

# 双矩形髓内钉与加压钢板治疗肱骨干骨折的生物力学比较及疗效分析

李康养 马楚平 林阳 王利 马文松  
(南山人民医院, 广东 深圳 518052)

**【摘要】** 目的 通过双矩形髓内钉和加压钢板两种不同内固定物治疗肱骨干骨折的生物力学对比, 探讨有利于肱骨干骨折后的骨修复的内固定方法。方法 以成人尸体湿骨制备骨折模型, 随机用双矩形髓内钉和加压钢板两种方法固定后进行四点弯曲试验、扭转试验和拉伸试验, 并结合临床疗效分析。结果 测试数据经统计学检验, 矩形髓内钉组的四点弯曲试验和扭转试验均优于钢板组 ( $P < 0.01$ ), 结果有显著差异, 而拉伸试验中矩形髓内钉和加压钢板组无显著差异 ( $P > 0.05$ )。结论 在肱骨干骨折的治疗中, 双矩形髓内钉固定较加压钢板内固定更适合骨折愈合所需的生物力学环境, 且临床效果较后者优。

**【关键词】** 骨折固定术, 内 肱骨骨折 生物力学

**A comparative study of biomechanics and clinical results of double rectangle intramedullary nail and compressed plate for the treatment of humeral shaft fracture** LI Kang-yang, MA Churping, LIN Yang, et al. Nanshan Hospital (Guangdong Shenzhen, 518025)

**【Abstract】 Objective** To search for a better internal fixation method in the treatment of humeral shaft fracture by comparing biomechanics and clinical results of double rectangle intramedullary nail and compressed plate. **Methods** Fracture models were produced in 12 wet humeral bones specimens of adult cadavers. The models were randomly divided into two groups. Three bones of each group were fixed with double rectangle intramedullary and other three bones of each group were fixed with compressed plate. Three point bending test, twisting test and stretching test were done and analysed. **Results** The results of bending test and torsion test revealed that the double rectangle intramedullary nail was better than the compressed plate for the fixation of humeral shaft fracture. However, in stretching test, the two fixation methods showed no significant difference. **Conclusion** The rectangle intramedullary nail is more suitable than compressed plate for the treatment of humeral shaft fracture.

**【Key Words】** Fracture fixation, internal Humeral fracture Biomechanics

自 1992 年起, 我们使用改进的双矩形骨髓内钉内固定治疗肱骨干骨折 66 例, 使用加压钢板内固定治疗 43 例, 进行生物力学比较和临床观察, 报告如下。

## 1 生物力学测试

**1.1 固定材料** 矩形髓内钉和加压钢板均由张家港医疗器械厂用医用不锈钢制成, 钉身根据个体不同设计成不同的长度与宽度, 长度为 200~260mm, 宽度为 4~7mm, 厚度均 2mm, 钉头为方形, 有一小孔, 钉尖为弧形且较钉身稍薄。钢板均为 6 孔梯形自动加压钢板。

**1.2 骨折模型** 取用福尔马林固定的成人尸体湿肱骨 12 条, 分成 2 组, 每组 6 条, 分别用骨凿造成中上 1/3 骨折和中下 1/3 骨折, 每组中的 3 条采用双矩形髓内钉固定, 另外 3 条采用加压钢板固定。

**1.3 试验方法** 将每组模型各分成 3 小组, 每小组中包括矩形髓内钉固定的模型和加压钢板固定的模型各 1 条, 使用国产 YD-15 型动态电阻应变仪分别进行四点弯曲试验、扭转试验和拉伸试验。

**1.4 试验结果** 各项试验结果如表 1 所示, 同时绘出拉伸试验的载荷-挠度曲线如图 1。

(1) 四点弯曲试验中, 双矩形髓内钉固定后的骨折模型破坏载荷和弹性模量均较加压钢板固定后的高, 试验数据做  $t$  检验,  $P < 0.01$ , 差异有显著意义。试验证明, 双矩形髓内钉所承受的破坏载荷已远远超过上肢正常活动时产生的弯曲外力, 因而能维持骨折端的相对稳定。

(2) 扭转试验中, 双矩形髓内钉固定组测得的屈强角最大, 为  $6^\circ$ , 破坏力矩也比加压钢板固定组明显大, 与完整湿骨较为接近, 说明矩形钉固定后的肱骨弹性较加压钢板固定后的肱骨和完整湿骨大。数据做  $t$  检验,  $P < 0.01$ , 差异有显著意义。

