

· 临床论著 ·

## 外固定架与钢板内固定治疗肱骨投弹骨折比较

高培刚, 孟 龙, 张晨阳\*

(解放军中部战区空军医院骨科, 山西大同 037006)

**摘要:** [目的] 比较外固定架与钢板内固定治疗肱骨投弹骨折的临床疗效。[方法] 回顾性分析 2016 年 1 月—2020 年 1 月 60 例肱骨投弹骨折患者的临床资料, 依据医患沟通结果, 30 例采用外固定架固定, 必要时增加小切口拉力螺钉固定 (外固定组), 30 例采用钢板内固定 (内固定组)。比较两组术前一般资料、围手术期情况、随访结果和影像资料。[结果] 术中桡神经损伤外固定组为 1 例, 内固定组为 6 例, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。外固定组切口长度和术中出血量显著优于内固定组 ( $P<0.05$ )。两组患者随访 (14.23±1.89) 个月。外固定组术后开始主动活动时间和完全负重活动时间显著早于内固定组 ( $P<0.05$ )。随术后时间推移, 两组肘伸屈 ROM、肩前举 ROM 及 MEPS、Constant-Murley 评分均逐渐增加, 且外固定组肘伸屈 ROM 及 MEPS 评分优于内固定组, 差异均有统计学意义 ( $P<0.05$ ), 但两组间肩前举 ROM 及 Constant-Murley 评分差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。影像显示两组骨折复位质量的差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。但外固定组骨折愈合时间显著早于内固定组 ( $P<0.05$ )。[结论] 外固定架与钢板内固定均为治疗肱骨投弹骨折的较好方法。外固定架固定具有手术创伤小、并发症少的优势, 骨折可早期愈合。

**关键词:** 肱骨干, 投掷骨折, 外固定架, 钢板内固定

中图分类号: R683.41 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2022) 20-1848-05

**External fixator versus plate internal fixation for humeral shaft fracture secondary to hand grenade throwing // GAO Pei-gang, MENG Long, ZHANG Chen-yang. Department of Orthopedics, Air Force Hospital, Central Theater Command of CPLA, Datong 037006, China**

**Abstract:** [Objective] To compare the clinical outcomes of external fixator versus plate internal fixation for humeral shaft fracture secondary to hand grenade throwing. [Methods] A retrospective study was done on 60 patients who underwent surgical treatment for humeral shaft fracture secondary to hand grenade throwing from January 2016 to January 2020. According to the doctor-patient communication preoperatively, 30 patients had the fracture fixed with an external fixator, if necessary, lag screws by a small incision were added (the EF group), while the remaining 30 patients were treated with plate for internal fixation (the IF group). The preoperative general data, perioperative conditions, follow-up results and imaging data of the two groups were compared. [Results] The intraoperative radial nerve injury happened in 1 case of the EF group, while 6 cases of the IF group, which was statistically significant ( $P<0.05$ ). The EF group proved significantly superior to the IF group in terms of incision length and intraoperative blood loss ( $P<0.05$ ). During the follow-up lasted for (14.23±1.89) months, the EF group resumed active activity and full weight-bearing activity significantly earlier than the IF group ( $P<0.05$ ). The elbow flexion-extension range of motion (ROM), shoulder forward lifting ROM, MEPS and Constant-Murley score improved gradually in both groups. The EF group was significantly superior to the IF group in elbow ROM and MEPS scores ( $P<0.05$ ), but there was no significant difference in shoulder ROM and Constant-Murley score between the two groups at 6 and 12 months postoperatively ( $P>0.05$ ). Radiographically, although no a significant difference in fracture reduction quality was found between the two groups ( $P>0.05$ ), the EF group had fracture healing on images significantly earlier than the IF group ( $P<0.05$ ). [Conclusion] Both external fixator and plate internal fixation are suitable techniques for the treatment of humeral shaft fracture secondary to hand grenade throwing. By comparison, the EF has the advantages of minimizing surgical trauma, declining complications and earlier fracture healing.

