

· 综述 ·

桡骨远端骨折畸形愈合对下尺桡关节的影响[△]

廖禄田^{1,2}, 糜菁熠^{2*}

(1. 苏州大学医学部, 江苏苏州 215000; 2. 无锡市第九人民医院运动医学科, 江苏无锡 214000)

摘要: 畸形愈合是桡骨远端骨折后较为常见的并发症, 可累及桡腕关节、尺腕关节和下尺桡关节等。桡骨远端畸形愈合可对下尺桡关节的生物力学和临床预后等方面产生一定的影响, 可有疼痛、前臂旋转受限、下尺桡不稳定、下尺桡关节炎等临床表现。既往国内外关于桡骨远端骨折畸形愈合的文献中, 较多的学者对桡腕关节和尺腕关节进行了研究, 而对下尺桡关节的研究相对较少。本文综述了近年来桡骨远端骨折畸形愈合对下尺桡关节影响的相关研究进展, 为临床诊治及进一步研究提供参考。

关键词: 桡骨远端骨折, 畸形愈合, 下尺桡关节, 生物力学, 治疗

中图分类号: R683.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 08-0705-05

Impact of distal radius fracture malunion on distal radioulnar joint // LIAO Lu-tian^{1,2}, MI Jing-yi². 1. Medical College, Soochow University, Suzhou 215000, China; 2. Department of Sports Medicine, Wuxi Ninth People's Hospital, Wuxi 214000, China

Abstract: Malunion is a common complication after distal radius fracture, which involves the radiocarpal joint, ulnocarpal joint, and distal radioulnar joint. This malunion does have a certain impact on the biomechanics and clinical prognosis of the distal radioulnar joint with clinical manifestations such as pain, limited rotation of the forearm, instability of the distal radioulnar joint and distal radioulnar arthritis. In the previous literature on the malunion of distal radius fractures at home and abroad, many scholars have focused on the radiocarpal joint and the ulnocarpal joint, while there is a rare research on the distal radioulnar joint. This article reviews the recent research progress on the effects of distal radius fracture malunion on the distal radioulnar joint, to provide a reference for clinical prevention, treatment, and further research.

Keywords: distal radius fracture, malunion, distal radioulnar joint, biomechanics, treatment

桡骨远端骨折 (distal radius fracture) 是上肢最常见的骨折, 约占急诊骨折的 15%~21%^[1]。近年来, 桡骨远端骨折的诊治取得了很大进展。然而, Marcuzzi 等^[2] 报道桡骨远端骨折经保守治疗约有 23%~28% 的患者发生畸形愈合, 手术治疗约有 11% 的畸形愈合。通常认为桡骨短缩>3 mm、掌倾畸形>20°、背倾畸形>10°、关节内移位或台阶>2 mm 等骨折畸形需考虑矫形治疗。然而, 近年来研究表明, 即便未达上述参数标准, 也可能引起疼痛和创伤性关节炎^[3]。桡骨远端骨折畸形愈合导致桡腕和尺腕关节生物力学变化的研究已有文献报道^[4], 而畸形愈合影响下尺桡关节 (distal radioulnar joint, DRUJ) 的研究报道相对较少。本文就近年来桡骨远端骨折畸形愈合对 DRUJ 影响的致病因素、生物力学及其治疗等研究进

展进行综述, 为临床诊治和进一步研究提供参考。

1 致病原因

桡骨远端骨折畸形愈合的原因主要有以下几个方面: (1) 骨质疏松: 老年人骨密度降低、骨脆性增大^[5], 伤后易导致粉碎性骨折、关节面塌陷, 使得难以有效复位或复位后易丢失, 影响 DRUJ 匹配性; (2) 忽视 CT 检查: 桡骨远端关节内骨折, 普通 X 线片往往不能很好地确定骨折类型, 易低估乙状切迹的受累情况; (3) 保守治疗复位不理想^[6]; (4) 保守治疗复位后再丢失: 肿胀消退后未及时复诊, 石膏外固定松动无法维持复位^[7]; (5) 手术显露困难: 常规手术入路难以充分暴露 DRUJ, 一般采用 C 形臂 X 线机

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.08.07

[△]基金项目: 无锡市“太湖人才计划”医疗卫生高层次人才项目 (编号: 2020); 无锡市卫生健康委重大项目 (编号: Z202108)

