

# 上肢骨干骨折内固定实验动物模型的建立

高堂成, 康庆林, 张春才

(第二军医大学长海医院骨科, 上海 200433)

**摘要** 目的:建立内固定术治疗上肢骨干骨折的实验动物模型,为研究不同内固定下骨折愈合的机制提供实验对象。方法:新西兰大白兔 25 只,随机选择一侧前肢上臂,取外侧切口显露肱骨,以线锯在其中段截骨,复位后植入天鹅记忆接骨器(SMC 组);同法在对侧植入 4 孔动力加压接骨板(DCP 组)。分别在术后 1、2、4、8、12 周摄片观察骨折愈合情况,并处死 5 只动物取材,HE 染色,行病理学观察。结果:术后动物全部成活,前肢负重明显低于后肢。X 线片显示:SMC 组在术后 8 周骨折愈合,愈合过程中未见明显外骨痂及板下皮质骨疏松;DCP 组骨折愈合速度较慢,术后 12 周时骨折端仍有骨痂,伴局部皮质骨疏松。病理学观察:术后 8 周,SMC 组骨折端直接由板层骨替代;术后 12 周,DCP 组形成骨性连接,处于改建塑形期。结论:SMC 固定下实验性兔肱骨干骨折愈合过程与临床相似,愈合速度和质量优于 DCP 固定。兔肱骨干骨折内固定模型是一种较为理想的上肢骨干骨折内固定实验模型。

**关键词** 上肢; 骨折固定术,内; 动物模型

**Experimental model for internal fixation of fracture of shaft of upper extremity** GAO Tang-cheng, KANG Qing-lin, ZHANG Chun-cai. Department of Orthopaedics, Changhai Hospital, Second Military Medical University (Shanghai, 200433, China)

**Abstract Objective:** To establish the experimental model for various internal fixation devices treating fracture of shaft of upper extremity. **Methods:** 25 rabbits were used for experiment. The bi-lateral humerus were exposed via lateral incision, then transverse osteotomies were made at midshafts by a wire saw. After reduction, one humeral fracture was fixed by swan-like memory connector (SMC group) at random, the contralateral humerus fracture was fixed by 4-hole dynamic compressive plate (DCP group). At 1, 2, 4, 8, 12 weeks after operation, X-ray examination were taken, and at each time internal 5 rabbits were sacrificed to harvest samples for pathological observation. **Results:** All the animals survived, the forelimb loaded less weight than hindlimb obviously. In SMC group, the fracture achieved healing with replacement of lamellar bone at 8 weeks after operation, without external callus or osteoporosis. In DCP group, fracture achieved bone healing with external callus and osteoporosis at 12 weeks after operation, when it was the period of bone reconstruction and remodeling. **Conclusion:** The healing process of experimental humeral fracture of rabbit fixed by SMC imitates the process of humeral fracture of human, healing speed being faster than that fixed by DCP, healing quality being better than that fixed by DCP. The rabbit model is an ideal experimental model for internal fixation treating fracture of shaft of upper extremity.

**Key words** Upper extremity; Fracture fixation, internal; Animal model

应用镍钛合金材料研制成天鹅型形状记忆接骨器(swan-like memory connector SMC),应用于上肢骨干骨折和骨不连的治疗,取得了良好的临床效果<sup>[1]</sup>,在该接骨器固定下,骨折愈合现象与以往常用内固定器有所不同,即愈合过程中无外生骨痂,无局部骨质疏松。本实验拟通过以两种不同内固定器治

疗兔肱骨骨干骨折,建立上肢骨干骨折内固定的实验动物模型,为深入研究不同内固定下骨折愈合机制提供研究材料。

## 1 材料与方 法

**1.1 实验动物** 新西兰大白兔 25 只,雌雄不限,体重 2.0~2.5 kg,购自第二军医大学实验动物中心。手术前后市售饲料喂养,饮用自来水。

## 1.2 固定器械

**1.2.1 天鹅记忆接骨器(SMC)** 取含镍 50%~

通讯作者:高堂成(现在第二军医大学南京军医学院附属 414 医院,江苏 南京 210015) Tel.:025-80851303 E-mail:gaotc@163.com

53% 的镍钛合金板材,厚 1.5 mm,依据兔肱骨干中段近端粗、远端细的解剖特征,制成由鹅体 - 接骨板部、鹅颈 - 轴向加压支和鹅翼 - 持骨部组成的接骨器,其中鹅体近端宽 8 mm,远端宽 6 mm,鹅翼部近端内径 7 mm,远端内径 5 mm,SMC 长度 30 mm。热处理取向单程,形状恢复温度为  $33 \pm 2$ 。浙江湖州天鹅生物医疗器械公司定制。

1.2.2 动力加压接骨板(dynamic compression plate, DCP) 不锈钢材料制造,四孔,长 30 mm,宽 4 mm,厚 1.5 mm,螺钉  $\phi 2$  mm。上海浦卫医疗器械厂定制。