作者简介: 李康养(1969-), 男, 广东人, 主治医师, 主要从事骨外科临床工作。

表 1 三个试验组四点弯曲试验、扭转试验和拉伸试验结果比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	n	四点弯曲试验			扭转试验		拉伸试验	
		破坏载荷(N)	韧性系数	弹性模量(Gpa)	破坏力矩(N·m)	屈强角	变形强度(MPa)	强度极限(MPa)
矩形钉组	3	2350.0±2.8	0.12±0.01	16.9±0.1	58.2±0.2	6.5°±0.2°	104.3±0.5	108.8±0.4
钢板组	3	2108.5±2.3	0.09±0.01	16.2±0.2	50.6±0.3	5.3°±0.1°	105.1±0.6	123.7±0.5
完整湿骨	4	2408.0±3.2	0.11±0.01	17.5±0.1	60.0±0.5	6.0°±0.1°	120.2±0.6	125.0±0.3
t 值		115.827	3.568	4.430	36.538	9.302	1.778	73.039
P 值		P < 0.001	0.025 < P < 0.05	0.01 < P < 0.05	P < 0.001	0.005 < P < 0.01	P > 0.05	P < 0.001

※矩形钉组与钢板组进行比较

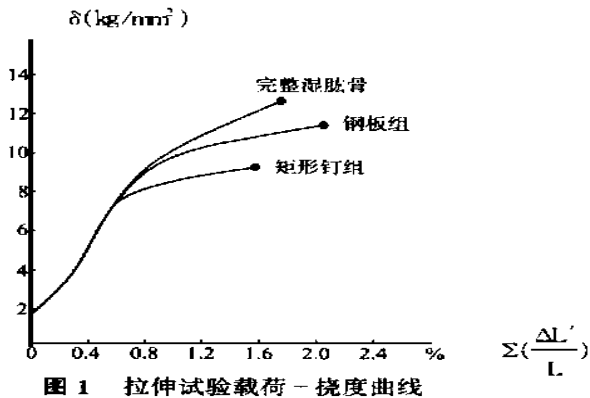


图 1 拉伸试验载荷-挠度曲线

(3) 通过拉伸试验,从载荷-挠度曲线图中看出,当应力小于 0.5% 时,骨骼标本均表现为弹性,当应力大于 0.5% 后,增加应力所产生的应变就比弹性介质产生的应变大很多,随着应力增加,δ-ε 曲线图会延伸至停止,模型发生破坏,而当应力小于 0.5% 时,各模型均观察不到显著的变形。测试中,双矩形钉固定组的变形强度与钢板固定组非常接近,故当分离外力作用未能引起钢板固定组模型变形时,也不足以引起矩形钉固定组模型变形,数据做 t 检验, P > 0.05, 差异无显著意义。

## 2 临床应用

2.1 一般资料 矩形髓内钉组 66 例,男 42 例,女 24 例,年龄 16~58 岁,平均 33.5 岁,肱骨上 1/3 骨折 13 例,中 1/3 骨折 22 例,下 1/3 骨折 31 例,横形骨折 23 例,短斜形骨折 31 例,粉碎性骨折 10 例,2 例为其他方法治疗致不愈合者。合并神经损伤 11 例,其中 9 例为桡神经损伤,2 例为尺神经损伤。

加压钢板组 43 例,男 31 例,女 12 例,年龄 14~60 岁,平均 34.7 岁,肱骨上 1/3 骨折 8 例,中 1/3 骨折 25 例,下 1/3 骨折 10 例,横形骨折 9 例,短斜形骨折 21 例,粉碎性骨折 13 例。合并神经损伤者 4 例,均为桡神经损伤。

2.2 手术方法 臂丛麻醉,取侧卧位,患肢朝上,屈肘置于躯干前。矩形髓内钉固定者,对中 1/3 和下 1/3 骨折可取下端鹰嘴窝上 1.5cm 处入路,切开肱三头肌肌腱,凿开骨皮质,向上打入 2 枚塑形如图 2 的矩形钉。对上 1/3 骨折则取大结节部位进钉,向下打入 2 枚塑形如图 2 的矩形钉,骨折端可切开在直视下复位。对合并神经损伤者同时作神经探查和松解术或吻合术等,对无合并神经损伤的横形骨折可在电视 X 光机监视下闭合复位,然后将双矩形钉打通过骨折线,直至钉尾进

