

•外固定•

骨科复位固定器疗法临床稳定性研究

河北省科学院 张 蒲 顾志华

骨科复位固定器的结构，由于符合骨伤生物力学基本原理，所以在骨折治疗上有着许多优点：从生物力学观点分析，它可使骨折断端得到生理应力，没有应力遮挡保护作用，为新生骨细胞的生长创造了良好环境；有利于骨的重建和修复；从结构学看，骨折复位固定器是彼此独立的多个单自由度系统的螺旋机构，因此操作方便，使用灵活，由于螺旋的自锁作用，复位一毕，固定即始，防止了对骨折端和肌肉的再次损伤；从使用范围看，由于它具有等长等张效应，所以不仅使用骨折治疗，对骨矫形也有着满意疗效；效应分析还说明，它具有能量转换效应，既能使骨折端保持一定压力，又不会超越骨的承受能力；从稳定性分析，复位固定器与骨折远、近端可形成几何不变体系，且无多余联系；因此，结构简单，使用方便，要求技术条件低，固定稳妥可靠。

弹性固定准则说明，骨折治疗，固定稳定是第一位的，是提高疗效的前提，只有稳定固定，肢体才能进行必要的功能活动，而功能活动不仅是治疗的目的，也是治疗的手段。复位固定器的优点，不仅决定于它有着独特的结构，还孕育于稳定固定之中。

从结构分析，骨折复位固定器对骨折的固定是稳定的。这无论从理论还是大量临床都已得到证实。但实现稳定固定，也有其先决条件，即要求术者必须正确掌握科学使用该器械，并与患者协同一致。

