重量，固定骨断端将发生不可逆性侧方移位，骨断面失去正常对合关系，不利于骨愈合。这一结果说明，上述四种固定条件下均不能进行负重活动。其中，A 条件下不宜进行膝关节功能锻炼，应避免采用，因

为正常膝关节活动所需伸力平均为 21kg<sup>[5]</sup>。

根据本实验结果,我们认为运用半环槽式外固定器治疗骨折,应争取做到:(1)采用3环(6针),针直径2.0mm或2.5mm,达到基本固定刚度,避免较大的应力遮挡;(2)运用外固定器对骨断端加压固定,既可增大固定刚度,又有利于压应力传递;(3)早期进行非负重功能锻炼,避免负重活动,防止骨断端错位;(4)骨折愈合后期,适当减少钢针,螺杆数目,可降低应力遮挡率,有利于骨痂塑形。

#### 参考文献

1. 赵建华,等.多平面骨外固定条件下的应力分布及其影响因素的实验研究.中华创伤杂志 1992; 8(4): 228
2. 李起鸿,等.半环槽式外固定器研制与临床应用.中华骨科杂志 1984; 4(6): 322
3. Lazo-zbikowski J, et al. Biocompression external fixation clin Orthop. 1986, 206: 169
4. Finlay JB, et al. Stability of ten configurations of the Hoffmann external-fixation frame. J Bone Joint Surg 1987, 69-A(5): 734
5. Kaufer H. Mechanical function of the patella. J Bone Joint Surg 1971, 53-A(8): 1551 (收稿: 1995-10-06)

## 园棍滚推法整复史密斯骨折

福建省漳州市中医院 (363000) 李冬冬 李克

笔者自 1987 年~1995 年 12 月采用园棍滚推法治疗史密斯骨折 65 例,收到满意效果,现报道如下。

**临床资料** 本组均为门诊病例,男 48 例,女 17 例;年龄 14~75 岁,骨折类型:I 型骨折线为横斜行、自背侧通达掌侧未波及关节面、远折段连同腕骨向掌侧移位,向背侧成角者 38 例;II 型骨折斜行,自背侧关节面或边缘斜向近段掌侧,远折段连同腕一并向掌侧及近侧移位(其中粉碎性 8 例) 14 例;III 型桡骨下端骨折线自背侧干骺端斜向掌侧,远折端为三角形骨块、连同桡骨骨骺、腕骨向掌侧移位 13 例。伤后就诊时间:5 小时~2 天 53 例,3~7 天 6 例,8~12 天 2 例,13 天以上 4 例。整复后骨折对位情况:解剖对位 58 例,近解剖对位 7 例。随访结果:最长 5 年、最短 3 个月。手腕无畸形,前臂旋转功能正常 60 例,手腕稍见畸形、旋转功能正常 5 例。

**治疗方法及材料** 材料园棍 1 支(长 30cm,直径 2.5cm)。杉皮板 4 块:背侧板不超腕横纹,掌侧板超腕关节 2cm,桡侧板与桡骨茎突平齐,尺侧板不超出尺骨茎突。加压平垫 2 块(厚 0.2cm 长宽 4×3cm)。绷带 2 列。三角巾一条。棉花适量。

**整复方法:**患者取坐位或仰卧位。陈旧性骨折采用臂丛麻醉,新鲜骨折可不给麻醉。整复前先用热水毛巾热敷骨折处(温度 38°为宜,避免烫伤皮肤)。令一助手

双手握住患侧肘关节、屈肘 90°固定牵引,另一助手双手握住大小鱼际,与地面平行对抗牵引,约 2~3 分钟,术者两手握住园棍两端,于患肢背侧骨折远端向近端滚推,同时令远端助手持续牵引,徐徐将患肢旋后 50°即可复位。平垫放在背侧骨折端,分别置放杉皮夹板,包扎固定。手腕固定在背伸位。前臂旋后位悬吊胸前。固定时间 4~5 周。

内服渗湿和中、理气活血祛瘀、续筋接骨中药。骨折初期:温胆汤(竹茹、枳壳、茯苓、法夏、陈皮、甘草)加味,归尾、人中白、土鳖虫、车前、三亚椏,一剂/天,连服 14 剂;中期加人中白、归尾、黄芪、巴戟天、续断,一剂/天,连服 14 剂;后期加党参、归尾、黄芪、巴戟天、鸡血藤、骨碎补,一剂/天。