**Key words:** humerus shaft, throwing fracture, external fixator, plate internal fixation

肱骨投弹骨折是新兵集训期较常出现的一种创伤, 近年来在部队新训中有增多的趋势, 约占军事训

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.20.05

作者简介: 高培刚, 副主任医师, 研究方向: 创伤骨科、运动医学, (电话)13994361862, (电子信箱)gpg2008@163.com

\* 通信作者: 张晨阳, (电话)13935281881, (电子信箱)1149280737@qq.com

练伤的 3.1%<sup>[1]</sup>。骨折多为肱骨中、下段螺旋形骨折。其治疗方法有多种方式。保守治疗方法如悬垂石膏、小夹板等外固定时间长,不能早期行功能锻炼,易出现关节功能受限等并发症,治愈率较低<sup>[2]</sup>。手术治疗是如今的主要方式<sup>[3]</sup>。钢板及髓内钉均为有效的固定方式,各有特点。对于肱骨中、下段长螺旋形骨折,因骨折范围较长,钢板固定时手术创伤大,骨折血运破坏较多,延迟愈合及桡神经损伤概率较高。髓内钉对于此类骨折抗扭转性能略差。因骨折远端靠近干骺端,对远端锁钉的放置有一定困难,远端锁钉把持力下降,易发生锁钉、骨折端松动及肩袖损伤等并发症<sup>[4]</sup>。外固定架现广泛应用于四肢骨折手术中,其创伤小,方便、固定可靠,结合小切口复位固定肱骨投弹骨折疗效确切。本研究回顾性分析 2016 年 1 月—2020 年 1 月本院收治的 60 例肱骨投弹骨折患者的临床资料,比较外固定架与钢板内固定治疗肱骨投弹骨折的临床疗效,现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入与排除标准

纳入标准:(1)有投弹训练外伤史后出现伤侧上臂疼痛,活动受限;(2)伤侧上臂畸形,异常活动;(3)X 线片显示肱骨中、下段骨折。

排除标准:(1)其他外伤致肱骨骨折或病理性骨折;(2)术前有桡神经损伤者;(3)术前患肢有骨折史、功能障碍或其他影响骨折愈合的疾病者。

### 1.2 一般资料

2016 年 1 月—2020 年 1 月本院骨科收治的 60 例患者符合上述标准,纳入本研究。采用抽签法随机将患者分为两组,每组 30 例。两组患者术前一般资料见表 1。两组年龄、性别、BMI、损伤至手术时间、侧别以及骨折 AO 分型的差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。本研究获医院伦理委员会批准,所有患者均知情同意。

### 1.3 手术方法

所有患者入院后均给予消肿、对症药物治疗,患肢行石膏固定,消肿后手术。均采用臂丛神经阻滞麻醉。麻醉成功后,患者取仰卧位,手臂放于胸前。

外固定组:取上臂下段后侧以骨折为中心切口长约 4~6 cm,切开皮肤、皮下组织及深筋膜,避开桡神经走行,分离肱三头肌,暴露骨折端,不剥离骨膜,牵引患肢复位骨折,复位合适用克氏针或持骨器暂固定,C 形臂 X 线机透视见骨折复位满意后,选

择肱骨近端前外侧和远端后外侧垂直于肱骨进针,于骨折远、近端各打入 2~3 枚外固定钉,通过连接杆固定,外固定钉以超过对侧皮质 2~3 个螺纹为宜,固定合适后去除克氏针或持骨器,对于有蝶形骨块或外固定架固定后骨折端仍不稳定者,给予另加 1~2 枚 3.5 mm 皮质骨螺钉通过蝶形骨块或骨折处加强固定,活动肘关节见固定牢靠,冲洗切口,放置引流管,分层缝合切口。

