

· 技术创新 ·

分期外固定与经皮钢板固定开放性前臂双骨干骨折[△]

杨俊生, 李颖*, 杨智伟, 薛庆, 童梁成, 汪剑龄, 孙中洋, 吴凡, 黄钰

(东部战区空军医院骨科, 江苏南京 210002)

摘要: [目的] 介绍分期外固定与经皮钢板固定开放性前臂双骨干骨折的手术技术和初步临床效果。[方法] 对 12 例开放性前臂双骨干骨折患者采用分期外固定和经皮钢板内固定术。一期外固定架维持骨折对线, 二期在尺、桡骨折远近两端沿骨长轴各作两个微创经皮“窗口”, 在肌肉与肌腱之间分离至骨膜, 骨膜剥离子在骨膜外分离跨骨折线制作预放钢板的“隧道”, 从远端“窗口”插入钢板至骨折近端, 透视下进一步骨折对位后钻孔、置入螺钉。术后早期行前臂旋转功能康复。[结果] 12 例患者均顺利完成手术, 无严重并发症, 一期与二期手术间隔时间平均 (21.1±6.1) d。所有患者均获随访, 随访时间 12~26 个月。桡骨平均愈合时间 (4.3±1.1) 个月, 尺骨平均愈合时间 (4.0±1.4) 个月。末次随访根据 Grace-Eversmann 评分标准, 优 9 例, 良 2 例, 可 1 例, 优良率为 91.7%。[结论] 利用初期外固定架辅助间接复位, 使微创钢板接骨术治疗前臂双骨干骨折操作安全可靠, 临床疗效满意。

关键词: 开放性前臂双骨干骨折, 外固定架, 微创钢板接骨术, 分期治疗

中图分类号: R683.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 23-2179-04

Staged external fixation and percutaneous plate for fixation of open fracture of the forearm // YANG Jun-sheng, LI Ying, YANG Zhi-wei, XUE Qing, TONG Liang-cheng, WANG Jian-ling, SUN Zhong-yang, WU Fan, HUANG Yu. Department of Orthopedics, Air Force Hospital, Eastern Theater of PLA, Nanjing 210002, China

Abstract: [Objective] To introduce the surgical techniques and preliminary clinical results of staged external fixation and percutaneous plate fixation for open double shaft fractures of the forearm. [Methods] A total of 12 patients were treated with staged external fixation and percutaneous plate internal fixation for open forearm double shaft fractures. In the first stage an external fixator was applied to maintain fixation and forearm alignment, while in the second stage, two minimally invasive percutaneous "windows" were made on each end of the ulnar fracture and the radial fracture along the long axis of bone, separating the muscle and tendon to the periosteum. The periosteum stripper was used to separate extra-periosteum to make a "tunnel" and the plates were inserted from the distal "window" to the proximal "window" respectively. After further reduction under fluoroscopy, drilling and screw placement were carried out. Early postoperative rehabilitation of forearm rotation function was performed. [Results] All the 12 patients had two stages of surgical procedures performed successfully without serious complications with an average interval between the first and second stages of (21.1±6.1) days. All patients were followed up for 12 to 26 months. The radius got healing in (4.3±1.1) months, while the ulna was of (4.0±1.4) months on a mean. According to the Grace-Eversmann criteria, the clinical outcomes at the latest follow-up were marked as excellent in 9 cases, good in 2 cases, and fair in 1 case, with excellent and good rate of 91.7%. [Conclusion] Using the initial external fixator to assist indirect reduction, the percutaneous plate fixation is safe and reliable, and does achieve satisfactory clinical efficacy for double shaft fractures of the forearm.

Key words: open forearm double shaft fracture, external fixator, minimally invasive plate osteosynthesis, staged treatment

微创钢板接骨术 (minimally invasive plate osteosynthesis, MIPO) 具有手术创伤小、对骨折愈合干扰少的优点, 自 1996 年概念提出以来, 其适应证不断扩大, 在股骨远端、肱骨近端、肱骨干、桡骨远端均取得了较好的治疗效果^[1]。MIPO 技术通过远离骨折

的两侧经皮“窗口”, 建立骨膜外“隧道”进行骨折固定, 避免骨折部分直接切开暴露, 减少手术创伤, 对合并皮肤软组织损伤严重的骨折病例具有一定的临床意义。然而, 文献中 MIPO 技术应用于前臂骨折的报道还局限于处理单骨折^[2, 3], 尚且没有处理前臂双