1.3 手术方法 以 2.5% 硫喷妥钠麻醉成功后,把兔上肢外展固定于俯卧位,在一侧上臂外侧逐层切开皮肤、分离组织,注意保护头静脉和桡神经。显露肱骨干,以线锯在中段截骨,手法复位并维持。将 SMC 置于 0~4 的冰生理盐水中塑变,按标准步骤<sup>[1]</sup>在骨折端置入 SMC,用 40 左右生理盐水复温,SMC 的持骨部、加压支和接骨板部产生形状记忆效应,三者协同对骨干构成三维立体固定<sup>[2]</sup>。同法在对侧肱骨行中段截骨后,常规行 4 孔 DCP 固定。按内固定物不同把固定后肱骨分为 SMC 实验组和 DCP 对照组。

1.4 术后处理 切口外涂红霉素眼膏,每只动物肌注青霉素  $G 20 \times 10^4$  U/d,共 5 d。动物苏醒后,分笼饲养,自由活动,不做外固定。

1.5 观察方法 观察动物伤口愈合和行走步态等情况; 术后 1 d、1、2、4、8 和 12 周,行双侧肱骨干 X 线摄片; 分别在术后 1、2、4、8 和 12 周,处死动物 5 只,取骨折端血肿、骨痂和连接部骨组织标本,10% 甲醛固定后,切片,HE 染色,光镜下行病理学观察。

## 2 结果

2.1 影像学观察 术后 1 d 摄片,两侧骨折复位固定良好。术后 1~2 周,两组均无骨痂形成,SMC 组骨折线逐渐模糊,DCP 组骨折线清晰。术后 4 周,SMC 组无骨痂形成,骨折线消失;DCP 组多数有骨痂生成,骨折线可见。术后 8 周,SMC 组骨折线消失,骨折端接由板层骨替代,仍无骨痂形成;DCP 组骨折线模糊,局部有大量骨痂。术后 12 周,SMC 组骨折处已完全骨性连接,局部无骨痂,也无骨质疏松;DCP 组骨折处有外骨痂,且板下皮质骨出现骨质疏松,其中 2 例出现内固定松动,螺钉脱出。

2.2 病理学观察 术后 1~2 周,光镜下见两组截骨区组织由机化血肿向纤维骨痂转变,细胞成分由

成纤维细胞向软骨细胞和成骨细胞转化。术后 4 周,SMC 组截骨区为编织骨,骨痂内见大量的成骨细胞和少量软骨细胞,表现为软骨内成骨;DCP 组截骨区形成的软骨组织及编织骨较前者为少。术后 8 周,SMC 组截骨区主要为相对成熟的板状骨,DCP 组主要为编织骨。术后 12 周,SMC 组骨折达到骨性愈合,DCP 组截骨区同时存在板状骨和编织骨。

## 3 讨论

实验动物模型只有最大程度地模拟临床表现,才能使实验研究结果更具可靠性,这就要求实验对象尽可能地接近人体状况。在常用的实验性骨折愈合模型中,哺乳动物后肢的股骨和胫骨常被选作受试对象<sup>[3-5]</sup>,原因可能是后肢骨骼较前肢粗大,且手术入路不涉及重要血管、神经,建模方法容易掌握等。但是这些模型用于上肢骨折愈合过程的研究并不适宜,原因在于:人体上肢无负重作用,骨折后骨折端受地心引力影响表现出分离的趋势,而动物后肢有负重作用,其应力承受情况与人体上肢相差太远;动物后肢骨骼解剖形状与人体上肢骨骼相差很大,如兔胫骨和腓骨在上端融为一体等。

常用实验动物有犬、羊、兔和大鼠等,其中兔体型大小适中,肱骨形状、手术入路与人非常接近,各种内固定物可制成相应大小的器件,因而比较适用于手术建模。通过观察兔的习性可以发现:其前肢短而直立,负重明显少于后肢;分笼喂养时,兔活动范围减小,其前肢负重机会更为减少,且兔有较长时间处于静息状态,呈蹲踞状,前肢常抬起,与人体上肢骨非负重状态非常接近。兔上臂的解剖结构也与人体非常相似。手术时选择上臂外侧肌间隙入路,易于发现并避开头静脉,通过牵开肌可保护桡神经,术后并发神经损伤的几率较低。

本实验兔肱骨骨折愈合过程与临床观察<sup>[1,6]</sup>相吻合。本研究是一种典型的配对研究,检验效率高。因此,兔肱骨干骨折内固定模型,适用于模拟临床上应用各种内固定器械治疗上肢骨折和骨不连的情况,并可深入进行各种有关骨折愈合的基础研究,是一种较为理想的动物模型。

