

钛合金板置入内固定修复老年肱骨远端骨折的生物相容性

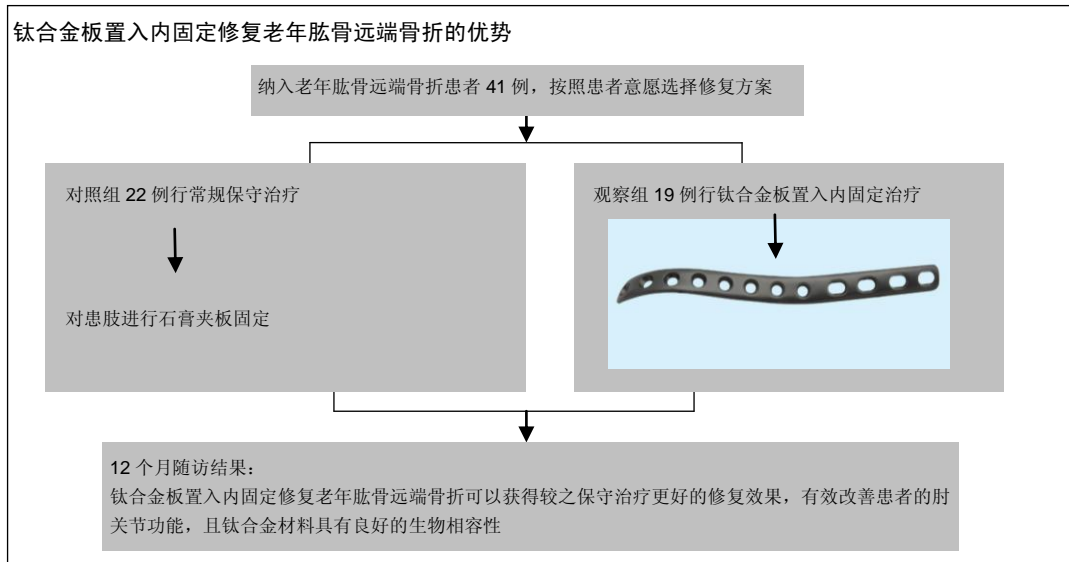
胡文雄¹, 郭祥²(¹儋州市第一人民医院, 海南省儋州市 571700; ²海口市人民医院骨科中心, 海南省海口市 570208)

引用本文: 胡文雄, 郭祥. 钛合金板置入内固定修复老年肱骨远端骨折的生物相容性[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(13):1888-1894.

DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2016.13.009

ORCID: 0000-0002-5751-1624(胡文雄)

文章快速阅读:



胡文雄, 男, 1982 年生, 广东省雷州市人, 汉族, 2005 年海南医学院毕业, 主治医师, 主要从事创伤骨科、关节外科的研究。

中图分类号:R318

文献标识码:A

文章编号:2095-4344

(2016)13-01888-07

稿件接受: 2016-02-18

<http://www.crter.org>

文题释义:

肱骨远端骨折: 肱骨远端骨折是一种常见的肘部骨折类型, 主要包括有肱骨髁上、髁间以及单纯的累及内外髁的骨折。具有解剖的特殊性和复杂性, 此外由于骨质疏松, 关节和干骺端的粉碎, 使得其一旦发生骨折, 多为粉碎性骨折。

钛合金板: 钛合金具有理想的理化性能弹性模量接近人骨, 抗腐蚀性强, 进行内固定的时候可以降低应力遮挡效应, 减少对局部的应力刺激, 促进骨折部位的完全愈合。且钛合金材料不含任何毒性元素, 在进入人体之后不会诱发炎症等情况的出现。因此临床对不同骨折类型进行修复的过程中, 钛合金板是一种十分理想的植入材料。

摘要

背景: 肱骨远端骨折是一种常见的骨折类型, 临床对老年患者进行治疗的时候, 可采用保守治疗或者金属植入物内固定治疗, 但关于具体治疗方案的选择, 目前尚缺乏明确的定论。

目的: 探讨钛合金植入物内固定治疗老年肱骨远端骨折的临床修复效果和生物相容性。

方法: 纳入老年肱骨骨折患者 41 例, 均为儋州市第一人民医院 2011 年 7 月至 2014 年 7 月收治的住院患者。按照患者意愿选择修复方案, 其中对照组 22 例实施常规保守治疗, 观察组 19 例实施钛合金植入物内固定治疗。治疗后随访 12 个月, 观察两组的肘关节活动度和肘关节功能恢复效果以及不良反应发生情况, 并进行比较。