**讨论** 史密斯骨折已是临床常见损伤、复位不良易留有畸形痕迹、应做到“复归于旧”,园棍滚推法、手法轻柔、不加重损伤、尽快恢复肢体功能。

复位后、加压平垫放在背侧,伸腕位固定可靠、不影响血运。固定后嘱病人握拳活动,可以防止创伤后 Sudeok's 骨萎缩,2~3 周嘱病人耸肩抬肩活动、防止肩手综合征,4 周嘱前臂旋转活动。外伤于中,脾土湿陷、瘀血气滞,故用温胆汤加味,以渗湿和中、理气活血祛瘀、续筋接骨。

(收稿: 1996-03-01)

## Abstract of Original Articles

### **Preliminarily clinical observations on treatment for postmenopausal osteoporosis with Gu—Song I**

Shi Wei—bin, Wang Ji—wei, Fu Shi—cong, et al.  
*Shanghai Second Medical University (200025)*

35 women with postmenopausal osteoporosis were treated with Gu—Song I. After 6—9 months or 1—2 years, the level of serum  $E_2$  was raised significantly. While the level of serum T and the ratio of urinary calcium to creatinine fell evidently after one or two years of treatment. The level of T and the ratio of urinary calcium to creatinine were significantly correlated with the  $E_2$  level respectively. The results indicated that Gu—Song I can elevate the serum  $E_2$  levels of postmenopausal women, inhibit the discharge of urinary calcium significantly, and then prevent postmenopausal osteoporosis. The rise of the serum  $E_2$  level may be correlated with the conversion of T into  $E_2$ .

**Key words** Gu—Song I Postmenopausal osteoporosis treatment Sexual hormone Biochemistry

### **Modified Chiari's osteotomy for treatment of congenital dislocation of hip in youngsters.**

Ren Qi—guang, Gao Min, Li Jia—rong, et al.

*The First Affiliated Hospital, Anhui Medical University (230022)*

Writers applied the modified Chiari's osteotomy and Chinese herbs to treat 17 cases of congenital dislocation of hip in youngsters (8—21 years old). The results demonstrated that the effective rate was 53% and the reunion of osteotomy was in the average of 1.5 months. It is superior than that of conventional Chiari's osteotomy.

**Key words** Modified Chiari's osteotomy Congenital dislocation Chinese medicinal herbs

### **The experimental research on the influential factors of rigidity and stress distribution at the external skeletal fixation**

Zhao Jian—hua, Li Qi—hong.

*The Third Affiliated Hospital, The Third Military Medical University, Chongqing (630042)*

The influence of the number and diameter of the stainless steel pin and the compression at the fracture ends on the rigidity and stress distribution at the external skeletal fixation were studied with external mechanical examination. The conclusions are as follows: (1) increasing the number and diameter of pin can not only improve the stiffness of external skeletal fixation, but also significantly increase the rate of stress—protection; (2) compression of the external skeletal fixation can not only improve the stiffness of the external skeletal fixation, but also reduce the rate of stress—protection significantly. It proved that the aims of immobilization of the bone fragments and promotion of fracture union can be achieved by adjusting the number and diameter of pin and the compression at fracture ends.

**Key words** External skeletal fixation Biomechanics The effect of *Rhizoma Ligustici* on the changes of hemo rheology under intraosseous hypertension

Zheng Zhao—min, Xu Zhen—hua, Liu Bao—min.  
*The Second Affiliated Hospital of Henan Medical University (450003)*

Thirty—three rabbits were randomly divided into three groups: intact, control and the treated group. Unilateral hindlimb of each rabbit from the latter two groups was immobilized on the knee in straight position and had been remained in extension for 5 weeks, thus induced an intraosseous hypertension (IOH) model of proximal tibia. In the contrast, the other sides were kept mobilized. They were treated with normal saline and 20% *Ligusticum Wallichii* (LW) injectio respectively for 3 weeks. Intramedullary blood and venous blood were taken out for hemo rheological test, such as whole blood viscosity, plasma viscosity, hematocrit, ESR and plasma fibrinogen. The results are as follows: The value of every item of hemo rheological test, after three weeks—treatment with 20% LW injectio, tends to the normal, except that of hematocrit. There was no significant difference, compared with that of intact group ( $P > 0.05$ ). But, there was significant difference, as compared with that of normal saline group, ( $P < 0.05$ ). The values of all items of the hemo rheological test of in-