入另一骨折端 8cm 以上。两钉在髓腔内呈 X 形分开,两钉尾分别嵌于大结节或肱骨髁上两侧髓腔壁。



图 2 塑形后的双矩形髓内钉侧面图

加压钢板固定,取前外侧入路,逐层切开,保护桡神经,或同时做桡神经探查、松解术,有神经断裂者须在骨折固定后行断端吻合术,骨折端复位后,均用 6 孔梯形加压钢板固定,分层缝合,术后均无辅助外固定。

2.3 治疗结果 全部病人随访 6~36 个月。矩形髓内钉固定组病人均骨性愈合,平均愈合期为 13 周。加压钢板固定组有 3 例发生迟缓愈合,其中 2 例经局部注射金葡液后愈合,另 1 例因钢板螺丝钉松动而需改用矩形髓内钉固定加植骨才能愈合,愈合期为 13 个月,该组平均愈合期为 18.2 周。

功能评定,按标准:优,双上肢等长,无畸形,肩肘关节活动正常。良,双上肢等长,无畸形,肩肘关节活动正常,肘关节过伸消失。可,双上肢等长,骨折端成角畸形 < 10°,肩肘关节外展 ≤ 90°,对工作生活不造成影响。差,上肢有短缩,成角畸形 > 10°,肩肘关节活动受限,影响日常生活。矩形髓内钉固定组 66 例,优 42 例,良 19 例,可 4 例,差 1 例,优良率 92.4%。加压钢板固定组 43 例,优 24 例,良 12 例,可 6 例,差 1 例,优良率为 83.7%。

## 3 讨论

对肱骨干骨折,用传统的手法复位、石膏或小夹板外固定治疗,可使大多数病人得到痊愈。但是由于上臂特殊的解剖结构和上肢的重力下垂作用,使肱骨干骨折并发神经损伤以及畸形愈合率和不愈合率均较其他骨干骨折为高。王亦璁等<sup>[1]</sup>统计肱骨干骨折合并桡神经损伤率为 5%~10%。章祖林等<sup>[2]</sup>统计 411 例肱骨干骨折,不愈合率为 7.1%。为了更好地解决这两方面的问题,对肱骨干骨折,特别是合并有神经损伤的肱骨干骨折,多数学者已逐渐倾向于采取切开复位加压钢板内固定的治疗方法。然而,随着生物力学在骨科领域的广泛应用和深入研究,在骨折内固定方面,有学者<sup>[3]</sup>提出:骨折愈合质量的好坏,不是由于采用了哪一种方法,关键的问题是所使用的方法能否使骨折以一种最佳愈合模式进行再造,保证愈合骨有足够的强度和刚度。加压钢板对骨折端产生的应力遮挡以及固定后骨的强度下降、矿物质吸收、骨结构紊乱、愈合后再骨折等已得到骨科学术界的公认<sup>[4~7]</sup>。本人设计的双矩形钉保持了传统髓内钉的所有优点,既能维持中

央型固定,使骨折端应力分布均匀,又能保持局部肌肉及软组织正常的生理学环境。经过生物力学对比与临床疗效分析,双矩形髓内钉较加压钢板治疗肱骨干骨折具有如下优点:①矩形髓内钉是固定在骨干的中轴线上,可使骨折端均匀地承受通过肌肉收缩而产生的轴向压力,而受的弯曲应力几乎为零,既能维持骨折愈合所需要的足够强度,又能保持骨折愈合所需的生物应力,完全符合 Wolffs 定律,有利于骨痂生长,能有效缩短骨折愈合期,治疗结果表明,矩形钉内固定组的平均愈合期为 13 周,钢板内固定组为 18.2 周。②两矩形钉在髓腔内呈 X 形固定,将四个接触点转移至两骨端,远离骨折部位,因而当受到扭转外力作用时,受力面分散至整个髓腔壁。而加压钢板固定的受力点集中在螺丝钉的部位,成为单点支撑,因此双矩形钉固定后能承受的旋转破坏力矩较加压钢板固定后的大,当受到扭转外力作用时更不易发生旋转变形。③加压钢板对于骨端是绝对固定,由于刚性固定物对骨的替代作用,产生明显的应力遮挡效应,也是影响骨折愈合的重要原因。矩形钉通过中心弹性固定,可完全避免上述的应力遮挡效应,同时由于钉身独特的矩形截面设计,能有效克服象 Ender 钉那样随轴心旋转的缺点,为骨折愈合和骨重建提供一个合理的力学功能环境。④操作上,矩形髓内钉固定不用像钢板固定那样对骨膜及其他软组织的广泛剥离,甚至可以

