

• 临床研究 •

桡骨远端解剖型记忆聚合器的设计与临床应用

禹宝庆, 张春才, 苏佳灿, 胡海波, 刘辉

(第二军医大学附属长海医院骨科, 上海 200433)

【摘要】 目的: 寻找一种新的治疗桡骨远端骨折与骨不连的内固定方法。方法: 根据桡骨远端的解剖学特点、骨折发生机制及骨折端的应力情况, 利用镍钛生物记忆材料的特殊力学行为, 设计一种专门处理此类骨折、骨不连的形状记忆合金接骨器。临床上采用该接骨器治疗桡骨远端粉碎性骨折 5 例, 桡骨远端骨折骨不连 20 例。桡骨远端粉碎骨折组中, 男 3 例, 女 2 例; 年龄 44~65 岁, 平均 51.3 岁。骨不连组中, 男 14 例, 女 6 例; 年龄 34~70 岁, 平均 55.7 岁; 其中采用普通钢板固定 7 例, 三棱针固定 8 例, 克氏针加钢丝固定 2 例, 外固定架固定 1 例, 石膏固定 2 例。结果: 生物力学测试表明本接骨器具有良好的耐疲劳与重复使用性, 初期产生的最大环抱持骨力 12.82 MPa 纵向压力 13.6 MPa。本组所有患者均得到随访, 时间 6 个月~2 年, 平均 1.3 年。1 例出现切口软组织的浅表感染, 经局部换药 2 周后, 切口愈合。其余患者切口均按期愈合。腕关节伸屈活动范围 120° ~ 140° , 术后 6~10 周骨折线消失。所有患者术后骨折无成角畸形、骨折再移位出现, 无骨不连发生, 取出聚合器后无再骨折。结论: 桡骨远端解剖型记忆聚合器符合桡骨远端的解剖特点, 可以在骨折端产生持续纵向加压的作用, 具有抗剪力、抗折弯力、抗分离、抗旋转作用, 可以促进骨折愈合。

【关键词】 桡骨骨折; 外固定器; 骨折愈合; 生物力学

Design and clinical applications of Anatomical Nitinol Memory Connector for distal radius YU Baoping, ZHANG Chuncai, SU Jiaca, HU Hai-bo, LIU Hui Department of Orthopaedics, the Affiliated Changhai Hospital of the Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

ABSTRACT Objective To find a new method of internal fixation for the management of fractures and nonunion of distal radius. **Methods** According to the anatomical feature, mechanism of fracture and stress sustained on the fracture site of distal radius, a new type of Nitinol shape memory alloy connector was designed by taking the advantage of its special mechanics action. In clinical applications, 25 patients were treated with the procedure, among which 5 patients were fresh fracture of distal radius and 20 patients were nonunion. Among patients with fresh fractures, 3 patients were male and 2 patients were female, the mean age was 51.3 years (44 to 65 years). Among patients with nonunion, 14 patients were male and 6 patients were female, the mean age was 55.7 years (34 to 70 years), 7 patients were fixed with routine plate, 8 with pins, 2 with K-wire, 1 with external fixator and 2 with plaster. **Results** The biomechanics study showed that the connector was characteristic of anti-fatigue and reuse. The initiative bone holding and longitudinal compressive forces were 12.82 MPa and 13.6 MPa respectively for maintaining axial stability. All the patients were followed up, ranged from 6 months to 2 years (1.3 years on average). Only 1 patient had superficial infection of soft tissue which healed after 2 weeks. Other patients had primary healing without infection, angulation and displacement. Fracture lines disappeared 6 to 10 weeks later postoperatively. No refracture occurred after the connector removed. **Conclusion** The newly designed NT memory device matches optimally the anatomy of the distal radius. It not only can maintain longitudinal compressive forces continuously, but also has efficacious fixation effect with anti-shearing, anti-bending and anti-distraction forces. It can shorten the duration of bone healing and improve the healing quality of bone.