作者简介: 廖禄田, 在读研究生, 研究方向: 运动医学, (电话) 18270916525, (电子信箱) liaolutian@126.com

* 通信作者: 糜菁熠, (电话) 0510-85866973, (电子信箱) mijingyi@suda.edu.cn

透视查看复位情况,对 DRUJ 关节面平整度以及空间结构只能粗略的判断,容易复位不良。

2 不同畸形对下尺桡关节的影响

2.1 桡骨短缩

桡骨远端骨折多为背侧及干骺部塌陷性损伤,发生桡骨短缩比较常见。尺骨头与乙状切迹的曲率半径并不相同,前臂旋前-旋后同时伴有尺桡骨相对旋转和关节表面的滑动。桡骨短缩畸形改变了尺骨头在乙状切迹的位置,尺桡骨接触区向近端移位至关节匹配性较差的位置,导致 DRUJ 不匹配^[8]。Omori 等^[9]研究发现桡骨短缩使桡尺韧带(radioulnar ligaments, RUL)背侧支的浅、深层均被明显拉长;当短缩畸形严重时,RUL 背侧支被过度拉伸至断裂,导致 DRUJ 不稳定。有限元分析表明,尺骨相对桡骨延长会导致 DRUJ 接触压力略有下降,接触面积明显减少^[10]。桡骨短缩畸形使 DRUJ 接触情况改变,从而引起 DRUJ 不匹配和不稳定等。

2.2 尺偏角异常

桡骨远端畸形愈合尺偏角减小,使乙状切迹的方向发生改变而影响 DRUJ 接触力学。这种改变若长期未纠正有引发 DRUJ 关节炎的风险。Bessho 等^[11]发现当 RUL 全部或部分附着于尺骨小凹时,尺偏角增大或减小 10°,均使 DRUJ 出现明显僵硬;当 RUL 完全切断后,DRUJ 稳定性明显降低,此时尺偏角异常对 DRUJ 的影响因失去了 RUL 的牵拉而常被掩盖。桡骨远端的尺偏角畸形应在 10°以内矫正,以降低 DRUJ 不稳定的风险。

2.3 掌倾角异常

桡骨远端畸形愈合掌倾角异常,乙状切迹与尺骨头的相对位置发生变化,DRUJ 接触面积和接触中心会发生较大改变^[8]。而 Gammon 等^[12]发现背倾畸形增大对 DRUJ 接触面积无明显影响,但会使接触中心位置发生变化。Abe 等^[13]发现背倾畸形倾向于引起旋前受限而不是旋后受限,而掌倾畸形则易使旋后受限。在 TFCC 完整的情况下,掌倾角异常使 DRUJ 接触力学和稳定性出现变化,进而影响了前臂旋转功能。

Saito 等^[14]认为部分离断 RUL,背倾 10°和 20°畸形可能会引发 DRUJ 掌侧不稳定。Nishiwaki 等^[15]发现掌倾成角畸形时,尺骨相对桡骨向背侧移位,切断三角纤维软骨复合体(triangular fibrocartilage complex, TFCC)则尺骨向背侧移位更大,进一步阻碍了

前臂的旋后。无论 TFCC 是否完整,随着桡骨远端背倾畸形角度的增大,显著增加了尺骨向掌侧和远端的移位^[16]。

2.4 骨折横向移位

桡骨横向移位降低了骨间膜的稳定作用。当 TFCC 断裂时,尺骨向背侧脱位受到远端骨间膜的约束,而桡骨远端向桡侧平移畸形降低了远端骨间膜的张力,即使其他方面(桡骨长度、掌倾角和尺偏角)均良好,尺骨头可能也无法稳定在乙状切迹,这可能会导致 DRUJ 不稳定^[17,18]。而 Bronstein 等^[19]发现当桡骨远端向尺侧移位 5 mm,会导致平均 23%的旋前运动范围丧失。矫正桡骨远端向尺、桡侧移位的畸形可恢复远端骨间膜张力,从而将尺骨头稳定在乙状切迹。

Nishiwaki 等^[20]研究发现,桡骨远端向背侧平移畸形可导致尺骨在 DRUJ 处的掌侧移位显著增加。正常 DRUJ 在旋后时尺骨向掌侧移动,而桡骨远端向背侧平移畸形引起尺骨进一步掌侧移位,可能会导致旋后时 DRUJ 不稳定。