为使术者正确掌握、科学使用这一新型医疗器械，确使整个医疗过程得以稳定固定，我们从力学观点对该器械的临床应用做如下几方面分析。

(一) 用复位固定器治疗骨折，当复位、固定后，想维持其稳定性，必须保持两针间距离基本不变，即利用针距的等长性维持肢体的等长。

骨针材料为合金钢，形如圆柱体，且两端紧固。因而，在临床中，理想情况下可简化成两端固定的梁。如图(1)所示

当旋动螺母，骨针沿骨轴向受力逐渐由零增加到某一力P时，骨针所受弯矩和挠度也随之增大。骨针材料可看做理想弹塑性物体，则骨针的变形分为弹性和塑性变形两部分。

在弹性范围内，在施加到针上的力为P时，两固定端的弯矩为：

$$M_A = M_B = -p'a(1 - \frac{a}{L}) \dots\dots\dots(1)$$

CD段的弯矩为：

$$M_{max} = M_{CD} = \frac{p'a^2}{L} \dots\dots\dots(2)$$

而最大挠度为：

$$f_{max} = \frac{p'a^2L}{24EI} (3 - 4\frac{a}{L}) \dots\dots\dots(3)$$

这里

$$p' = \frac{P}{2} ;$$

E—骨针材料的杨氏弹性模量；

I—骨针截面的惯性矩；

L—骨针的垮度。

对圆形截面骨针

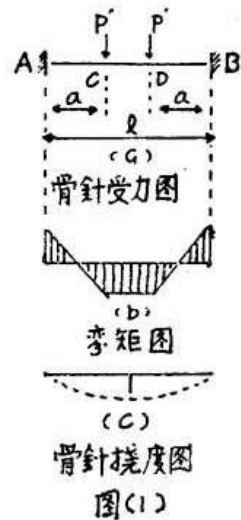
$$I = \frac{\pi d^4}{64} = 0.0491d^4$$

其中d是骨针直径

如骨针的屈服应力为 σ_s ，则相应的弹性极限弯矩为

$$M_I = \frac{\pi d^3}{32} \sigma_s \dots\dots\dots(4)$$

如骨针的塑性弯矩为Mp，它是骨能承受的最大弯矩，则：



$$M_p = \frac{1}{6} d^3 \sigma_s \dots\dots\dots(5)$$

随着加于骨针上的力P增加，相应弯矩也增大。

当 $M_A \leq M$ 时，骨针产生弹性变形。这时，得到弹性限载荷为：

$$P = \frac{\pi L d^3}{16a(L-a)} \dots\dots\dots(1)$$

当 $M_l < M < M_p$ 时，骨针产生弹塑性弯曲变形，由塑性理论解得骨针的“废用”载荷P为

$$P = \frac{2d^3}{3a} \sigma_s \dots\dots\dots(7)$$

这也是骨针能加于骨折断面的最大恒定生理应力值。

如骨针两端是松动的，固定不牢固，即不能承受弯矩。这时，骨针可简化为如图(2)所示支承情况。

再与图(1)比较，除固定端改为铰支外，其它完全相同的情况下，得到最大弯矩：

$$M_{max} = p'a \dots\dots\dots(8)$$

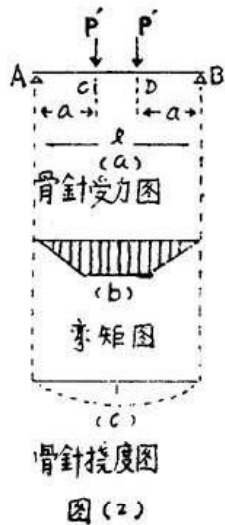
最大挠度为

$$f_{max} = \frac{p'aL^2}{24EI} (3 - 4(\frac{a}{L})^2) \dots\dots(9)$$

在弹性限内，比较式(1)、(2)与(8)看出，同样的情况下，两端固定牢靠的针承受的力要大。

从(3)式和(a)式还可看出，减少a值或L可减小针的挠度，即增强固定稳定性。减小a的办法是在针垮不变的前提下使骨针位置尽量通过骨直径大的区域。减小L的办法是尽可能缩短针距。适当的增加针径和选用弹性模量较大的材料对减小挠度也是有益的。但应注意组织损伤和功能替代。

弯矩只是判断骨针能承受力的大小，而挠度才直接关系到固定稳定性问题，从式(3)与式(9)比较看，在针径、垮度、加力大小相同情况下，两端固定牢固时的挠度比松动时的挠度小得多，挠度较大时，就可能出现重叠移位或成角畸形，这是由于较大挠度，骨折复位固定器失去了其等长效应的



图(2)

结果

(二) 骨针与骨的摩擦力是预防骨沿针的滑动力，复位固定器治疗骨折，从结构的几何构造分析看，骨针可以看成是一个铰链，即骨的远、近端如果有位移只能绕骨针转动。实现这一要求的前提每条要求针与骨有足够的摩擦力。

关于骨与骨针摩擦力计算公式，采用

$$F_{mx} = f \cdot \sigma \cdot \pi \cdot d \cdot h$$

其中：f——骨与针的摩擦系数；

在松质骨和密质骨到密质骨的过渡区域可取

$$f_{AB} = 0.3142$$

在松质骨区：

$$\sigma_A = 0.232 \text{ kg/mm}^2$$

在过渡区：

$$\sigma_B = 0.6047 \text{ kg/mm}^2$$

在密质骨区：

$$\sigma_c = 1.0385 \text{ kg/mm}^2$$

d——骨针直径；

h——针穿过骨的距离

摩擦力计算公式也可简化为：

$$F_A = 0.073s \pm 0.53 \text{ (kg)}$$

$$F_B = 0.19s \pm 7.01 \text{ (kg)}$$

$$F_c = 0.274s \pm 8.34 \text{ (kg)}$$

其中， F_A 、 F_B 、 F_C 分别表示在松质骨、过渡区和密质骨区的最大摩擦力。S是骨与针的接触面积。

在多种不同针径情况下，摩擦力平均值为：

$$\bar{F}_A = 15.97 \text{ kg}$$

$$\bar{F}_B = 14.62 \text{ kg}$$

$$\bar{F}_c = 16.36 \text{ kg}$$

从这个实验结果可知，只要恰当利用该器械，骨针不会产生滑动，尤其临床初期，针与骨摩擦力经实验研究证实，锤入较钻入摩擦系数要大，但又要考虑到临床上粉质骨与密质骨的区别，故在临床上有锤有钻，粉质骨区，锤入较好；密质骨区则钻入为宜；在过渡区则然有锤有钻，做到最大限度的保护骨组织，又增加骨与针的摩擦力。

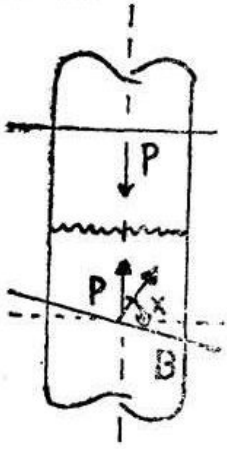
骨针的正确使用，首先要求两针要垂直骨轴

线。如果针与骨轴线不垂直，夹角 $\alpha = \frac{\pi}{2} \pm \beta$

如图(3)示，即穿针位置偏离了β角，则在拉伸复位，或给断面施加压力时，骨针将有力的一个分量使断端沿针滑动，设给断面施加压力P，歪斜的骨针给断端滑动力F'为：

$$F' = P \sin \beta$$

肌肉收缩时，歪斜的骨针也给骨折端以滑动趋势，如肌肉沿轴向收缩力为 P_m ，则骨折端沿针滑动力 F'' 是：



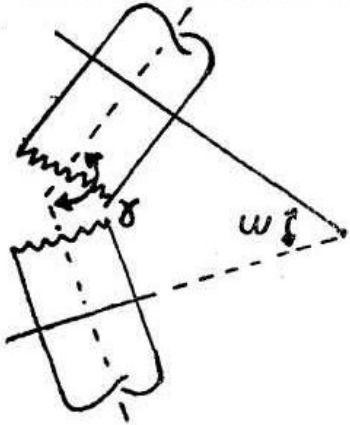
图(3)