Key words Radius fractures; External fixators; Fracture healing; Biomechanics

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma 2007, 20(6): 367-369 www.zggssz.com

桡骨远端粉碎骨折临床上较为常见, 如何解决复位、坚强固定和早期功能锻炼的矛盾, 仍然是骨科的难题。随着对该骨折认识的深入及患者对功能恢复要求的提高, 传统的处理方法已不能满足当今治疗的需求。自 1998 年开始采用自行设计的桡骨远端解剖型记忆聚合器治疗该部位的粉碎骨折、骨不连取得满意的疗效, 现报告如下。

1 桡骨远端解剖型记忆聚合器的设计原理及生物力学测试

1.1 设计原理 根据桡骨远端的解剖与生物力学特点, 取厚

1.8 mm 的镍钛记忆合金板材, 热处理取向单程, 形状回复为 $(33 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, 制成由接骨板部、持骨部和纵向加压支构成的桡骨远端解剖型记忆聚合器 (见图 1)。本器械经低温塑变置入骨折远端, 后由体温促使本器金相变化, 所产生的形状记忆回复力完成对骨折的固定作用。包括: ①近端环抱部维持骨干轴向, 远端加压聚合部除了对桡骨远端靠近关节面的骨折块产生聚合作用外, 还与近端环抱部位共同完成对骨折的多点轴向固定。②纵向加压支在向原定形状回复时, 受到孔间

距限制,在骨断端间产生对合性加压力,形成纵向持骨、断端加压、多点位固定的记忆应力场。

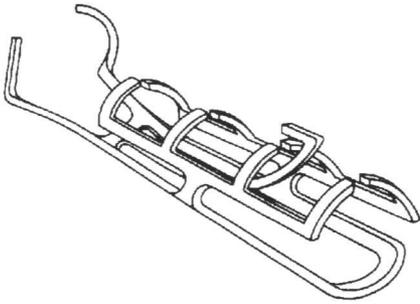


图 1 桡骨远端解剖型记忆聚合器线条图

Fig 1 Line spectrum of NT memory connector for fractures and nonunion of distal radius

1.2 生物力学测试 选取并标定压敏胶片,根据压敏片颜色的灰度值,找出应力与颜色灰度值的对应关系,可知聚合器用于桡骨骨折中产生的应力较大区的压应力为 13.6 MPa 左右。将环抱支末梢贴附与静态电阻应变仪连接的的压力感受器,得到环抱支最大轴向环抱力为 12.82 MPa。在达到最大形变量之前,轴向环抱力与形变量基本上成正比,但是当形变量超过 8% 以后,轴向环抱力呈降低趋势。对比钢板,三点弯曲实验发现,两实验组板对侧加压均保持较高,桡骨远端解剖型记忆聚合器组的屈服载荷为 $(3.92 \pm 1.22) N \cdot m$,而钢板组为 $(5.26 \pm 2.37) N \cdot m$ 。板侧加压,桡骨远端解剖型记忆聚合器组为 $(3.32 \pm 1.14) N \cdot m$,而 CP 组为 $(3.14 \pm 1.06) N \cdot m$ 。侧方加压,桡骨远端解剖型记忆聚合器组为 $(4.27 \pm 2.13) N \cdot m$,而钢板组为 $(3.96 \pm 1.34) N \cdot m$ 。

2 临床资料

1998-2002年,采用桡骨远端解剖型记忆聚合器共治疗桡骨远端粉碎骨折 5例,骨不连 20例。桡骨远端粉碎骨折组中,男 3例,女 2例;年龄 44~65岁,平均 51.3岁。骨不连组中,男 14例,女 6例;年龄 34~70岁,平均 55.7岁。骨不连组中曾采用普通钢板固定 7例,三棱针固定 8例,克氏针加钢丝固定 2例,外固定架固定 1例,石膏固定 2例。

3 治疗方法

3.1 术前准备 常规摄桡骨远端正侧位 X 线片,根据 X 线摄片预算聚合器的型号,其内径应小于管骨直径约 3~5 mm,需多备几种相近型号待用。高压消毒,备无菌冰盒与 40~50℃生理盐水 500 ml。