表 1 两组患者术前一般资料与比较

指标	外固定组 (n=30)	内固定组 (n=30)	P 值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	19.29 $\pm$ 2.65	18.96 $\pm$ 1.87	0.579
性别(例,男/女)	30/0	30/0	ns
BMI(kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	21.28 $\pm$ 1.78	21.35 $\pm$ 1.66	0.875
损伤至手术时间(d, $\bar{x} \pm s$ )	7.30 $\pm$ 1.90	7.60 $\pm$ 2.50	0.603
侧别(例,左/右)	2/28	3/27	0.640
AO/OTA 分型(例, A1/B1/C1)	22/8/0	21/9/0	0.774

内固定组:取上臂中、下段前外侧切口,长约 10~15 cm,于肱三头肌与腋肌间隙进入,钝性分离肌层,同时显露桡神经并保护,暴露骨折端,清理骨折断端,直视下复位,于肱骨前、外侧放置合适长度的钢板,钢板可适当塑形,依次钻孔、测深并拧入螺钉固定,冲洗切口,放置引流管,分层缝合切口。

两组术前及术后各用一组抗生素预防感染,术后前臂吊带固定,1~2 d 后拨除引流管。常规换药。术后次日即可行手部握拳活动及肩关节钟摆样活动,3 周后渐行肩、肘关节功能锻炼,常规换药,2 周后拆线。外固定组出院后针眼处滴入 75% 酒精以保持针眼清洁,1~2 次/d。

### 1.4 评价指标

记录两组围手术期资料,包括手术时间、切口长度、术中出血量、主动活动时间、切口愈合情况及住院天数。采用患肢完全负重时间、肘关节屈伸活动度(range of motion, ROM)、Mayo 肘关节功能评分(Mayo elbow performance score, MEPS)、肩高举活动度(range of motion, ROM)及 Constant-Murley 肩关节功能评分评价临床疗效<sup>[5,6]</sup>。行影像检查,评估骨折复位质量,解剖复位为优;良为侧方移位 $\leq 4$  mm,无成角或旋转移位;差为侧方移位 $> 4$  mm,或伴成角旋转移位。定期影像检查,以 X 线片显示骨折端有连续性骨痂形成时间为骨折愈合时间。观察内固定物的改变情况。

### 1.5 统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析，计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示，组间比较采用独立样本 *t* 检验；组内不同时间点间比较采用单因素方差分析；计数资料采用卡方检验或 Fisher 确切概率检验， $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 围手术期情况

两组患者均顺利完成手术。外固定组术后有 1 例出现桡神经麻痹症状；内固定组中有 5 例出现桡神经麻痹症状，1 例出现桡神经损伤，均系复位过程中牵拉所致，经营养神经等药物治疗，术后 3 个月内均完全恢复。两组桡神经损伤发生率的差异有统计学意义 ( $P = 0.044$ )。两组患者围手术期资料见表 2。外固定组手术时间略长于内固定组，但差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )；外固定组切口长度和术中出血量显著优于钢板组内固定组 ( $P < 0.05$ )；术后主动活动时间显著早于内固定组，差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )；外固定组有 1 例出现伤口延迟愈合，而内固定组 2 有例出现伤口脂肪液化，经换药治疗切口均愈合；两组间切口并发症发生率及住院时间的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 2 两组患者围手术期资料与比较

指标	外固定组 (n=30)	内固定组 (n=30)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$ )	95.42±19.31	94.22±7.81	0.753
切口总长度 (cm, $\bar{x} \pm s$ )	4.93±1.12	12.74±3.12	<0.001
术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$ )	78.83±15.73	169.47±18.90	<0.001
主动活动时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )	5.50±1.54	8.75±1.98	<0.001
切口愈合等级 (例, 甲/乙/丙)	29/1/0	28/2/0	0.554
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )	13.38±4.15	13.47±4.81	0.938

### 2.2 随访结果

两组均获随访 12~18 个月，平均 (14.23±1.89) 个月。术后两组患者疼痛逐渐减轻，肩、肘功能逐渐恢复，随访过程中均未发生再次损伤，均无翻修手术。外固定组于术后 109~225 d，平均 (163.41±30.27) d 拆除外固定架，带架期间有 3 例针孔感染，经换药后痊愈，无外固定架松动、螺钉折断，骨折全部愈合。