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.23.12

△基金项目:空军后勤科研项目(编号:CKJWS221J006)

作者简介:杨俊生,副主任医师,研究方向:创伤与运动医学,(电话)13913881536,(电子信箱)yjs454@126.com

*通信作者:李颖,(电话)13611515681,(电子信箱)ying4547@163.com

骨干骨折的临床报道。技术难点是要解决间接复位的问题。外固定架用于开放性骨折的临时固定，应结合二期手术的需要选择外支架的置针点与构型已成为共识^[4, 5]。本科2017年3月—2020年3月12例开放性前臂双骨折分期治疗，确定性手术时应用外固定架辅助MIPO技术^[6]。现将手术技术与初步临床效果报道如下。

1 手术技术

1.1 一期手术

全麻或臂丛神经阻滞麻醉，平卧。前臂伤口彻底清创，留取伤口组织送细菌培养与药敏试验。静脉滴注头孢一代抗生素预防感染。术野常规消毒、铺巾。助手维持前臂完全旋后位，采用单针-双边构型，安装外固定架。远端进针点分别在尺、桡骨的干骺端，各置入1枚3.0 mm或4.0 mm骨针。近端进针点均在尺骨近端，位于尺骨嵴两侧鹰嘴滑车关节面以外，各置入1枚4.0 mm骨针，两进针点相距约1 cm。连接杆连接两边骨针，构成双平面，两平面相互约成90°角。

助手维持前臂旋后位，沿力线牵引，通过开放创口直接复位，或结合分骨等手法间接整复，大致纠正骨折短缩与成角，然后紧固夹头。术中摄片了解骨折初步对位情况。创口一期缝合或VSD覆盖创面延期闭创。术后观察针道、伤口、患肢脉搏与神经功能情况。

1.2 二期手术术前准备

外固定架针道护理，术前检查骨针是否松动。完善术前常规检查。保留前臂临时固定外固定架。拍摄前臂正侧位X线片(图1a, 1b)了解骨折对位的维持情况，确认桡骨骨折位置与桡弓弧度。预先模拟骨折复位，规划钢板的长度、螺钉的数量与分布，以及桡骨钢板预弯的尺度等。

1.3 麻醉与体位

臂丛神经阻滞麻醉，平卧位。患肢外展置于可透视手术桌。咽拭子擦试针道周围皮肤留取标本送细菌培养。

1.4 手术操作

外固定架与术野一起常规碘伏消毒，铺无菌巾。无菌手术贴膜包裹外固定架。上肢抬高3 min，上臂气囊止血带充气。

在桡骨Lister结节与肱骨外上髁连线上，于骨折两端皮肤各切开约2~3 cm微创手术“窗口”，在肌肉

与肌腱之间分离至骨膜，用骨膜剥离子分别从两侧“窗口”进入，跨越骨折部建立骨膜外“隧道”，必要时游离出骨间背神经予以保护(图1c)。在尺骨茎突与尺骨鹰嘴连线上，于骨折两端各切开皮肤约2 cm，从尺侧腕伸肌与尺侧腕屈伸之间建立骨膜外“隧道”(图1d)。

分别经尺、桡骨的骨膜外“隧道”插入钢板(桡骨钢板根据桡骨弓和骨折位置进行预弯)。略放松针-杆夹，一助手维持前臂旋后与牵引，X线透视下，用Kocher钳把持远、近两端骨质进行分骨复位，或通过钢板螺钉提拉进一步复位，再分别经由两侧“窗口”各置入2~3枚螺钉。透视或拍片确认骨折复位、钢板位置与螺钉长度满意后(图1e, 1f)，移除外固定架。检查前臂旋转活动。松止血带，检查尺、桡动脉脉搏情况。冲洗切口，逐层缝合各微创手术“窗口”，无菌敷料包扎。

1.5 术后处理

术后24 h密切监测骨筋膜室综合征临床症状与体征。预防性应用头孢一代抗生素不超过24 h，术后静脉镇痛泵镇痛。麻醉消退后即可进行前臂肌肉舒缩锻炼，渐行肘关节、腕关节以及手部小关节主动屈伸活动、前臂主动旋前和旋后活动。根据Schemitsch和Richards^[7]的方法测量最大桡骨弓(maximum radial bow, MRB)及最大桡骨弓定位值(location of maximum radial bow, LMRB)，评估骨折复位质量。术后2、6周、3个月，及以后每月门诊随访，复查X线片直至骨愈合(图1g, 1h)，检查功能并指导前臂被动旋转活动以及上肢肌力训练。末次随访按照Grace-Eversmann标准评估前臂功能恢复情况^[8]。观察是否存在骨不连、骨桥、感染等并发症。