$F'' = P_m \sin \beta$
随着偏离角 β 的增加，给予骨折端的滑动力也增大；当 $\beta = 0$ 时，滑动力也等于零，即骨折端没有因针歪斜而产生滑动力。

骨针歪斜治疗中还易出现成角畸形。

例如使用胫腓骨折复位固定器时，为保证两针垂直于骨的轴线，在骨折有内、外成角畸形时，要求术者穿针时注意使两针间夹角 w 与骨折远、近端轴线间夹角 γ 互补。如图(4)

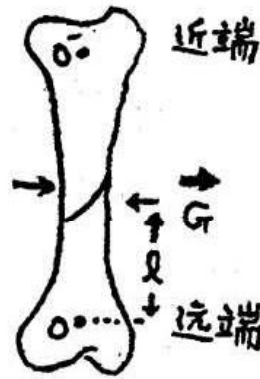
(三) 增大断面摩擦力、减少断面剪力是增强固定稳定性措施之一，采用复位固定器治疗骨折为实现该目的提供了有利条件，这就是要充分



图(4)

利用弧形压板的横向力。对于横断或接近横断型骨折，器械和由于功能活动而产生的轴向合力，不仅增加断面摩擦力，增强稳定性，且很少产生切向力。对于斜断面(包括螺旋面)则需合理利用压板的横向力。一般说来，要使压板合力中较大的一个与骨轴线和其在断面上的投影处于同一平面内；较小的一个指向与断面平行，尤其是当断面与穿针方向平行时更应特别注意这一点。这样，不仅增加了断面法向压应力，增大了摩擦力，且可有效减小断面切向力，因而，增加了固定稳定性。

(四) 为提高弧形压板力的效应，减少对皮肤的压伤并能使骨折端得到足够的压力，保证骨折的稳定，骨针位置在条件允许前提下应尽量远离骨折端，我们以图(5)示骨折情况的远端为例。骨针O相当于一个铰，若远端相对近端有位置移动，当骨针与



图(5)

骨的摩擦力如能防止其沿针向滑动时，则运动只能绕针做转动。压板作用的横向力 G 是防止远端绕骨针O转动的外力，若把破坏骨折端稳定的力称之为“干挠力”，相对骨针O，它多来自于力G的异侧，如远端重力，步行时，地面与鞋底的摩擦力，肌肉力等，这些力往往有使骨折远端绕骨针O转动趋势。骨针O越远离断面，这些力到转轴O的臂越小，在外作用力相同的情况下，力臂越小产生的外力距M也越小，破坏其相对平衡的能力也越小。但却较大的增长了力臂L，根据

$$M = G \cdot L$$

可知M一定时，L越大，G值却越小，即可使较小的横向力G产生较大的抗转动力矩。就是说当骨针位置远离断面时，可以用较小的压板力平衡较大的干挠力矩。既保护了骨折端的皮肤，又保证了固定稳定。

对于临床稳定性研究，还有一些其它应注意的问题，这里仅是根据骨折复位固定器的结构特点，从力学方面做了如上几方面分析。

综合以上分析指出：为正确的、合理的使用复位固定器，保证在临床期间固定稳定，以下几点是必须注意的：

使用的骨针要有适宜的强度和刚度；且两端要锁紧，有良好的固定端，使之在临床过程中，既不破坏也没较大的挠度，以防成角和重叠畸形。

穿针时注意要垂直骨的轴线，这样可减小骨折端滑动，防止因针偏斜而造成的骨折端横向移位。因骨针相当于一个铰，所以也可限制它与轴线平行方面的成角畸形。

骨针要远离骨折端面，增强压板抗干挠能力。在骨针远离断面情况下压板能与较小的力，抵抗较大的干挠力矩，而不破坏固定稳定。

对于横断骨折，一般情况，功能活动并不影响其稳定性。但对斜面、螺旋面等类型骨折，功能活动时，随轴向压力增加，骨针挠度在增大。为防止重叠移位，必须合理利用压板力，使压板较大的合

(下转48页)

表二、腰椎病病程与疗效

病程	例数	疗效			%		
		完全 缓解	显著 缓解	缓 解	完全 缓解	显著 缓解	缓 解
<半年	75	28	37	10	37.3	49.3	13.3
1~3年	81	23	35	23	28.4	43.2	28.4
>3年	94	33	42	19	35.1	44.7	20.2