3.2 手术方法 所有患者均在臂丛麻醉或全麻下采取开放复位内固定。手术采用前臂远端桡侧背侧作 6~10 cm 长的直切口,避开桡神经浅支,于第 3、4 伸肌间隔间背侧纵形切口入路。严重粉碎性骨折及骨折块明显移位者,术中应设法将移位的骨块集中在一起,撬起塌陷的骨折块,尽可能恢复关节面平整,用克氏针临时固定。有骨缺损的病例需采用自体松质骨或人工骨填充,以支撑复位后的骨折端。复杂的损伤有时需采取掌、背侧联合入路。骨不连的病例如果大量骨性骨痂生成,可用骨刀依桡骨远端的解剖形态切除骨痂,应尽量使桡骨远端恢复大致正常的解剖形态,避免日后由于骨痂突出引起的正中神经压迫症状以及伸指、伸拇肌腱的磨损,切除的

骨痂可以作为植骨材料。

记忆聚合器在 0~4℃冰盒中塑变,用 2 个持针器将持骨部对称的水平加压支向两侧适度展开,展距大于断骨横径,形变量控制在 8%。根据远端桡侧纵向加压臂经冰盐水冷却后展平的长度,桡骨茎突内下方 1 cm 处用直径 2.5 mm 钻头垂直桡骨干钻孔,孔的深度达到桡骨前侧皮质,但不穿透皮质,将加压臂的防滑锐刺嵌入骨孔内。将远端尺侧环抱聚合臂沿桡骨远端尺侧置入,使其在桡骨的背侧、尺侧和掌侧环抱桡骨远端。根据纵向加压部冰盐水冷却后展平的长度,在相应位置垂直桡骨干纵轴用直径 2.5 mm 钻头钻透背侧皮质,深度同前。如果需要骨折端产生较大的纵向压力,骨孔应适当向近端移位,加压支的加压钩置入骨孔内。轻轻捶击所有加压钩,使之帖服于桡骨。40~50℃生理盐水复温,聚合器向记忆形状回复,完成固定。活动患肢,检查固定牢固与否。对于新鲜骨折,以上所有操作均可在骨膜外进行,不必广泛剥离骨膜。

术后常规放置引流,石膏托腕关节制动 7~10 d 左右。对于骨质缺损较多的病例,可延长固定到 3 周左右。术后第 2 天开始进行握拳、肩、肘关节的活动。

4 结果

术后所有患者均得到随访,时间 6 个月~2 年,平均为 1.3 年。25 例患者中仅有 1 例出现切口软组织的浅表感染,经局部换药 2 周后,切口愈合。其余患者切口均 I 期愈合。所有患者术后骨折无成角畸形、骨折再移位出现,无骨不连发生,取出聚合器后无再骨折。腕关节伸屈活动范围 120°~140°。骨折患者术后 6 周 X 线片显示骨折线消失,骨折处为板样骨替代,骨不连组的时间为 10 周。术后 6~10 个月,取原切口,以 0~4℃冰盐水降温记忆聚合器,先退出加压支的加压钩,后撬展远近端持骨部,取出聚合器。典型病例见图 2。



图 2 男,42岁,前臂双骨折克氏针钢丝固定术后骨不连 18 个月 2a 术前正侧位 X 线片,可见桡骨远端骨不连,出现严重的马德隆畸形 2b 2c 术后正侧位 X 线片示取出钢丝,解剖型记忆聚合器固定,切除尺骨远端并作为植骨之用

Fig 2 Male, 42-year old, radial and ulnar fractures of forearm, nonunion 18 months after operation 2a The AP and lateral views of X-ray before operation nonunion of distal radius and Madelung deformity 2b 2c The AP and lateral views of X-ray after operation removal of wires fixation with anatomic memory connector autograft with resected distal ulna

5 讨论

5.1 记忆合金治疗骨折的生物力学特性 不同内固定材料的弹性模量之间有着一定的差别,固定段的应力大小与内固定的弹性模量成反比。高弹性模量内固定应力遮挡高,导致成骨细胞合成和分泌功能降低,骨吸收快于成骨。弹性模量较低的内