两组患者随访资料见表 3。外固定组完全负重活

动时间显著早于内固定组 ( $P < 0.05$ )。随术后时间推移，两组肘伸屈 ROM、肩上举 ROM 及 MEPS、Constant-Murley 评分均逐渐增加，且外固定组肘伸屈 ROM 及 MEPS 评分均优于内固定组，差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ )，但两组间肩上举 ROM 及 Constant-Murley 评分差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。末次随访时两组均无骨折延迟愈合及骨不连者，无肩、肘关节挛缩、僵直等并发症。

表 3 两组患者随访结果 ( $\bar{x} \pm s$ ) 与比较

指标	外固定组 (n=30)	内固定组 (n=30)	P 值
完全负重活动时间 (周)	12.87±3.43	15.27±3.68	0.011
肘伸屈 ROM (°)			
术后 3 个月	114.38±8.53	106.68±8.81	<0.001
术后 6 个月	121.83±7.11	117.39±7.73	0.024
术后 12 个月	133.53±6.92	129.44±6.26	0.020
P 值	<0.001	<0.001	
MEPS 评分 (分)			
术后 3 个月	87.34±2.73	83.47±2.96	<0.001
术后 6 个月	89.76±3.32	87.57±2.72	0.007
术后 12 个月	93.56±3.24	90.76±3.38	0.002
P 值	<0.001	<0.001	
肩上举 ROM (°)			
术后 3 个月	159.38±10.36	157.21±10.52	0.424
术后 6 个月	163.37±11.46	161.34±11.97	0.505
术后 12 个月	165.24±10.43	164.50±11.51	0.795
P 值	0.104	0.049	
Constant-Murley 评分 (分)			
术后 3 个月	83.42±5.38	82.65±5.76	0.595
术后 6 个月	85.47±5.64	85.36±5.29	0.938
术后 12 个月	86.46±4.47	87.19±4.73	0.541
P 值	0.074	0.029	

### 2.3 影像评估

两组影像评估结果见表 4。术后影像显示两组患者骨折复位质量的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。外固定组骨折愈合时间显著早于内固定组 ( $P < 0.05$ )。末次随访时，内固定组中出现 1 例螺钉松动，无钢板及螺钉折断患者。典型病例影像见图 1、2。

## 3 讨论

投弹训练是一项暴发性、高速度的全身协调运



动。其运动主要发生在肩、肘关节，但需上肢、下肢及躯干各关节和肌肉的协同配合。文献报道肱骨投弹骨折与外展外旋肌群与内收内旋肌群不协调收缩有关<sup>[7]</sup>。在投弹初始过程中，上臂外展、外旋肌群逐渐处于减速期，当投掷加速用力时上臂内收、内旋肌群突然加速强力收缩，爆发力迅猛，由于二者肌肉收缩不协调，在肱骨近段产生巨大的内旋力矩，而前臂由于惯性作用产生纵向拉张力与近侧肱骨内旋运动作用力相反，二者共同作用于肱骨中、下段，当力量大于骨质强度时导致骨折。肱骨中点下方由圆变扁，结构较弱，投弹时扭转力矩的作用焦点正在此处<sup>[8]</sup>。故其典型的特征是肱骨中、下段长螺旋形不稳定骨折<sup>[9]</sup>，骨折近侧段内旋移位，而远侧段外旋移位，造成断端间的旋转分离，成角不明显。骨折线由外上后方向

内下前方<sup>[10]</sup>，严重的粉碎性骨折于骨折内侧可见有移位的蝶形骨块。

表4 两组患者影像评估结果与比较

指标	外固定组 (n=30)	内固定组 (n=30)	P 值
骨折复位质量 [例 (%)]			0.357
优	19 (63.33)	24 (80.00)	
良	9 (30.00)	5 (16.66)	
差	2 (6.66)	1 (3.33)	
影像骨折愈合 [例 (%)]			0.022
<10 周	7 (23.33)	2 (6.66)	
10~16 周	20 (66.66)	17 (56.66)	
≥16 周	3 (10.00)	11 (36.66)	