结果与结论: 经保守治疗和内固定治疗之后, 两组患者的肘关节活动度各项指标评分及总分较之治疗前均得到显著的提高($P < 0.05$); 且治疗后观察组的肘关节活动度各项指标评分及总分均显著高于对照组($P < 0.05$)。经疗效评定, 对照组评定为优、良的分别有 4 例和 3 例, 观察组为 8 例和 4 例, 对照组的疗效优良率显著低于观察组($P < 0.05$)。观察组患者钛合金植入取出时内固定物周围软组织有 2 例存在轻微的炎性增生现象, 其余患者均未出现炎性增生或者组织包膜等。观察组术后有 1 例患者出现尺神经支配区麻木, 实施营养神经治疗之后麻木感觉消失。1 例患者出现切口感染, 实施积极抗生素治疗之后感染得到有效的控制, 未引起严重后果。经随访, 所有患者未出现骨折不愈合或者内固定物松动等。结果表明, 钛合金植入物内固定治疗老年肱骨远端骨折可以获得较之保守治疗更好的修复效果, 有效改善患者的肘关节功能, 且钛合金材料具有良好的生物相容性。

Hu Wen-xiong, Attending physician, Danzhou Municipal First People's Hospital, Danzhou 571700, Hainan Province, China

关键词:

骨科植入物; 骨植入物; 肱骨骨折; 远端骨折; 医用钛合金; 植入物; 骨植入物; 金属植入物; 内固定; 老年患者; 生物相容性

主题词:

肩骨折; 肱骨; 肱骨骨折; 钛合金; 老年人

Biocompatibility of titanium alloy implant fixation for aged patients with distal humeral fractures

Hu Wen-xiong¹, Guo Xiang²(¹Danzhou Municipal First People's Hospital, Danzhou 571700, Hainan Province, China; ²Orthopedics Center, Haikou People's Hospital, Haikou 570208, Hainan Province, China)

Abstract

BACKGROUND: Fracture of the distal humerus is a common type of fracture. Conservative treatment or metal implant fixation can be used during the clinical treatment of elderly patients, but the choice of specific treatment options still lacks of clear conclusion.

OBJECTIVE: To explore the clinical repair effect and biocompatibility of titanium alloy implant internal fixation for aged patients with distal humeral fractures.

METHODS: A total of 41 elderly patients with humeral fractures, who were hospitalized in Danzhou Municipal First People's Hospital from July 2011 to July 2014, were enrolled in this study. In accordance with the wishes of patients, repair program was selected. 22 patients in the control group received conservative treatment. 19 patients in the observation group received titanium alloy implant fixation. After 12 months of follow-up, elbow joint activity, elbow joint function recovery and adverse reactions were observed and compared in the two groups.

RESULTS AND CONCLUSION: After conservative treatment and internal fixation, each index score and total score of range of motion of shoulder joint were significantly higher in the two groups as compared with pre-treatment ($P < 0.05$). Each index score and total score were significantly higher in the observation group than in the control group ($P < 0.05$). Curative effect evaluation results showed four excellent patients and three good patients in the control group, eight excellent patients and four good patients in the observation group. The excellent and good rate was significantly lower in the control group than in the observation group ($P < 0.05$). Two patients suffered from mild inflammatory hyperplasia during taking out the fixator in the observation group, and the remaining patients did not affect inflammatory hyperplasia or capsular tissue. In the observation group, after surgery, one case experienced numbness of the ulnar nerve, which disappeared after treatment with trophic nerve. One case suffered from wound infection, which was controlled by antibiotic treatment, and did not induce a serious outcome. After follow-up, none of them had nonunion or internal fixation loosening. The results show that titanium alloy implant fixation for the treatment of distal humerus fractures can get better repair effect compared with conservative treatment, can effectively improve the elbow joint function, and titanium alloy material has good biocompatibility.

Subject headings: Shoulder Fractures; Humerus; Humeral Fractures; Titanium Alloy; Aged

Cite this article: Hu WX, Guo X. Biocompatibility of titanium alloy implant fixation for aged patients with distal humeral fractures. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2016;20(13):1888-1894.

0 引言 Introduction

肱骨远端骨折大多为粉碎性骨折,属于关节内和近关节处骨折,容易出现严重的移位现象,临床治疗难度极大^[1-3]。临床治疗过程中,要注意进行有效的解剖复位,予以坚强内固定,并结合科学的功能锻炼等方式,以期有效改善患者的肘关节功能^[4]。对于老年巩固远端骨折患者而言,由于采用保守方式进行治疗的过程中,大多采用尺骨鹰嘴牵引固定和石膏外固定以及复位小夹板固定等方式^[5]。但是,保守治疗大多无法实现关节面的

