文章编号:1000-5404(2005)13-1377-03

论著

两种肱骨内固定方法的实验与临床应用对比研究

林 阳,李康养,马楚平 (深圳市南山人民医院骨科,深圳 518052)

提 要:目的 通过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分析,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。分两组用矩形髓内钉和加压钢板治疗肱骨干骨折92例和78例。将实验数据和临床疗效进行分析。**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($P>0.05$)。矩形髓内钉固定组病人骨折平均愈合期为13周,功能优良率91.3%。加压钢板固定组骨折平均愈合期为18.2周,功能优良率为80.8%。**结论** 在肱骨干骨折的治疗中,肱骨矩形钉内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:肱骨骨折;髓内钉;内固定
中图法分类号:R608; R683.41; R687.3 **文献标识码**:A

Experimental and clinical study of two internal fixation methods for humerus fracture

LIN Yang, LI Kang-yang, MA Chu-ping (Department of Orthopaedics, Nanshan People's Hospital, Shenzhen 518052, China)

Abstract: Objective To search for a better internal fixation method in the treatment of humeral shaft fracture by comparing biomechanics and clinical results of fracture fixation with rectangle intramedullary nail and compressed plate. **Methods** ①Fracture models were produced in 24 wet humeral bones of adult cadavers. The models were randomly divided into two groups fixed with rectangle intramedullary nail and compressed plate respectively. Four-point bending test, twisting test and pull test were performed on the facture models after fixation and another 12 intact wet humeral bone specimens. ②The humeral shaft fracture patients were treated with rectangle intramedullary nail (92 cases) and compressed plate (78 cases). The experimental and clinical data were analyzed and compared. **Results** The statistical results of bending test and twisting test revealed that the rectangle intramedullary nail was better than the compressed plate for the fixation of humeral shaft fracture ($P<0.01$), but in pull test, two fixation methods showed no significant difference ($P>0.05$). Fracture healing time was 13 weeks in average and the rate of excellent and better function was 91.3% in the rectangle intramedullary nail fixation group, while both were 18.2 weeks and 80.8% respectively in the compressed plate fixation group. **Conclusion** The rectangle intramedullary nail fixation is more suitable than the compressed plate fixation for the treatment of humeral shaft fracture.

Key words: humerus fracture; intramedullary nailing; internal fixation

自1989年起,我们使用自行设计的矩形髓内钉内固定治疗肱骨干骨折92例,使用加压钢板内固定治疗肱骨干骨折78例,进行生物力学分析和临床观察,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316L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220~260 mm,宽度为4~7 mm,厚度均为2 mm,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

取用甲醛固定的成人尸体湿肱骨36条(南方医科大学解剖学教研室提供)。其中24条分成2组,每组12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6条采用双矩形髓内钉固定,另外6条采用加压钢板固定。另外12条未造成骨折。

1.3 试验方法

将每组骨折模型各分成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2条,未造成骨折的湿肱骨12条分成3组,使用国产YD15型动态电阻应变仪分别进行

作者简介:林 阳(1958-),男,广东省梅州市人,副主任医师,主要从事骨创伤和人工关节方面的研究,发表论文12篇。电话:(0755)26553111-31860
收稿日期:2005-01-12;修回日期:2005-04-16

四点弯曲试验、扭转试验和拉伸试验。

1.4 统计学方法

采用方差分析。

1.5 试验结果

四点弯曲试验中，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（$P<0.01$）。扭转试验中，矩形髓内钉固定组测得的屈强角(6.5°)最大，破坏力矩也比加压钢板固定组明显大（$P<0.01$），与完整湿骨较为接近。拉伸试验中，矩形钉变形强度与钢板固定组非常接近（$P>0.05$），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。

如表1所示，试验显示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，优于加压钢板（$P<0.01$）。扭转试验中，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（$P<0.01$）。通过拉伸试验看出，当应变<0.5%时，骨骼标本均表现为弹性，当应变>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，模型发生破坏，而当应变<0.5%时，各模型均观察不到显著的变形。矩形髓内钉和加压钢板组无显著差异（$P>0.05$）。

表1 3个试验组四点弯曲试验、扭转试验和拉伸试验结果比较（$\bar{x}\pm s$）

Tab 1 Results of four-point bending test, twisting test and pull test in 36 wet humerus specimens treated with different fixations ($\bar{x}\pm s$)

Group	n	Four-point bending test			Twisting test		Pull test	
		Breaking load (N)	Tenacity (%)	Elastic modulus (GPa)	Failure moment (N·m)	Yield strength angle (°)	Distortion strength (MPa)	Breaking point (MPa)
Rectangle nail group	3	2 350.0±2.8	0.12±0.01	16.9±0.1	58.2±0.2	6.50±0.20	104.3±0.5	108.8±0.4
Compressed plate group	3	2 108.5±2.3	0.09±0.01	16.2±0.2	50.6±0.3	5.30±0.10	105.1±0.6	123.7±0.5
Intact wet humeral specimens	4	2 408.0±3.2	0.11±0.01	17.5±0.1	60.0±0.5	6.00±0.50	120.2±0.6	125.0±0.3
t		115.827	3.568	4.430	36.538	9.302	1.778	73.039
P		<0.01	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	>0.05	<0.01