在电视 X 光机透视下闭合穿钉,既可减少对血运的破坏,又可尽可能地减少因广泛剥离后产生的粘连对骨愈合后肢体功能的影响,同时还可避免因钢板对神经的激惹和取钢板时误伤神经的可能。通过本组资料分析,矩形髓内钉固定组的优良率较加压钢板固定组高 10.3%。

参考文献

[1] 王亦璁,孟继懋,郭子恒.骨与关节损伤.第 2 版.北京:人民卫生出版社,1992.358.  
 [2] 章祖林,毕大卫.肱骨干骨折不愈合 58 例原因分析.中国骨伤,1994,2(7):38.  
 [3] 刘建国,徐莘香.练功与制动对肢体完整骨生物力学及理化性质的影响.中华骨科杂志,1993,6(13):446.  
 [4] Stremberg L. Atrophy of cortical bone caused by rigid internal fixation plates. Acta Orthop Scand, 1978, 5(49):448.  
 [5] 刘长贵,罗先正,王宗仁,等. AO 钢板与 Grosse Kempf 带锁髓内钉治疗股骨干骨折比较.中华骨科杂志,1995,11(15):739.  
 [6] Claes L. The mechanical and morphological properties of bone beneath internal fixation plates of different rigidity. J Orthop Res, 1989, 2(7):170.  
 [7] 朱振安,戴戎,裘世静.坚硬接骨板取出后疏松骨结构修复的实验研究.中华骨科杂志,1994,1(14):40.

(收稿:1999 06 10 修回 1999 12 01 编辑:连智华)

• 短篇报道 •

骨牵引治疗粗隆间骨折 36 例

李贵艳 黄玉德  
 (平乐县医院,广西 平乐 542400)

我院 1994 年 1 月至 1997 年 6 月采用骨牵引治疗粗隆间骨折 36 例,疗效满意,体会如下。

1 临床资料

本组 36 例中男 25 例,女 11 例;年龄 56~78 岁。36 例中合并高血压病 15 例,糖尿病 3 例,慢性支气管炎 7 例,冠心病 4 例。7 例家属不愿行内固定手术。按 Boyd 分类:稳定型 12 例,不稳定型 24 例。36 例患肢均有不同程度缩短,缩短距离最多的达 5cm。

2 治疗方法

7 例入院后即行股骨髁上骨牵引,其余的控制合并症后进行。治疗时将患肢放置在带屈膝装置的 Braum 氏架上,呈轻度外展、中立位,牵引时间为 6~10 周,牵引重量为体重的 1/7。牵引期间

每日测量两下肢相对长度(以同侧髌前上棘至内踝之间的直线距离为标准),并做好记录,待两下肢等长时,适当减轻牵引重量,维持两下肢等长。治疗期间外敷、内服接骨药,鼓励患者早期锻炼股四头肌、膝关节。待患处无疼痛、无纵叩痛后拔针。

3 治疗结果

36 例拔针后均到放射科照片复查,全部病例对位对线良好,有明显骨痂生长,无一例发生髓内翻。所有病例均未发生褥疮、肺部感染、尿路感染。半年后随访,测量肢体长度,28 例两下肢等长,5 例比健侧缩短 0.5cm,3 例比健侧缩短 1cm。检查步态未见明显跛行。

4 讨论

我们体会在治疗过程中必须做到以

下几点:①牵引开始数日,通过调整牵引重量及患肢的体位来矫正骨折端的对位、对线;②牵引重量切勿过重,待肢体肿胀消退后、两下肢等长时酌情减轻牵引重量;③把患肢放置在适当的外展、中立位上,外展的角度应根据骨折类型来调整,保持患肢中立位主要是防止旋转移位。我们是通过穿丁字鞋来维持。④准确测量肢体的相对长度,每日测量两次,做好记录,并加以比较。我们认为,在无床边 X 线机照片的简陋条件下行骨牵引治疗粗隆间骨折,只要严格按照上述几点去做,在护理部的精心护理下,经过数周的持续骨牵引,同样可使骨折端达到良好的复位,骨折愈合,取得令人满意的疗效。

(编辑:连智华)