良好重建。且保守治疗大多需要长时间的关节制动,极易导致骨折急性愈合以及骨不连等情况的出现,导致患者出现关节功能障碍等^[6]。尤其对老年患者而言,大多合并不同程度的骨质疏松,粉碎性骨折程度较为严重。且很多老年患者合并有不同类型的内科疾病,给临床治疗来了更大的难度^[6]。临床对老年肱骨远端骨折患者进行修复的时候,可采用保守治疗或者金属植入物内固定,但关于具体修复方案的选择,目前尚缺乏明确的定论。文章对保守治疗和钛合金板置入内固定修复老年肱骨

远端骨折的临床效果及植入物生物相容性等问题进行研究, 探讨临床最佳修复方案。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 对比观察试验。

1.2 时间及地点 于2011年7月至2014年7月在儋州市第一人民医院完成。

1.3 材料 修复术中使用的重建钛合金板由苏州康力医疗器械有限公司提供, 注册号: 国食药监械(准)字2012第3460343号。产品由钛合金制成, 具有良好的生物相容性和机械强度, 可耐受高温、耐磨, 并具有良好的抗腐蚀性, 并经检测无细胞毒性和血液毒性。

1.4 对象 纳入老年肱骨骨折患者41例, 均为儋州市第一人民医院2011年7月至2014年7月收治的住院患者。其中男25例, 女16例; 年龄61-74岁, 平均(68.21±12.19)岁。入组患者均经临床影像学检查, 确诊为肱骨远端骨折。AO分型(分型标准见图1)^[7]: A型23例, B型10例, C型8例。受伤原因统计: 车祸伤25例, 高空坠落伤10例, 其他原因6例。

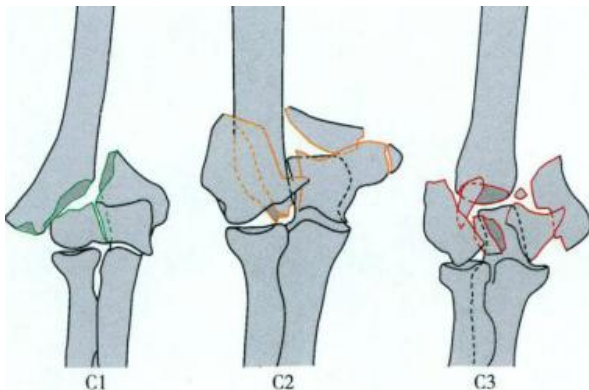


图1 肱骨远端骨折 AO 分型情况

Figure 1 AO type situation of distal humeral fractures

纳入标准: ①符合肱骨远端骨折诊断标准者。②关节面台阶在2 mm以上者。③年龄≥60岁者。④对手术相关情况知情且签署同意书, 自愿受试者。

排除标准: ①同时参加其他临床研究者。②合并骨髓腔综合征者。③身体一般情况差, 有重大内科疾病或脏器功能衰竭并长期卧床者。④存在血管及神经损伤者。

按照患者意愿选择修复方案, 其中22例实施常规保守治疗, 设为对照组; 19例实施钛合金板置入内固定治疗, 设为观察组。对两组患者的受伤原因和骨折分型等情况进行统计学比较, 差异均无显著性意义($P > 0.05$)。

1.5 方法

对照组修复方法: 实施常规保守治疗, 对患肢进行

石膏夹板固定。连续固定4-6周之后, 视患者情况指导其开始进行康复锻炼。

观察组修复方法: 实施钛合金板置入内固定治疗, 常规麻醉之后, 于肘后正中做切口, 根据不同患者的骨折分型实施相应治疗。AO分型A、B型患者均利用重建钛合金板辅助螺钉进行内固定, C型患者进行骨折小碎片拼接, 获得大骨片后利用克氏针临时固定, 对关节面予以解剖复位, 之后选择合适的内固定物进行稳定固定。

修复后处理: 修复后两组患者均接受抗骨质疏松药物治疗, 并接受支具外固定, 连续固定4周。

康复锻炼: 支具拆除之后, 指导患者进行被动功能锻炼。治疗后6-8周, 对患肢进行X射线片检查, 如果可见骨折线呈模糊状或者存在丰富骨痂的时候, 可逐渐加大功能训练的强度。治疗后12周左右, 再次进行X射线片检查, 如果可见骨折愈合, 则扩大训练范围, 增加训练力量。

修复后随访: 治疗后随访12个月, 对比观察两组的临床修复效果、不良反应及材料宿主反应发生情况。

1.6 主要观察指标 ①观察患者肩关节活动度^[8]: 采用量角器(由上海精密仪器仪表有限公司提供)对肩关节不同指标的活动情况进行评分, 评分标准见表1。②观察患者肘关节功能^[9]: 治疗前和末次随访, 分别利用Mayo肘关节功能评分系统评定患者的肘关节功能。分为4个部分, 总分100分, 其中稳定程度10分, 日常功能25分, 疼痛45分, 关节活动范围20分。总分低于60分视为差, 60-74分为中, 75-89分为良, ≥90分为优。③观察内固定周围组织大体情况: 待患者骨折愈合, 经患者及其家属同意, 取出钛合金植入物时, 观察患者内固定周围软组织情况。④对治疗后1, 6, 12个月两组患者凝血、炎症因子相关指标进行检测。⑤观察患者不良反应发生情况。