2 临床应用

2.1 一般资料

矩形髓内钉组92例，男70例，女22例，年龄15～64岁，平均33.5岁，肱骨上1/3骨折26例，中1/3骨折30例，下1/3骨折36例，横形骨折23例，短斜形骨折35例，粉碎性骨折31例，3例为其它方法治疗致不愈合者。合并桡神经损伤7例。加压钢板组78例，男51例，女27例，年龄14～55岁，平均34.7岁，肱骨上1/3骨折16例，中1/3骨折38例，下1/3骨折24例，横形骨折28例，短斜形骨折35例，粉碎性骨折15例。合并桡神经损伤者4例。

2.2 手术方法

矩形钉固定者，术前根据患者的X线片和健侧肢体测量，选择适当型号的肱骨矩形钉备用，备好各种打拔器械。若是肱骨中1/3和上1/3骨折，可在肘后切一小口，暴露肱骨下端后侧，在鹰嘴窝上1 cm处开一约6 mm×10 mm的骨槽达骨髓腔，取两根矩形钉，预弯成拱叉形状，先后从该骨槽打入肱骨髓腔固定骨折。使矩形钉在髓腔内呈拱叉形分布分叉在上并插入肱骨头内如图1。若是下1/3骨折则在肱骨大结节处开一约6 mm×6 mm的骨槽达骨髓腔，按上述方法从该骨槽打入两根肱骨矩形钉，使其在下端髓腔内亦呈拱叉形状分布。骨折端可切开在直视下复位，亦可在电视X线机监视下闭合复位，然后将矩形钉通过骨折线，直至钉尾进入另一骨折端6 cm以上。两钉在髓腔内呈拱叉形分布，两钉尾分别嵌于大结节或肱骨鹰嘴窝上。加压钢板内固定，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

全部患者随访8～36个月。矩形髓内钉固定组患者均骨性愈合，平均愈合期为13周。加压钢板固定组有5例发生迟缓愈合，经局部注射金葡液后愈合，2例不愈合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。功能评定按以下标准：优，无畸形，肩肘关节活动正常；良，无畸形，肩关节活动正常，肘关节过伸消失；可，骨折端成角畸形<10°，肩关节外展≤90°，对工作生活不造成影响；差，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92例，优48例，良36例，可7例，差1例，优良率91.3%。加压钢板固定组78例，优36例，良27例，可13例，差2例，优良率为80.8%。



A: AP; B: Lateral

图1 X线示矩形髓内钉固定肱骨骨折

Fig 1 The rectangle nail internal fixation for humerus fracture by X-ray

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，可使大多数患者得到痊愈。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它骨干骨折为高。王亦璁[1]统计肱骨干骨折合并桡神经损伤率为 5% ~ 10%。章祖林等[2]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内固定的治疗方法[3]。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[4]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[5~7]。肱骨干骨折内固定的生物力学要求是能克服骨折处的剪力、旋转力和分离力，而又不影响骨折处的纵向压应力的传导。笔者设计的矩形钉内固定治疗肱骨骨折[8]就可以满足上述要求。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，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。②两根矩形钉在髓腔内呈拱叉形 4 个接触点固定，使骨折处的应力向骨干两端分散，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，两根矩形钉在髓腔内的横截面上有 4 点与圆形的髓腔紧密相嵌。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它软组织的广泛剥离，甚至可以在电视 X 线机透视下闭合穿钉，既可减少对骨血运的破坏，又可尽可能地减少因广泛剥离后产生的粘连对日后肢体功能的影响，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。Cognet 等[9]报道钢板内固定是引起桡神经损伤的三大风险之一。⑤矩形髓内钉内固定术是非扩髓的，对髓内的血供破坏少。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 10.5%。生物力学对比与临床疗效分析表明，矩形钉内固定治疗肱骨骨折可有效地克服骨折处的剪力、旋转力和分离力。术后不用外固定，彻底解放了肩肘关节，为患者提供了早期功能锻炼的条件，患者可早期进行骨折处的纵向压应力锻炼，将肘关节放在桌面上，用上身的重力对患肢进行纵向挤压，使骨折处持续获得生理性压力刺激，促进了骨折愈合。

参考文献：

[1] 王亦璁. 骨与关节损伤[M]. 第 3 版. 北京：人民卫生出版社，2001. 564 - 565.

[2] 章祖林，毕大卫. 肱骨干骨折不愈合 58 例原因分析[J]. 中国骨伤，1994，7(2)：38 - 39.

[3] Schittko A. Humeral shaft fractures[J]. Chirurg，2004，75(8)：833 - 846.

[4] 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[J]. 中华骨科杂志，1993，13(6)：446 - 450.

[5] 陈才平，冯水云，杨德兴，等. 肱骨干骨折三种内固定方法的临床疗效分析[J]. 骨与关节损伤杂志，2002，17(4)：296 - 297.

[6] Martinez A A，Malillos M，Cuenca J，*et al*. Marchetti nailing of closed fresh humeral shaft fractures[J]. Chir Main，2004，23(5)：237 - 242.

[7] 张雪松，张春才，严望军，等. 比较加压钢板、髓内钉及天鹅型记忆接骨器对犬股骨骨折愈合的影响[J]. 第二军医大学学报，2001，22(10)：958 - 960.

[8] 林　阳，朱通伯. 矩形钉内固定治疗肱骨骨折[J]. 中国现代医学杂志，1995，5(1)：50，52.

[9] Cognet J M，Fabre T，Durandeau A. Persistent radial palsy after humeral diaphyseal fracture：cause，treatment，and results. 30 operated cases[J]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot，2002，88(7)：655 - 662.

（编辑　汪勤俭）