2.5 DRUJ 关节内畸形愈合

Nakanishi 等^[21]分析发现 83%的桡骨远端关节内骨折累及 DRUJ,28%的患者乙状切迹有多个碎骨块。乙状切迹台阶或分离裂隙导致 DRUJ 匹配性降低,影响尺桡骨的相对滑动和旋转。Vitale 等^[22]研究发现,乙状切迹的台阶、分离或 DRUJ 半脱位与创伤后关节炎之间没有显著相关性,只是乙状切迹冠状面台阶>1 mm 的患者 DASH 评分较差。DRUJ 关节面不平整导致局部应力改变,最终可引发疼痛、旋转受限和创伤性关节炎等。恢复桡骨远端关节面可改善腕关节的运动,降低创伤后关节炎的风险^[23]。累及乙状切迹的桡骨远端骨折畸形愈合,应尽可能解剖复位纠正其畸形,改善 DRUJ 关节匹配性。

3 治疗方法

3.1 保守治疗

非手术治疗适用于对腕关节功能要求较低或身体状况不佳者。通常认为桡骨短缩<3 mm、背倾畸形<10°、关节内移位或台阶<2 mm 时,若无明显临床症状,可保守治疗。而当出现临床症状,保守治疗 6 个月无明显疗效,应积极考虑手术治疗。如 DRUJ 仅在前臂旋转的特定位置不稳定时,可先采用石膏固定保守治疗。当前臂旋转的所有位置都严重不稳定时,保守治疗往往会导致持续不稳定,因此需手术治疗。

3.2 手术治疗

手术目的主要是恢复桡腕关节力线和 DRUJ 匹配性,减少疼痛、改善腕关节的活动功能,预防关节炎的发生。通过矫正性截骨对桡骨远端进行重建,可改善 TFCC 张力并使尺桡骨的滑移正常化,从而改善前臂旋转^[13]。然而桡骨远端畸形愈合患者是否手术干预,还需考虑畸形程度和功能需求等因素^[24]。对于疼痛明显或活动明显受限而影响日常生活的患者,主张手术矫形治疗。尤其是对于年轻患者,更重要的是尽早防治创伤性关节炎的发生^[25]。

3.2.1 尺骨截骨短缩术

桡骨短缩畸形导致 DRUJ 关节匹配性降低, DRUJ 接触压力和接触面积都变小,通过尺骨截骨短缩术可予以纠正^[10]。当桡骨短缩畸形患者保守治疗失败且 DRUJ 无明显关节病变,采用尺骨截骨短缩的方法改善 DRUJ 匹配性,疼痛和旋转功能可得到明显改善^[26]。然而,随着尺骨的短缩, DRUJ 接触压力有增加的趋势^[10]。因此尺骨短缩截骨应适度,避免在 DRUJ 产生过高压力,降低 DRUJ 关节炎的风险。Ma 等^[27]比较了尺骨截骨短缩术与桡骨截骨延长术治疗桡骨远端畸形愈合后尺骨撞击综合征患者的临床疗效,结果显示两种方法都能改善活动度、握力和疼痛评分,但尺骨短缩组中有 2 例末次随访出现 DRUJ 关节炎,桡骨截骨延长能更好地减轻疼痛和改善功能。如果桡骨短缩合并背倾或掌倾畸形,则应桡骨截骨矫形^[28]。尺骨短缩术仅能改变尺桡骨的相对高度,并不能有效改善桡骨远端掌背倾或尺桡偏畸形对 DRUJ 的影响,有继发 DRUJ 关节炎的风险。因此,此法仅限于桡骨短缩畸形而掌倾角和尺偏角基本正常的患者。

3.2.2 桡骨截骨矫形术

桡骨截骨矫形是治疗桡骨远端骨折畸形愈合最常用的手术方法。其截骨方式多样,主要有闭口式楔形截骨、开口式楔形截骨和旋转截骨等。Low 等^[29]认为当桡骨在矢状面上的变化超过 10°时,应考虑桡骨截骨矫形术。Ross 等^[18]研究表明,桡骨远端骨折畸形愈合后 DRUJ 不稳定,即使在其他复位参数正常的情况下,只针对桡骨远端的桡侧平移畸形进行矫正性截骨术,不需要固定尺骨茎突的骨折或修复 TFCC 就可获得稳定性。