固定应力遮挡低,成软骨细胞合成和分泌功能活跃,密集排列,骨折愈合强度更优,有利于骨痂的后期改建^[1-2]。镍钛形状记忆合金不仅具有优良的组织相容性和记忆取向,而且在人体生理温度下其弹性模量为 54.18 GPa,比较接近骨组织的弹性模量,因而应力遮挡较其他内固定材料小。研究表明形状记忆合金接骨器治疗骨折,特别是张春才等^[3]设计的记忆加压接骨器,在长管状骨折端形成了独特的局部机械生物环境,始终保持了骨折端的密切稳定接触,在骨折端提供了持续、主动的轴向压力。研究表明,纵向的压应力使成软骨细胞和成骨细胞的分泌功能活跃,成骨细胞及成纤维细胞向成骨方向转化,胶原纤维与骨轴线平行排列,应力作用于骨表面时,骨膜、骨质、骨表面层细胞会产生跨膜电位及局部电流,骨折端的持续压缩可抑制软骨内钙化,对骨愈合有利^[3]。

5.2 桡骨远端解剖型记忆聚合器设计上的独特性 桡骨远端解剖型记忆聚合器,根据桡骨远端的解剖形状以及骨折类型而设计。持骨部由近端环抱部和远端加压聚合部组成,环抱部对称错臂的 8~12 个持骨枝部产生多点位固定的作用,一方面有利于早期的稳定,且可良好固定治疗骨不连时的植骨条;另一方面因为固定力点众多,分散了记忆回复力对固定骨的压强,避免了对骨的切割作用,也避免了压强过高导致的骨坏死。同时多点位固定模式,最大限度地保存了骨折端的血运供应,有利于骨折的愈合。远端加压聚合部不仅可以稳固桡骨远端同时具有向心聚合作用,尤其适用于远端粉碎或劈裂骨折。纵向加压部与远端桡侧加压臂共同对骨折端产生持续的轴向作用力,增加了断面的摩擦力,提高了固定的稳定

性,缩小新生骨细胞的爬行距离,使骨折端在良好的动态记忆应力状态下愈合^[4-5]。桡骨远端解剖型记忆聚合器的一体化结构,具有较强的抗剪、抗张、抗分离性能,允许患者术后早期进行主动的关节功能锻炼,这既减少了关节功能障碍的出现,同时又最大限度地发挥肌肉的内在动力。肌肉功能锻炼时产生的间断性生理压应力刺激,可以相当多地传导到骨折部位,使骨痂从一开始就受到应力刺激,随着治疗时间的延长,其机械强度也不断加强,使骨小梁和骨单位中胶原纤维沿力线排列,提高了愈合质量^[6]。

综上所述,我们认为桡骨远端解剖型记忆聚合器治疗骨折是一种持续动态加压和间断加压相结合的固定模式,应力遮挡低,允许患者术后早期进行功能锻炼,促进骨痂成熟,从而提高骨的材料特性和结构特性,促进骨折愈合。

参考文献

- 1 Seligson D, Mehta S, Mishra AK, et al. In vivo study of stainless and Ti13Nb13Zr bone plates in a sheep model. Clin Orthop Relat Res, 1997, 343: 213-223.
- 2 张先龙,戴克戎,汤亭亭. 应力松弛接骨板固定对骨折愈合骨痂及板下骨改建的影响. 中华创伤杂志, 2000, 16(6): 359.
- 3 张春才,许硕贵,苏佳灿,等. 肱骨近端记忆接骨器的设计与临床应用. 中华创伤杂志, 2005, 21(8): 571-574.
- 4 苏佳灿,禹宝庆,张春才,等. 桡骨远端解剖型镍钛记忆合金接骨器治疗桡骨远端骨折的生物力学特性. 中国临床康复, 2002, 6(18): 2690-2691.
- 5 苏佳灿,禹宝庆,张春才,等. 桡骨远端解剖型记忆聚合器治疗桡骨远端骨折三维有限元分析. 中国临床康复, 2004, 8(5): 873-875.
- 6 姜保国. 桡骨远端骨折的治疗. 中华创伤骨科杂志, 2006, 8(3): 236-239.