病程与疗效完全缓解率相比较, 差异不显著, $P > 0.05$ ($\chi^2 = 1.5477086$)。膝关节病程最短一周, 最长20年, 治疗结果见表三。

表三、膝关节病病程与疗效

病程	例数	疗效			%		
		完全 缓解	显著 缓解	缓 解	完全 缓解	显著 缓解	缓 解
<半年	70	21	36	13	30	51.4	18.5
1~3年	46	7	22	17	15.2	47.8	36.9
>3年	44	12	24	8	27.2	54.5	18.15

病程与完全缓解率比较差异不显著, $P > 0.05$ ($\chi^2 = 3.402112$)

4、发病椎体与疗效关系;

250例中, <3个腰椎患病者80例, 其中完全缓解25例, 占>31% >3个椎体发病者170例, 其中完全缓解59例占34.7%, 两者相比较, 差异不显著, $P > 0.05$ ($\chi^2 = 2.9$)。椎体发病多少与疗效关系不明显。

四、病历介绍

例1、于××, 男, 65岁, 干部, 因腰痛5年, 近半年加重, 脊柱无侧弯, 腰椎旁压痛, 腰部功能受限, X线检查L1~5前缘均有唇样改变。于85年7月31日来我科行《抗骨痛》治疗, 经10次治疗, 腰痛明显减轻, 20次治疗腰痛消失, 腰部功能正

(上接33页)

力与骨轴线同其在断面上的投影处于同一平面内, 尤其骨折面与穿针方向平行时。这样, 既可增大断面摩擦力, 又减少剪力。同时, 压板还有效的限制了与骨针轴线垂直方面的成角畸形, 对增强稳定性是有益的。

以上原则若应用于胫腓骨折复位固定器, 可归纳如下几句话:

两端骨针要锁紧, 针位垂直骨轴线。内外成角靠骨针, 前后成角靠压板, 欲使压板抗挠强, 两针远离骨折面。

此外, 在功能活动时适当增大压板力。医患协同一致。

参考文献

常。

例2、唐××, 男, 59岁, 职员, 双膝关节无红肿, 局部广泛轻微压痛, 活动痛, 伸膝正常, 屈膝痛, 活动弹响(一), X线: 双膝胫骨髁间隆起变尖, 髁骨上下缘骨质增生。

曾用过中药口服效果不佳, 于85年12月来我科行《抗骨痛》痛点注射治疗, 经10次治疗双膝痛消失。

五、讨论

1、本文发病年龄在40岁以上为多, 占90~96.3%, 随着年令增长, 机体内在的变化所致骨关节退行病变。其疼痛系周围软组织水肿, 充血、纤维化, 钙化, 退行变化所致生理功能受限。

祖国医学认为这种“痹症”与风寒湿气杂至有关, 利用中药《抗骨痛》的祛风化痰, 补脾益气, 强身补肾, 通经活络的作用, 有利于解除寒湿、缓解疼痛。在病变周围找相应痛点或穴位, 注射中药《抗骨痛》通过经穴、能更好地发挥药物作用, 从而取得较好效果。

2、中药《抗骨痛》对增生部位不同的骨性关节炎, 病程的长短, 疗次的多少及患病椎体数置多少, 均可获得一定的疗效。

3、为了解《抗骨痛》对增生性腰椎病治疗疗效, 我们将既往用超短治疗89例腰椎病患者进行比较, 中药《抗骨痛》比超短效果好, 相差非常显著, $P < 0.01$ ($\chi^2 = 8.9024$) 增生性膝 关节病两者治疗相差不显著, $P > 0.05$ ($\chi^2 = 0.30364$)。说明腰椎病用中药《抗骨痛》注射治疗效果较好。治疗膝关节病效果两者无明显不同。

[1] 孟和、顾志华, 骨折复位固定器治疗骨干骨折的效应分析。骨伤科研究, 1986 (3) :148。

[2] 顾志华、孟和、王正义, 骨折弹性固定准则初探与临床初步。骨伤科研究, 1986 (3) :152。

[3] 中国建筑出版社, 建筑结构静力计算手册。1975。

[4] 张文沂、孟和等, 骨与骨针(克氏与斯氏)摩擦力的实验测定, 生物力学论文集, 全国第一届生物力学学术会, 1981。

[5] 顾志华、孟和等, 骨折复位固定器整复骨干骨折的力学研究。生物力学论文集, 全国第一届生物力学学术会, 1981。

[6] 柴本甫, 应力对骨与骨折愈合的影响。生物力学, 86 (1)。