2 临床资料

2.1 一般资料

本组共12例，男10例，女2例，年龄平均(50.4±12.9)岁，左侧5例，右侧7例，受伤原因：工业机器绞伤5例，农业机器绞伤2例，摩托车交通事故5例。按2018年修订版AO/OTA分类法骨折分型^[9]：2R2A2/2U2B2型2例，2R2A3/2U2A3型3例，2R2A3/2U2B2型3例，2R2B3/2U2A3型4例。Gustillo-Anderson开放骨折分型：III A度7例，III B度5例。合并同侧掌骨基底部闭合性骨折1例，同侧肱骨干骨折2例。合并创伤性休克1例，无合并前臂骨筋膜室综合征病例。本研究经医院医学伦理委员会批准，所有患者均知情同意并签署知情同意书。



图 1 患者,男,61 岁,机器绞伤致左侧开放性前臂双骨干骨折,一期外固定,二期行外固定架辅助经皮钢板固定前臂双骨干骨折。1a, 1b: 一期术后正侧位 X 线片示外固定架的单针-双边构型和骨针的置针点; 1c, 1d: 术中保留外固定架, 辅助复位; 1e, 1f: 术中正侧位 X 线片; 1g, 1h: 末次随访正侧位 X 线片。

2.2 初步结果

本组 12 例开放性前臂双骨折, 一期外固定架损伤控制, 无神经损伤病例, 无骨筋膜室综合征病例。3 例 (25.0%) 开放伤口细菌培养阳性。转二期确定性手术间隔时间平均 (21.1 ± 6.1) d。外固定架骨针松动 1 例 (8.3%)。

二期桡骨微创切口长度之和平均为 (5.6 ± 0.8) cm, 尺骨微创切口长度之和平均为 (4.6 ± 0.4) cm; 手术时间平均 (59.8 ± 11.3) min; 术中透视次数平均 (5.4 ± 1.3) 次; 出血量平均 (91.7 ± 27.1) ml。MRB 平均 (15.1 ± 0.9) mm, LMRB 平均 (60.4 ± 1.4) %。术后浅表皮肤切口感染 1 例 (8.3%), 经换药处理切口愈合。无骨间背神经损伤病例。患者术后均获 12~26 个月随访。桡骨平均临床愈合时间 (4.3 ± 1.1) 个月, 尺骨平均愈合时间 (4.0 ± 1.4) 个月。末次随访时, 旋前平均 $(80.8 \pm 4.0)^\circ$, 旋后平均 $(84.3 \pm$

$2.4)^\circ$ 。根据 Grace-Eversmann 评分标准: 优 9 例, 良 2 例, 可 1 例, 优良率为 91.7%。影像显示, 末次随访时所有患者均骨折愈合 (图 1g, 1h), 无骨桥形成及内固定失效等并发症。

3 讨论

MIPO 是骨干骨折的微创手术方式之一。髓内钉应用于前臂骨折并不广泛^[10]。Je 等^[2] 也认为, 如果骨折对线和旋转恢复, MIPO 技术可用于前臂骨干骨折, 但强调用于前臂单骨折, 或用于双骨折中粉碎程度比较严重的骨折, 而另一骨折仍采用切开复位内固定术。目前尚没有关于前臂双骨干骨折均施行 MIPO 手术文献报道。

MIPO 技术主要难题是解决术中间接复位的问题。笔者曾利用外支架辅助 MIPO 治疗胫骨远侧干骺

端骨折^[11]，并在开放性胫骨骨折分期治疗时保留一期外固定架辅助二期内固定^[6]。一期外固定架能够辅助二期前臂双骨折 MIPO 手术，与其以下特点有关：(1) 外固定架维持骨折初步对位；(2) 远离骨折区域和软组织损伤区域置钉，给二期钢板固定预留了操作空间；(3) 独特的置钉方式与单钉-双边构型，使钉-杆夹锁止后可以维持前臂旋后位，放松后可以对骨折端进行调整，纠正残余成角和侧方移位。