(收稿日期: 2007-03-12 本文编辑: 连智华)

世界针灸学会联合会成立 20周年暨世界针灸学术大会征文通知

春华秋实,硕果累累。又是一个金色的秋天,我们迎来了世界针灸学会联合会成立 20周年的纪念日。20年的风雨同舟,20年的共同奋斗,世界针灸学会联合会在全世界各国针灸组织、针灸界同仁的关心、爱护、支持下,不断成长壮大,已经成为国际传统医学界一支重要的学术力量。为了展示世界针灸学会联合会成立 20年来世界范围内针灸学术的研究成果,展示当前针灸学发展状况,促进国际针灸组织间的交流与合作,“世界针灸学会联合会成立 20周年暨世界针灸学术大会”将于 2007年 10月在中国北京隆重召开。

主办单位:世界卫生组织,世界针灸学会联合会,中国中医科学院。承办单位:中国针灸学会。支持单位:中国科学技术协会,中华人民共和国卫生部,国家中医药管理局,中华人民共和国民政部。大会主题:针灸医学的回顾与展望。大会时间:2007年 10月 20日-22日。大会语言:中文、英文。

大会学术交流:大会将邀请国内、国际著名传统医学专家就针灸学发展的热点问题进行现场主题演讲;大会将以编辑论文集和会场张贴形式进行书面学术交流;大会将以学术论坛的形式分主题进行现场学术交流。

大会论文征集:①征文内容:针灸基本理论的基础研究,针灸治疗技术的理论与实践,针灸在心脑血管病、肿瘤、艾滋病等重大疾病中的防治作用,针灸在养生保健方面的运用,在城市社区、农村卫生院推广普及针灸治疗技术的经验,如何发挥针灸在突发公共卫生事件中的作用,现代信息技术在针灸领域里的应用,现代针灸教育的模式、内容与方法的探讨,针灸的临床评价与标准化规范化,针灸学发展中的知识产权保护,针灸医疗器械的研究与开发,针灸史研究及古代针灸名家经验。②征文要求:论文务必主题鲜明、论据充分、资料详实。文章篇幅在 3 000字左右,另附 800字以内的中、英文摘要(以目的、方法、结果、结论形式撰写)。文章最好是未曾公开发表过,务必写清作者姓名、职称、工作单位、联系地址(邮政编码)、联系电话、电子邮箱。请用 Word 文档打印论文,通过邮局寄送,同时附 3.5 寸软盘或以 E-mail 发送。研究类论文和临床报道必须附单位证明,以表明资料来源可靠、署名无争议、无需要保密内容。请自留底稿,恕不退稿。③每篇论文请交纳审稿费 150元,论文摘要如需代为翻译成英文或中文,另交翻译费 200元。国外投稿者审稿费和翻译费共计 50美金。请在投稿时一并寄出,未交费稿件,恕不审理。④征文及审稿费邮寄地址:中国北京东直门内南小街 16号《中国针灸》杂志社。邮政编码:100700 联系人:王平。电话:010-84046331, E-mail wfa2007x@yahoo.com.cn ⑤征文截止日期:2007年 6月 30日。

会议注册费用:2007年 6月 30日以前交费,国外代表 400美元,陪同 200美元。2007年 7月 1日以后交费:国外代表 500美元,陪同 250美元。中国内地代表注册费为 1 200元人民币。代表旅费、食宿费自理。

大会将设有传统医药展览,凡有关传统医疗机构的医疗特色宣传、传统医学培训与教育、传统医药材料与药品、与传统医学相关的文化产品、医疗器械与材料均可参加展览。大会展览部联系方式:联系人:卫元斌。电话:010-64064402 传真:010-64018354, E-mail wfa2007zh@yahoo.com.cn 地址:北京东直门内南小街 16号世界针灸 522室。邮政编码:100700

大会秘书处设在世界针灸学会联合会秘书处,有关大会详情可咨询:联系人:杨宇洋。电话:010-64021210 传真:010-64018354, E-mail wfa2007m@yahoo.com.cn 北京东直门内南小街 16号。邮政编码:100700