图1 患者，男，19岁，右肱骨中下段螺旋形骨折，行小切口复位外固定架及螺钉内固定手术 1a, 1b: 术前行石膏固定 1c, 1d: 术后正侧位 X 线片示骨折对位、对线良好，外固定架位置满意



图2 患者，男，18岁，右肱骨中、下段螺旋形骨折，行切开复位钢板内固定手术 2a, 2b: 术前正侧位 X 线片示右肱骨中、下段螺旋形骨折 2c, 2d: 术后正侧位 X 线片示骨折对位、对线良好，钢板及螺钉位置满意

肱骨投弹骨折因保守治疗时间长, 关节易僵直, 现多采用手术治疗<sup>[11]</sup>。钢板、螺丝钉内固定是肱骨骨折的可靠治疗方法<sup>[12, 13]</sup>。可以达到解剖复位、坚强固定, 治疗效果较好。但投弹骨折多为肱骨中、下段长螺旋骨折, 骨折范围长, 骨外膜多为纵向撕裂, 未完全横断<sup>[14]</sup>。切开复位放置钢板时软组织损伤大, 骨膜剥离多, 骨折血运破坏严重, 易致骨折延迟愈合或骨不连<sup>[15]</sup>。且在术中切开显露及复位骨折时极易损伤桡神经<sup>[16]</sup>, 由于肱骨中下段解剖形态逐渐从圆形向三角状过渡, 并稍向前倾, 钢板的塑形贴敷较为困难。当骨折愈合后二次取内固定时常因瘢痕组织粘连、解剖关系不清有再次损伤桡神经的风险。有文献报道前外侧入路钢板内固定虽效果满意但桡神经损伤率约为18%~20%<sup>[7, 9]</sup>, 本研究内固定组中有1例桡神经损伤、5例桡神经麻痹, 发生率与文献报告相同, 表明钢板内固定手术桡神经损伤仍是其主要并发症。因此, 术中要首先显露桡神经并妥善保护, 再进行骨折复位及固定, 以减少神经损伤。

外固定架固定治疗肱骨骨折已有较多报道<sup>[17]</sup>。外固定架的固定方式为弹性固定, 弹性固定使骨折端存在微动, 有研究表明 $\leq 2$  mm的微动有利于骨折愈合<sup>[18]</sup>。外固定架治疗肱骨干骨折具有软组织损伤小、不剥离骨膜、操作简单、副损伤及并发症较少等优点, 可早期行功能锻炼。骨折愈合后拆除方便, 避免二次手术及损伤<sup>[19]</sup>。本研究中外固定组于上臂下段后侧行小切口, 不剥离骨膜, 选择肱骨近端前外侧和远端后外侧区域打入外固定钉, 均避开桡神经走行。骨折复位外固定架固定后, 对于骨折端仍不稳定或有蝶形骨块者, 可加1~2枚3.5 mm皮质骨螺钉垂直骨折线或通过蝶形骨块以加强固定。生物力学研究显示, 直径3.5 mm的标准皮质骨螺钉的屈服值为280.0 kPa<sup>[20]</sup>, 可更好地对抗弯应力及扭应力, 使固定更加牢固。打入外固定钉时需避开重要神经、血管, 先切开皮肤0.5~1 cm, 用止血钳钝性分离肌肉组织至骨面, 在止血钳保护下放入套筒, 电钻在套筒内低速钻过双侧骨皮质, 拧入外固定钉后再去除套筒, 以减少桡神经损伤的概率。

综上所述, 外固定架与钢板内固定均为治疗肱骨投弹骨折的较好方法。外固定架固定具有手术创伤小、并发症少的优势, 骨折可早期愈合。

#### 参考文献

[1] 王亚洲, 郭义城, 熊恒, 等. 基层部队常见慢性军事训练伤及其

防治[J]. 西北国防医学杂志, 2018, 38(8): 514-518.