表1 肩关节活动度评分标准

Table 1 Score of range of motion of shoulder joint

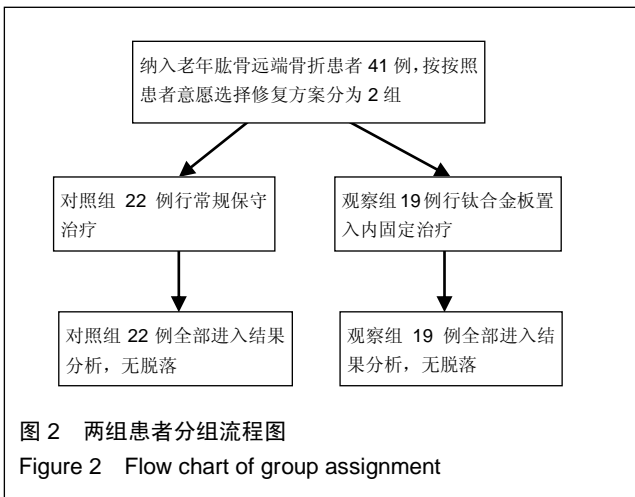
活动类型	0分	1分	2分	3分	4分	5分
前屈	0°-29°	30°-59°	60°-89°	90°-119°	120°-149°	> 150°
后伸	0°-10°	11°-20°	21°-30°	31°-40°	> 41°	/
内收	0°-15°	16°-30°	31°-45°	46°-60°	> 61°	/
外展	0°-29°	30°-59°	60°-89°	90°-119°	120°-149°	> 150°
水平屈曲	0°-29°	30°-59°	60°-89°	90°-119°	> 120°	/
水平伸展	0°-10°	11°-20°	> 21°	/	/	/
内旋	0°-20°	21°-40°	41°-60°	61°-80°	> 81°	/
外旋	0°-20°	21°-40°	41°-60°	61°-80°	> 81°	/

1.7 统计学分析 对研究过程中获得的数据进行收集,

使用的统计学软件为SPSS 18.0。对患者平均年龄和肘关节活动度各项指标等计量资料进行t 检验, 治疗优良率予以 χ^2 检验, 并利用率(%)进行表示。计算P 值, $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 按意向性处理, 入组的41例患者均顺利完成12个月的随访, 随访率为100%, 全部进入结果分析。试验流程见图2。



2.2 两组患者基线资料比较 对两组患者的受伤原因和骨折分型等情况进行统计学比较, 可得均 $P > 0.05$, 具体结果见表2。

表2 两组患者临床资料分析
Table 2 Analysis of clinical data of patients of two groups

组别	n	性别(男/女, n)	年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	AO 分型(n)		
				A 型	B 型	C 型
观察组	19	12/7	64.51±10.15	10	5	4
对照组	22	13/9	62.51±12.25	13	5	4
P		> 0.05	> 0.05	> 0.05	> 0.05	> 0.05

2.3 两组患者治疗前后肩关节活动度比较 经保守治疗和内固定治疗之后, 两组患者的肩关节活动度各项指标评分及总分均较本组治疗前得到显著提高($P < 0.05$); 且治疗后观察组的肩关节活动度各项指标评分及总分均显著高于对照组($P < 0.05$), 见表3。

2.4 两组患者疗效优良率比较 经Mayo肘关节功能评分疗效评定, 对照组评定为优、良的分别为4例和3例, 观察组为8例和4例, 对照组的疗效优良率显著低于观察组($P < 0.05$), 见表4。

2.5 钛合金板生物相容性分析 观察组有2例患者钛

表3 两组患者治疗前后肩关节活动度比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)
Table 3 Comparison of range of motion of shoulder joint in patients of the two groups before and after treatment

指标	观察组(n=19)		对照组(n=22)	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
前屈	1.11±0.62	4.25±0.45 ^a	1.12±0.31	3.11±0.25 ^{ab}
后伸	0.98±0.95	3.21±0.31 ^a	0.98±0.94	2.21±0.51 ^{ab}
内收	1.25±0.55	3.55±0.35 ^a	1.24±0.56	2.75±0.55 ^{ab}
外展	1.35±0.45	4.35±0.61 ^a	1.33±0.45	3.11±0.65 ^{ab}
水平屈曲	0.88±0.57	3.57±0.42 ^a	0.87±0.55	2.84±0.51 ^{ab}
水平伸展	0.22±0.15	1.65±0.25 ^a	0.23±0.14	0.95±0.45 ^{ab}
内旋	0.78±0.55	3.51±0.32 ^a	0.78±0.52	2.87±0.75 ^{ab}
外旋	0.88±0.62	3.55±0.34 ^a	0.85±0.65	2.84±0.81 ^{ab}
总分	0.92±0.52	3.41±0.45 ^a	0.91±0.51	2.61±0.58 ^{ab}