Hardeski 等^[12] 2016 年报道保留临时外支架辅助确定性内固定手术，术中在骨针旁皮肤采集样本细菌培养，采样距外支架安装时间平均 14 d (1~88 d)，证实常规消毒方法能够达到骨折内固定手术的无菌要求。本组外固定架平均固定时间虽然超过了 14 d，但由于骨针远离手术区域，降低了污染的风险。前臂是功能性关节，其骨折复位标准应达到或接近解剖复位^[13]。Schemitsch 和 Richards^[7] 评估了接骨板治疗前臂双骨折术后的功能和放射学结果，发现最大桡骨弓的恢复程度显著影响前臂旋转功能。桡骨钢板要根据桡骨骨折的位置和桡骨弓参数预弯，以增加桡骨骨折复位的精确性。Parr 等^[14] 通过生物力学试验发现，预弯接骨板并不会对其抗疲劳属性造成破坏。早期锻炼有利于防止骨桥形成。Uygur 等^[15] 认为，对同水平的前臂双骨折闭合复位，没有增加骨桥形成风险。本组病例中也没有发生内固定断裂和骨桥形成等并发症。

术中注意事项：(1) 桡骨微创“窗口”位于 Thompson 入路的投影上，要注意避免钢板下方卡入神经与肌腱，尤其在桡骨近 1/3 操作时，一定要在旋后肌内游离并保护好骨间背神经；(2) 一期开放骨折清创要彻底，在 MIPO 手术前，伤口必须完全愈合且无感染征象；(3) 有任何疑问，应毫不迟疑地转为开放手术以确保手术安全。

总之，外固定架辅助 MIPO 分期处理前臂双骨干骨折，为软组织条件差或早期没有得到规范处理的开放性前臂双骨折提供了可行的治疗方案，尤其适用于其中之一为简单骨折的病例。

参考文献

[1] van de Wall BJM, Beeres FJP, Knobe M, et al. Minimally invasive

plate osteosynthesis: An update of practice [J]. *Injury*, 2021, 52 (1): 37-42.

[2] Je KH, Sejin K, Woong CJ, et al. Minimally invasive plate osteosynthesis of comminuted one bone fractures of forearm shaft [J]. *Hand*, 2016, 11 (1 Suppl): 55-56.

[3] Baba T, Baba Y, Maki S. Minimally invasive plate osteosynthesis for forearm fractures [J]. *Orthop Traumatol*, 2008, 57 (1): 135-139.

[4] Buckley RE, Moran CG, Apivatthakakul T. *AO principles of fracture management* [M]. 3 Edit. New York: Thieme. 2018: 75.

[5] 张伯松, 顾航宇, 孙志坚, 等. 加速康复外科理念下开放性骨折诊疗规范专家共识 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2020, 13 (2): 89-96.

[6] 李颖, 杨俊生, 杨智伟, 等. 牵引外固定对胫腓骨开放性骨折损伤控制的意义 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (16): 1441-1445.

[7] Schemitsch EH, Richards RR. The effect of malunion on functional outcome after plate fixation of fractures of both bones of the forearm in adults [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1992, 74 (7): 1068-1078.

[8] Grace TG, Eversmann WW. Forearm fractures: treatment by rigid fixation with early motion [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1980, 62 (3): 433-438.

[9] Kellam JF, Meinberg EG, Agel J, et al. Fracture and dislocation classification compendium- 2018 [J]. *J Orthop Trauma*, 2018, 8732 (1 Suppl): 1-10.

[10] Blažević D, Benčić I, Čuti T, et al. Intramedullary nailing of adult forearm fractures: Results and complications [J]. *Injury*, 2021, 52 (5 Suppl): 44-48.

[11] 杨俊生, 李颖, 夏超, 等. 外支架辅助间接复位 MIPO 治疗胫骨远侧干骺端骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (10): 865-869.

[12] Hardeski D, Gaski G, Joshi M, et al. Can applied external fixators be sterilized for surgery? A prospective cohort study of orthopaedic trauma patients [J]. *Injury*, 2016, 47 (12): 2679-2682.

[13] Richard MJ, Ruch DS, Aldridge JM III. Malunions and nonunions of the forearm [J]. *Hand Clin*, 2007, 23 (2): 235-243, vii.

[14] Parr WCH, Wang T, Tan C, et al. Fatigue implications for bending orthopaedic plates [J]. *Injury*, 2021, 52 (10): 2896-2902.

[15] Uygur E, Özkut A, Akpınar F. Synostosis after fracture of both forearm bones treated by intramedullary nailing [J]. *Hand Surg Rehab*, 2021, 40 (1): 25-31.

(收稿:2022-06-08 修回:2022-12-30)
(同行评议专家: 赵红军, 方振东)

(本文编辑: 闫承杰)