Schurko 等^[30]对掌侧截骨与背侧截骨治疗桡骨远端畸形愈合比较发现,两种方式都可以获得良好的结果,但与背侧相比,掌侧截骨能获得更好的活动度和 QuickDASH 评分,且并发症更少。采用掌侧截骨矫

形内固定逐渐成为目前主流的治疗方法。

3.2.3 关节内截骨矫形术

Roner 等^[31]采用个体化 3D 打印导板进行桡骨远端关节内截骨,结果显示关节面台阶从术前平均 2.5 mm 降至 0.8 mm,37 例中有 36 例疼痛减轻、活动范围和握力改善。也有学者采用干法关节镜技术从关节内向外截骨,可直接观察关节内截骨部位,更好地评估并纠正关节面的畸形^[32]。累及关节内的畸形愈合行矫形治疗时,可考虑使用关节镜辅助截骨矫形。

3.2.4 外固定支架矫形术

当桡骨远端畸形愈合严重桡骨短缩 (>10 mm) 时,通过一次性截骨矫形往往易导致神经、血管等软组织的过度牵拉性损伤。Guan 等^[33]采用桡骨双部位截骨外固定支架矫形的方法,外固定器不跨越腕关节,治疗 8 例桡骨短缩畸形伴 DRUJ 脱位的患者,所有患者手腕外观和功能恢复均满意。徐明亮等^[34]采用 Ilizarov 技术外固定支架矫形治疗短缩畸形,桡骨可达到目标长度,然而腕关节的解剖结构往往较难被矫正,不能完全恢复 DRUJ 匹配性。

3.2.5 其他手术方式

桡骨远端骨折畸形愈合出现明显 DRUJ 关节炎后,可采用 Darrach 手术或 Sauvé-Kapandji 手术。Darrach 手术适用于对功能需求较低的老年患者, Sauvé-Kapandji 手术适用于活动性强、高需求的患者^[35]。然而,Verhiel 等^[36]对 Darrach 或 Sauvé-Kapandji 手术治疗创伤后 DRUJ 功能障碍的患者随访发现,两种术式的并发症率分别高达 30% 和 50%,再手术率也较高。因此,两种术式的手术指征应严格把控。

3.2.6 新技术的应用

桡骨远端骨折畸形愈合通常是复杂的三维畸形,基于 X 线或 CT 图像的术前规划可能不足以确保解剖矫形。研究表明尺桡骨的解剖结构在个体之间存在显著差异,但与对侧肢体是相似的^[37]。基于此, Athlani 等^[38]采用镜像的健侧三维图像与患侧进行拟合,通过计算机模拟截骨并 3D 打印制作出截骨导板,治疗 16 例患者均取得了良好的影像和功能结果。而 Yoshii 等^[39]开发了一套三维图像融合系统,将术前规划的三维图像轮廓投射在显示器上并与透视图像比较(重叠),根据图像重合度调整矫形角度和钢板位置,术后疗效满意。新技术在桡骨远端畸形愈合的术前规划和术中导航方面的应用,可有效提高截骨复位的准确性、降低矫形难度。

4 小 结

临床上大多数桡骨远端骨折畸形愈合并不是单一的畸形模式，往往是多种畸形模式的叠加。现行复位与矫形标准只是畸形超出至少 1 个指标的范围，而对于各项参数均未达到手术标准的复杂畸形愈合，其 DRUJ 也可能存在异常。因此，复合畸形对 DRUJ 的影响还有待进一步的研究。

桡骨远端骨折畸形愈合的乙状切迹台阶、裂隙的多少以及所在位置，对 DRUJ 的影响尚未得到较好的阐释。DRUJ 运动学多数仅在静态条件下进行了分析，而动态条件下的三维变化也尚未得到很好的量化。