表注: 与本组治疗前比较, ^a $P < 0.05$, 与观察组治疗后比较, ^b $P < 0.05$ 。

表4 两组患者 Mayo 肘关节功能评分疗效优良率比较 (n)
Table 4 Comparison of excellent and good rate of curative effect of Mayo elbow joint function in the two groups

组别	n	优	良	可	差	优良率(%)
观察组	19	8	4	4	3	63
对照组	22	4	3	9	6	32
P		< 0.05				

合金板取出时内固定物周围软组织存在轻微的炎性增生现象, 其余患者均未出现炎性增生或者组织包膜等。对不同时间两组患者凝血、炎性因子相关指标进行检测, 可得两组不同时间各项指标比较差异均无显著性意义($P > 0.05$), 表明钛合金板具有良好的生物相容性, 见表5。

2.6 不良事件发生情况 观察组术后有1例患者出现尺神经支配区麻木, 实施营养神经治疗之后麻木感觉消失; 1例患者出现切口感染, 实施积极抗生素治疗之后感染得到有效的控制, 未引起严重后果。经随访所有患者未出现骨折不愈合或者内固定物松动等。

2.7 典型病例分析 患者, 男, 61岁。主诉: 左上臂外伤伴疼痛、畸形、活动受限2 h。现病史: 患者入院前2 h发生车祸导致左上臂直接与硬物撞击, 当即觉左上臂疼痛, 呈持续性剧痛, 左上臂畸形、活动障碍。无头晕、呕吐, 无呼吸困难, 无肢体麻木, 无大汗淋漓, 无皮肤湿冷, 伤后送本院急诊。入院后行X射线检查示: 左肱骨远端骨折(见图3A)。AO分型C型。遂收入本科进一步诊治。患者伤后精神可, 未进食, 能自解小便, 大便未解。既往史: 平素一般情况良好。否认有“肝炎、肺结核”病史。否认有药物、食物过敏史。征得患者及

表 5 两组患者治疗后不同时间凝血功能与炎性因子水平变化

(x±s)

Table 5 Changes in blood coagulation function and inflammatory factors at different time points after operation in the two groups

组别	活化部分凝血活酶时间(s)	纤维蛋白原(g/L)	血小板($\times 10^9 L^{-1}$)	白细胞介素 1 β (ng/L)	白细胞介素 6(ng/L)	肿瘤坏死因子 α (ng/L)
观察组(n=19)						
治疗后 1 个月	26.38±5.21	4.48±1.72	226.78±47.96	190.3±75.8	375.8±175.5	58.9±35.2
治疗后 6 个月	25.44±5.89	4.13±1.34	226.67±50.49	185.2±81.1	365.3±135.1	53.1±32.1
治疗后 12 个月	25.45±5.51	3.81±1.11	227.89±54.33	175.1±62.5	345.3±105.5	48.2±25.3
对照组(n=22)						

其家属知情同意之后, 实施钛合金板置入内固定治疗, 术后即刻透视内固定效果良好(见图3B)。术后接受常规治疗和康复锻炼。术后随访, 切口良好愈合, 未出现感染。随访12个月, 经X射线平片复查, 骨折愈合情况良好(见图3C)。



图 3 男性 61 岁左肱骨远端骨折患者钛合金板置入内固定治疗的影像学资料

Figure 3 Imaging data of a 61-year-old male patient with left distal humeral fractures undergoing titanium alloy implant fixation

图注: 图 A 为治疗前 X 射线平片, 显示左肱骨远端骨折; B 为术后即刻透视内固定效果良好; C 为治疗后 12 个月随访骨折愈合良好。

3 讨论 Discussion

肱骨远端解剖结构十分复杂, 包括肱骨小头和滑车两个部分。其中肱骨小头为半圆球状光滑向前结构, 位于肱骨的下端桡侧^[10]。桡骨小头凹形面和关节面相对应, 滑车和尺骨鹰嘴一起组成肘尺关节。不同结构组合在一起, 共同构成完整的肘关节, 并按照不同需要完成轴向位伸屈以及前臂旋转等动作^[11-13]。不同结构可以组合为复合铰链样关节, 以保证正常状态下肘关节可以拥有较大的活动范围。于是, 在发生远端骨折之后, 肘关节功能便会受到严重的影响^[14]。而对老年肱骨远端骨折