在建立模型过程中,应注意以下几点: 肱肌前缘切开后,先将肱肌压住桡神经后,再拉向后方,避免用力过大和用拉钩直接牵拉神经; 线锯截骨前,用刀尖在肱骨外侧划痕,根据标记行骨折复位,可避免术后肢体外旋; 兔肱骨三角肌粗隆以上为松质骨,在安放钢板时,螺钉攻入不宜过紧,以免滑丝导

致内固定松动和脱出; 充分冲洗切口,防止骨屑在软组织内异位骨化而影响实验结果。

参考文献

1 张春才,许硕贵,王家林,等. 上肢骨干天鹅型记忆接骨器的设计与临床应用. 第二军医大学学报,2001,22(10):939-942.  
 2 许硕贵,张春才,苏佳灿,等. 天鹅记忆接骨器治疗肱骨骨折和骨不连的生物力学研究. 第二军医大学学报,2001,22(10):946-948.  
 3 Tepic S, Remiger AR, Morkawa K, et al. Strength recovery in fractured sheep tibia treated with a plate or an internal fixator: An experimental study with a two year follow-up. J Orthop Trauma, 1997, 11

(1):14-23.  
 4 Hupel TM, Aksenov SA, Schemitsch EH. Effect of limited and standard reaming on cortical bone blood flow and early strength of union following segmental fracture. J Orthop Trauma, 1998, 12(6):400-406.  
 5 Utvag SE, Grundnes O, Reikeras O. Effects of degree of reaming on healing of segmental fractures in rats. J Orthop Trauma, 1998, 12(3):192-199.  
 6 王亦璠. 骨与关节损伤. 第 3 版. 北京:人民卫生出版社,2001. 73-115.

(收稿日期:2003-08-19 本文编辑:王宏)

手法介绍 ·

旋后掌屈法复位巴通氏掌侧缘骨折 12 例

Treatment of palmr side displaced fracture of Barton with manipuiauion :A report of 12 cases

赵龙,蒋明华

ZHA O Long, JIANG Ming-hua

关键词 骨折; 正骨手法 Key words Fractures; Bone Setting manipulation

我科自 2000 年至今采用前臂旋后位牵引,腕关节掌屈位固定治疗巴通氏掌侧缘骨折 12 例,效果满意,现报告如下。

1 临床资料

本组 12 例,均为男性;年龄 20~55 岁。伤后就诊时间 30 min~3 d,均闭合性骨折,无合并其他部位骨折及血管神经损伤。X 线表现为桡骨下端掌侧缘骨折,骨折线斜行通过关节面,远骨折端为三角形,连同腕骨向掌侧及近侧移位,腕关节脱位状。

2 治疗方法

2.1 手法复位 患者取坐位或仰卧位,前臂及腕置于旋后位,两助手对抗牵引,术者先摸清移位的骨块,将两拇指置于骨块掌侧,用力向远侧、背侧推按,远端助手牵引下同时逐渐掌屈腕关节,使骨折复位。

2.2 石膏固定 维持牵引下自掌横纹至肘下予 U 形石膏夹固定。患肢腕关节取掌屈位,颈肘吊带悬于胸前。复查 X 线片,如不满意,以上方法再次重复,直至复位良好。固定 2 周后改为腕中立位固定。

3 治疗结果

本组 12 例中 2 例极不稳定,整复后再次脱位,予切开复位内固定。余病例均随访 6 个月以上。按改良的 Shea 等评定法(见表 1),根据患者主诉、腕部疼痛和手指感觉及检测关节活动度、握力来分。优:18~20 分;良 15~17 分;中:12~

14 分;差<11 分。全部骨折均在 3 个月内愈合,治疗结果:优 3 例,良 5 例,中 2 例,优良率 80%。

表 1 改良的 Shea 等评定法

Tab 1 Improved evaluation of Shea's

项目	4 分	3 分	2 分	1 分
腕部疼痛	无	偶有疼痛 能胜任一般劳动	活动时疼痛 不能胜任 一般劳动	明显疼痛
腕关节 屈伸活动	> 130°	101°~130°	80°~100°	< 80°
前臂旋转	160°~180°	140°~159°	120°~139°	< 120°
握力 (与健侧%)	> 80%	65%~80%	40~64%	< 40%
手指感觉	正常	偶有发麻障碍	活动时发麻	发麻感觉明显

4 讨论

巴通氏骨折少见,掌侧缘骨折多为摔倒时手背着地,应力沿腕骨冲击,骨远端的掌侧缘所造成骨折,骨折块向近侧掌侧移位。此种骨折手法整复较为容易,但维持整复的位置有时甚为困难。旋后掌屈推按手法应用在复位过程中,反方向地还原了受伤过程,符合“逆创伤机制复位”的原理,且掌屈位固定使腕背侧韧带紧张,腕骨复位后更加稳定。

(收稿日期:2003-09-08 本文编辑:连智华)