- [2] 简伟明, 夏挺, 郭以河, 等. 军事训练伤中投弹骨折的特点及预防策略[J]. 西南国防医药, 2020, 30(11): 1016-1018.
- [3] 张笑, 巨积辉, 胡海洋, 等. 前外侧入路双钢板内固定治疗肱骨干远端1/3骨折[J]. 临床骨科杂志, 2022, 25(1): 39.
- [4] 征华勇, 高杰, 郭永智, 等. 前外侧入路微创接骨板接骨术治疗肱骨中下段骨折的临床疗效[J]. 中华创伤杂志, 2021, 37(6): 549-554.
- [5] 任虹, 肖爱伟, 种肖宇, 等. 松解术联合透明质酸关节腔注射治疗创伤后肘关节僵硬[J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29(3): 270-272.
- [6] 毛军胜, 王国伟, 林永杰, 等. 快速康复对肱骨近端骨折内固定的早期影响[J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28(21): 2002-2004.
- [7] 王凯, 常祺, 李欢乐. 新兵军事训练中投弹骨折危险因素调查及预防措施分析[J]. 解放军医学杂志, 2017, 42(2): 167-171.
- [8] 卢全忠, 张扩, 程名, 等. 髓内钉与钢板治疗肱骨投弹骨折的对比[J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28(20): 1849-1852.
- [9] 覃万安, 蒋凌星, 吴凤富, 等. 可吸收螺钉联合缝线固定治疗肱骨干投弹骨折[J]. 中国骨科临床与基础研究杂志, 2020, 12(1): 28-33.
- [10] 宋子卫, 林舟丹, 刘传太, 等. 肱骨干投弹骨折的X线片分析及临床意义[J]. 医学综述, 2012, 18(17): 2915-2916.
- [11] 林久灶, 黄长智, 陈挺霖. 肱骨远端亚髁锁定钢板内固定治疗肱骨中下段骨折的疗效分析[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2020, 35(5): 534-535.
- [12] 邱福平, 王斌, 张磊, 等. 双钢板与单钢板固定肱骨中下段骨折比较[J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29(22): 2048-2052.
- [13] 李根卡, 颜登鲁. 肱骨干骨折的治疗进展[J/CD]. 临床医药文献电子杂志, 2020, 7(38): 195-196.
- [14] 蒋凌星, 覃万安, 林舟丹, 等. 投弹骨折的治疗进展[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2022, 37(3): 334-336.
- [15] 张锡平, 蔡安烈, 王鏢, 等. 前方微创入路单钢板内固定治疗低位肱骨干骨折[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2017, 32(11): 1208-1208.
- [16] 韩文兴, 何红英, 王浩, 等. MIPPO技术入路内固定治疗肱骨干中下1/3骨折的临床疗效[J]. 中国骨与关节杂志, 2021, 10(9): 644-648.
- [17] 吴松柏, 谭伦, 钟永平, 等. 外固定架辅助下微创经皮钢板内固定治疗肱骨干骨折[J]. 临床骨科杂志, 2020, 23(2): 233-235.
- [18] 任辉, 李帅垒. 单纯外固定架治疗肱骨干骨折26例[J]. 中国医药指南, 2012, 10(14): 10-11.
- [19] 鲍雷, 孙玉明, 张斌, 等. 切开复位有限内固定结合外固定治疗肱骨干下1/3处骨折[J]. 实用骨科杂志, 2020, 26(8): 741-744.
- [20] Collinge CA, Stern S, Cordes S, et al. Mechanical properties of small fragment screws[J]. Clin Orthop, 2000, 373(373): 277-284.

(收稿:2022-01-01 修回:2022-06-07)

(同行评议专家: 宋一平 李清 章小林)

(本文编辑: 闫承杰)