患者而言, 大多合并有不同类型的内科疾病, 伴有不同程度的骨质疏松现象等, 因此临床治疗难度很大^[15-19]。

目前在对老年肱骨远端骨折患者进行治疗的时候, 考虑到患者的身体状况, 可以采用保守治疗或者手术内固定方式进行治疗^[20]。对于身体状态不佳, 无法耐受手术治疗的, 可选择非手术保守治疗。在保守治疗中, 大多采用石膏板外固定的方式, 并辅助适当的康复锻炼等^[21-23]。但患者的患肢需要长时间处于固定状态, 无法获得理想的治疗效果。且容易出现关节面复位不良, 影响到患者术后关节功能的恢复^[24-25]。为此, 临床治疗中对于身体状况良好可耐受手术的患者, 大多提倡实施内固定治疗。在内固定治疗中, 可以选择不同的植入物, 常用的材料包括克氏针和固定钢板等^[26]。在选择不同的植入物时, 要注意保证所选择的植入物发挥出良好的内固定效果, 需要具备理想的机械性能和适宜的弹性模量。且不同的材料需要长期留在患者体内, 因此材料还应该具备良好的生物相容性^[27-28]。钛合金是一种新型的植入材料, 具有理想的理化性能弹性模量接近人骨, 抗腐蚀性强, 进行内固定的时候可以降低应力遮挡效应, 减少对局部的应力刺激, 促进骨折部位的完全愈合^[29]。且钛合金材料不含任何毒性元素, 在进入人体之后不会诱发炎症等情况的出现^[30-33]。因此临床对不同骨折类型进行治疗的过程中, 钛合金板是一种十分理想的植入材料。本次治疗过程中, 即利用钛合金板进行局部内固定, 对骨折块进行有效固定。研究结果显示, 对两组患者凝血、炎性因子相关指标进行检测, 可得不同时间两组各项指标比较差异均无显著性意义($P > 0.05$)。观察组有 2 例患者钛合金板取出时内固定物周围软组织存在轻微的炎性增生现象, 其余患者均未出现炎性增生或者组织包膜等。即表明所使用的钛合金植入物具有良好的相容性。通过此次研究还发现, 经保守治疗和内固定治疗之后, 两组患者的肘关节活动度各项指标评分及总分较之

治疗前均得到显著提高($P < 0.05$); 且治疗后观察组的肘关节活动度各项指标评分及总分均显著高于对照组($P < 0.05$)。经疗效评定, 对照组评定为优、良的分别有 4 例和 3 例, 观察组为 8 例和 4 例, 对照组的疗效优良率显著低于观察组($P < 0.05$)。上述结果表明, 钛合金板置入内固定修复老年肱骨远端骨折可以获得较之保守治疗更好的修复效果, 有效改善患者的肘关节功能。

在肱骨远端骨折修复治疗之后, 容易出现各种并发症。尤其对老年患者而言, 受到合并疾病以及身体状况等因素的影响, 极易出现关节僵硬和感染以及神经损伤等并发症^[34-35]。此次研究结果显示, 观察组中在术后有 1 例患者出现尺神经支配区麻木, 分析可能是因为术中操作不当, 尺神经受到过分的牵拉刺激导致。因此, 在内固定修复过程中, 要注意对尺神经见妥善的游离保护, 并减少电刀的使用。在对切口进行关闭之前, 要对尺神经实施皮下前移, 以减少尺神经在肘管内所承受的卡压力^[36-37]。观察组另有 1 例患者出现切口感染, 分析可能与手术操作不当以及钛合金板放置等有关^[38]。但所有患者均经营养神经治疗之后麻木感觉消失, 或者积极抗生素治疗之后感染得到有效的控制, 未引起严重后果。所有患者未出现骨折不愈合或者内固定物松动等。表明钛合金植入物内固定修复老年肱骨远端骨折的过程中, 不会导致各种严重并发症的出现, 所使用的钛合金材料具有良好的生物相容性。在内固定后, 还要注意对患者进行康复锻炼, 以加快肘关节功能的恢复^[39-40]。本组资料显示, 在支具拆除之后, 即开始指导患者进行被动功能锻炼。并分别在治疗后 6-8 周、治疗后 12 周左右, 通过 X 射线片复查, 了解患者的骨折愈合情况, 制定相应的针对性锻炼方案。

综上所述, 考虑到老年巩固远端骨折患者的实际情况, 临床可采用钛合金植入物内固定方式进行治疗。在修复过程中, 要注意严格掌握相关适应证, 并选择理想的植入物材料。对于不合适实施内固定治疗的患者, 可考虑采用肘关节置换或者肱骨远端关节成形进行治疗。