参考文献

- [1] Olech J, Ciszewski M, Morasiewicz P. Epidemiology of distal radius fractures in children and adults during the COVID-19 pandemic - a two-center study [J]. BMC Musculoskel Disord, 2021, 22 (1): 306.
- [2] Marcuzzi A, Lana D, Laselva O, et al. Combined radius addition osteotomy and ulnar shortening to correct extra-articular distal radius fracture malunion with severe radial deviation and ulnar plus [J]. Acta Biomed, 2019, 90 (12-S): 167-173.
- [3] Smeraglia F, Del Buono A, Maffulli N. Wrist arthroscopy in the management of articular distal radius fractures [J]. Br Med Bull, 2016, 119 (1): 157-165.
- [4] Prommersberger KJ, Pillukat T, Mühldorfer M, et al. Malunion of the distal radius [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2012, 132 (5): 693-702.
- [5] 康颂科, 张宁, 张大勇. 老年桡骨远端骨折患者复位后丢失的影响因素 [J]. 中国老年学杂志, 2021, 41 (16): 3449-3452.
- [6] 华臻, 王建伟, 尹恒, 等. 成人桡骨远端骨折非手术治疗后桡骨短缩的相关因素 [J]. 中国矫形外科杂志, 2018, 26 (16): 1446-1451.
- [7] 肖驰, 苏云, 魏志亨, 等. 保守治疗老年 Barton 骨折 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (4): 372-374.
- [8] Xing SG, Chen YR, Xie RG, et al. In vivo contact characteristics of distal radioulnar joint with malunited distal radius during wrist motion [J]. J Hand Surg Am, 2015, 40 (11): 2243-2248.
- [9] Omori S, Moritomo H, Murase T, et al. Changes in length of the radioulnar ligament and distal oblique bundle after Colles' fracture [J]. J Plast Surg Hand Surg, 2013, 47 (5): 409-414.
- [10] Greybe D, Boland MR, Wu T, et al. A finite element model to investigate the effect of ulnar variance on distal radioulnar joint mechanics [J]. Int J Numer Method Biomed Eng, 2017, 33 (2): 10. 1002/cnm. 2790.
- [11] Bessho Y, Nakamura T, Nishiwaki M, et al. Effect of decrease in radial inclination of distal radius fractures on distal radioulnar joint stability: a biomechanical study [J]. J Hand Surg Eur, 2018, 43 (9): 967-973.
- [12] Gammon B, Lalone E, Nishiwaki M, et al. The effect of dorsal angulation on distal radioulnar joint arthrokinematics measured using intercartilage distance [J]. J Wrist Surg, 2019, 8 (1): 10-17.
- [13] Abe S, Oka K, Miyamura S, et al. Three-dimensional in vivo analysis of malunited distal radius fractures with restricted forearm rotation [J]. J Orthop Res, 2019, 37 (9): 1881-1891.
- [14] Saito T, Nakamura T, Nagura T, et al. The effects of dorsally angulated distal radius fractures on distal radioulnar joint stability: a biomechanical study [J]. J Hand Surg Eur Vol, 2013, 38 (7): 739-745.
- [15] Nishiwaki M, Welsh MF, Gammon B, et al. Effect of volarly angulated distal radius fractures on forearm rotation and distal radioulnar joint kinematics [J]. J Hand Surg Am, 2015, 40 (11): 2236-2242.
- [16] Nishiwaki M, Welsh M, Gammon B, et al. Distal radioulnar joint kinematics in simulated dorsally angulated distal radius fractures [J]. J Hand Surg Am, 2014, 39 (4): 656-663.
- [17] Moritomo H, Omori S. Influence of ulnar translation of the radial shaft in distal radius fracture on distal radioulnar joint instability [J]. J Wrist Surg, 2014, 3 (1): 18-21.
- [18] Ross M, Di Mascio L, Peters S, et al. Defining residual radial translation of distal radius fractures: a potential cause of distal radioulnar joint instability [J]. J Wrist Surg, 2014, 3 (1): 22-29.
- [19] Bronstein A, Heaton D, Tencer AF, et al. Distal radius malunion and forearm rotation: a cadaveric study [J]. J Wrist Surg, 2014, 3 (1): 7-11.
- [20] Nishiwaki M, Welsh M, Gammon B, et al. Volar subluxation of the ulnar head in dorsal translation deformities of distal radius fractures: an in vitro biomechanical study [J]. J Orthop Trauma, 2015, 29 (6): 295-300.
- [21] Nakanishi Y, Omokawa S, Shimizu T, et al. Intra-articular distal radius fractures involving the distal radioulnar joint (DRUJ): three dimensional computed tomography-based classification [J]. J Orthop Sci, 2013, 18 (5): 788-792.
- [22] Vitale MA, Brogan DM, Shin AY, et al. Intra-articular fractures of the sigmoid notch of the distal radius: analysis of progression to distal radial ulnar joint arthritis and impact on upper extremity function in surgically treated fractures [J]. J Wrist Surg, 2016, 5 (1): 52-58.
- [23] 王建义, 于国庆, 王一凡, 等. 腕关节镜结合 Fragment specific fixation 技术在桡骨远端 C 型骨折中的应用 [J]. 中国矫形外科杂志, 2016, 24 (18): 1720-1723.
- [24] 徐世明, 陈卫, 蔡弢艺, 等. 截骨植骨内固定矫正关节外桡骨远端骨折畸形愈合 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (2): 158-161.
- [25] Keuchel-Strobl T, Quadlbauer S, Jurkowitsch J, et al. Salvage procedure after malunited distal radius fractures and management of pain and stiffness [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2020, 140 (5):