致谢: 对本次研究过程的相关参与人员以及为本次研究提供帮助的机构和人员表示感谢

作者贡献: 两位作者均参与文章的设计、实施和评估。

利益冲突: 所有作者共同认可文章无相关利益冲突。

伦理问题: 参与试验的患病个体及其家属自愿参加, 对试验过程完全知情同意, 在充分了解治疗方案的前提下签署“知情同意书”; 干预及治疗方案获医院伦理委员

会批准。

文章查重: 文章出版前已经过 CNKI 反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

文章外审: 本刊实行双盲外审制度, 文章经国内小同行外审专家审核, 符合本刊发稿宗旨。

作者声明: 文章第一作者对研究和撰写的论文中出现的不端行为承担责任。论文中涉及的原始图片、数据(包括计算机数据库)记录及样本已按照有关规定保存、分享和销毁, 可接受核查。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

4 参考文献 References

- [1] 汪正宇, 徐祝军, 胡旭峰, 等. 金属植入物治疗老年肱骨远端骨折 20 例: 与 7 例保守治疗的比较[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(22): 4150-4154.
- [2] 李旭辉. 钛合金植入物内固定修复老年肱骨远端骨折: 可行及有效性分析[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(35): 5679-5683.
- [3] Sabalic S, Kodvanj J, Pavic A, et al. Comparative study of three models of extra-articular distal humerus fracture osteosynthesis using the finite element method on an osteoporotic computational model. *Injury*. 2013; 44(Suppl.3): S56-S61.
- [4] 王华松, 黄继锋, 蔡贤华, 等. 人工肘关节置换治疗肱骨远端粉碎性骨折[C]. // 第十届中国南方骨质疏松论坛暨重庆市医学会骨质疏松年会论文集, 2014: 1-2.
- [5] 董双鹏, 王成焘, 齐宝芬, 等. 肱骨内植物材料选择及预紧力影响的参数化研究[J]. 中国骨与关节外科, 2014, (1): 35-39.
- [6] 翁建东, 陈志坚, 毛光烽, 等. 钢板内固定治疗肱骨中下段粉碎性骨折 18 例[J]. 浙江医学, 2011, 33(1): 63-64.
- [7] 梁斌, 蒋纯志, 徐晨阳, 等. 钛合金解剖板治疗老年肱骨近端三部分和四部分骨折[J]. 中国医学创新, 2009, 6(33): 30-31.
- [8] 苟三怀, 刘岩, 欧阳跃平, 等. 三维记忆钛合金内固定器治疗上肢骨折疗效分析[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2007, 4(1): 35-36.
- [9] Zhang C, Zhong B, Luo CF, et al. Comparing approaches to expose type C fractures of the distal humerus for ORIF in elderly patients: Six years clinical experience with both the triceps-sparing approach and olecranon osteotomy. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2014; 134(6): 803-811.
- [10] 杨新明. 记忆钛合金内固定器治疗上肢骨折疗效分析[J]. 医学信息(中旬刊), 2011, 24(5): 1786-1787.
- [11] 杨铁威, 刘欣伟, 柳云恩, 等. 钛铌钴钽合金可促进兔肱骨干横骨折的愈合[J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(52): 8382-8386.
- [12] 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[J]. 中华创伤杂志, 2005, 21(8): 571-574.

- [13] Koonce RC, Baldini TH, Morgan SJ, et al. Are conventional reconstruction plates equivalent to precontoured locking plates for distal humerus fracture fixation? A biomechanics cadaver study. *Clin Biomech.* 2012;27(7):697-701.
- [14] 刘琦.磷酸钙骨水泥加强骨质疏松的肱骨近端骨折内固定的生物力学试验研究[D].广州医学院,2007.
- [15] 张春才,许硕贵,王家林,等.肱骨头颈部解剖型记忆接骨器的设计与临床应用[C].//第十四届全国中西医结合骨伤科学术研讨会论文集,2006:138-142.
- [16] 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[J].第二军医大学学报,2001,22(10):939-942.
- [17] 刘建.肱骨远端C型骨折的治疗进展[J].重庆医学, 2013, 42(2):228-230.
- [18] Pospula W, Abu Al Noor T, Roshdy T, et al. Radioanatomical measurements of the medullary cavity of the humerus in kuwait: ethnic differences and clinical implications for fracture fixation. *Med Princ Pract.* 2004;13(4):206-210.
- [19] 王光勇,杜俊生,钟兵,等.钢板和空心螺钉置入修复劈裂型肱骨大结节骨折:肩关节功能比较[J].中国组织工程研究, 2014,18(40):6482-6487.
- [20] 贾全忠,古华,叶志英,等.人工肱骨头置换治疗肱骨上端粉碎性骨折伴脱位[J].川北医学院学报,2003,18(4):31-32.
- [21] Berkes M, Garrigues G, Solic J, et al. Locking and Non-locking Constructs Achieve Similar Radiographic and Clinical Outcomes for Internal Fixation of Intra-articular Distal Humerus Fractures. *HSS J.* 2011; 7(3):244-250.
- [22] Weeks CA, Begum F, Beaupre LA, et al. Locking plate fixation of proximal humeral fractures with impaction of the fracture site to restore medial column support: A biomechanical study. *J Shoulder Elbow Surg.* 2013; 22(11):1552-1557.
- [23] 许传金,阮才政.经肱三头肌舌形瓣入路双钢板治疗成人肱骨远端复杂骨折的临床分析. [J].齐齐哈尔医学院学报, 2015,(12):1796-1797.
- [24] 陈宗和,苏佳灿,张春才,等.肱骨骨折的三维有限元分析与内固定植入物的选择[J].中国临床康复,2002,6(24): 3663-3664.
- [25] Carter CT, Bertrand SL, Cearley DM. Management of pediatric type III supracondylar humerus fractures in the United States: Results of a national survey of pediatric orthopaedic surgeons. *J Pediatr Orthop.* 2013;33(7):750-754.
- [26] 刘代忠.肱骨远端解剖钢板治疗45例成人肱骨中下段骨折患者临床分析[J].现代诊断与治疗,2015,26(11): 2570-2571.
- [27] Tabak AY, Celebi L, Muratli HH, et al. Closed reduction and percutaneous fixation of supracondylar fracture of the humerus and ipsilateral fracture of the forearm in children. *J Bone Joint Surg.* 2003;85(8):1169-1172.
- [28] Greiner S, Haas NP, Bail HJ, et al. Outcome after open reduction and angular stable internal fixation for supra-intercondylar fractures of the distal humerus: preliminary results with the LCP distal humerus system. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2008;128(7):723-727.
- [29] Schmidt-Horlohé K, Wilde P, Bonk A, et al. One-third tubular-hook-plate osteosynthesis for olecranon osteotomies in distal humerus type-C fractures: A preliminary report of results and complications. *Injury.* 2012;43(3):295-300.
- [30] Lawrence TM, Ahmadi S, Morrey BF, et al. Wound complications after distal humerus fracture fixation: Incidence, risk factors, and outcome. *J Shoulder Elbow Surg.* 2014;23(2):258-264.
- [31] 马福元,杨铁毅,姜锐,等.肱骨近端锁定加压钢板置入内固定治疗复杂肱骨近端骨折的并发症[J].中国组织工程研究, 2013,17(48):8381-8387.
- [32] 孙俊,何利,陈颢,等.金属植入物治疗老年肱骨远端骨折的效果观察[J].维吾尔医药(上半月),2012,(11):70.
- [33] Krkovic M, Kordas M, Tonin M, et al. Subperiosteal elevation of the ulnar nerve during internal fixation for fractures of the distal humerus assessed by intra-operative neurophysiological monitoring. *J Bone Joint Surg.* 2006;88(2):220-226.
- [34] Edmonds EW, Roocroft JH, Mubarak SJ. Treatment of displaced pediatric supracondylar humerus fracture patterns requiring medial fixation: A reliable and safer cross-pinning technique. *J Pediatr Orthop.* 2012;32(4): 346-351.
- [35] 王冬,王进,杨雅丽.成人肱骨近端锁定钢板在儿童股骨远端骨折固定术中应用效果观察[J].山东医药, 2015,55 (27): 105-106.
- [36] Scolaro JA, Voleti P, Makani A, et al. Surgical fixation of extra-articular distal humerus fractures with a posterolateral plate through a triceps-reflecting technique. *J Shoulder Elbow Surg.* 2014;23(2):251-257.
- [37] 王国栋,袁同洲,许诺,等.肱骨近端锁定钢板置入结合 Osteoset人工骨治疗肱骨近端骨折随访:22例[J].中国组织工程研究与临床康复,2011,15(43):8151-8154.
- [38] Yoon RS, Dziadosz D, Porter DA, et al. A comprehensive update on current fixation options for two-part proximal humerus fractures: A biomechanical investigation. *Injury.* 2014;45(3):510-514.
- [39] Foruria AM, Carrascal MT, Revilla C, et al. Proximal humerus fracture rotational stability after fixation using a locking plate or a fixed-angle locked nail: the role of implant stiffness. *Clin Biomech.* 2010;25(4):307-311.
- [40] 周雪峰,周家宁,马华松,等.不锈钢材质锁定钢板置入修复肱骨近端骨折:关节功能恢复及不良事件发生率[J].中国组织工程研究,2015,19(12):1812-1816.