- 697-705.
- [26] Hassan S, Shafay R, Mohan A, et al. Solitary ulnar shortening osteotomy for malunion of distal radius fractures: experience of a centre in the UK and review of the literature [J]. *Ann R Coll Surg Engl*, 2019, 101 (3): 203-207.
- [27] Ma HH, Chen YC, Huang HK, et al. Comparing radial lengthening osteotomy with ulnar shortening osteotomy to treat ulnar impaction syndrome after distal radius fracture malunion [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2022, 142 (3): 525-531.
- [28] Krimmer H, Schandl R, Wolters R. Corrective osteotomy after malunited distal radius fractures [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2020, 140 (5): 675-680.
- [29] Low S, Muhldorfer-Fodor M, Pillukat T, et al. Ulnar shortening osteotomy for malunited distal radius fractures: results of a 7-year follow-up with special regard to the grade of radial displacement and post-operative ulnar variance [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2014, 134 (1): 131-137.
- [30] Schurko BM, Lechtig A, Chen NC, et al. Outcomes and complications following volar and dorsal osteotomy for symptomatic distal radius malunions: a comparative study [J]. *J Hand Surg Am*, 2020, 45 (2): 158e1-158e8.
- [31] Roner S, Schweizer A, Da Silva Y, et al. Accuracy and early clinical outcome after 3-dimensional correction of distal radius intra-articular malunions using patient-specific instruments [J]. *J Hand Surg Am*, 2020, 45 (10): 918-923.
- [32] Del Piñal F, Clune J. Arthroscopic management of intra-articular malunion in fractures of the distal radius [J]. *Hand Clin*, 2017, 33 (4): 669-675.
- [33] Guan J, Ruan H, Yin J, et al. Bifocal osteosynthesis to treat radial shortening deformity with dislocation of the inferior radioulnar joint [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2019, 20 (1): 440.
- [34] 徐明亮, 秦泗河, 伊力扎提·伊力哈木, 等. Ilizarov 延长技术关节外截骨治疗桡骨远端骨折后短缩畸形 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2020, 13 (8): 646-651.
- [35] 李建强, 肖鹏. 改良 Sauvé-kapandji 术联合尺侧腕屈肌固定治疗下尺桡关节脱位 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (17): 1609-1611.
- [36] Verhies S, Ozkan S, Ritt M, et al. A comparative study between dar-rach and Sauve-Kapandji procedures for post-traumatic distal radioulnar joint dysfunction [J]. *Hand (NY)*, 2021, 16 (3): 375-384.
- [37] Daneshvar P, Willing R, Lapner M, et al. Rotational anatomy of the radius and ulna: surgical implications [J]. *J Hand Surg Am*, 2020, 45 (11): 1082. e1-1082. e9.
- [38] Athlani L, Chenel A, Detammaecker R, et al. Computer-assisted 3D preoperative planning of corrective osteotomy for extra-articular distal radius malunion: a 16-patient case series [J]. *Hand Surg Rehabil*, 2020, 39 (4): 275-283.
- [39] Yoshii Y, Ogawa T, Hara Y, et al. An image fusion system for corrective osteotomy of distal radius malunion [J]. *Biomed Eng Online*, 2021, 20 (1): 66.

(收稿:2022-05-23 修回:2022-11-21)
(同行评议专家:蔡振存 陶海荣)
(本文编辑:宁 桦)