桡骨远端复杂骨折手术治疗进展

鲁秋东¹, 张翠菊²

摘要: 桡骨远端复杂骨折不仅破坏了桡骨远端三柱结构, 而且伴广泛的关节面粉碎骨折、下尺桡关节及其周围附属结构 (TFCC) 损伤, 保守治疗效果差, 手术治疗难度大, 术后并发症发生率高。单一的手术入路及内固定方式很难实现骨折复位固定及关节附属结构的修复。本文通过对桡骨远端三柱结构及骨折特点的深入认识, 结合术前仔细的影像学检查, 选择合理的手术入路及内固定方式, 尽量避免并发症, 进而达到腕关节早期功能活动的目的, 改善腕关节功能, 为治疗此类骨折提供参考。

关键词: 桡骨远端复杂骨折; 三柱理论; 影像学解剖; 手术内固定; 并发症

中图分类号: R683.42 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-6948(2019)04-0651-05

doi: 10.3969/j.issn.1007-6948.2019.04.056

桡骨远端复杂骨折多为高能量损伤, 在桡骨远端骨折中约占 5%^[1-2], AO 分型 (即国际内固定研究学会, The Association for the Study of Internal Fixation) C3 型。虽然大部分移位的关节内骨折可通过各种不同的手术处理获得良好的结果, 但高能量导致的关节内广泛粉碎骨折, 如何做到骨折端合理显露、坚强固定, 同时尽量避免对腕关节周围的神经血管肌腱等组织损伤, 仍是手术医生的巨大挑战。现就此类骨折的解剖特点、影像学特点、手术入路、内固定方式选择及并发症等, 做一归纳介绍。

1 三柱结构及功能解剖

桡骨远端功能上分为三柱, 每柱均包含骨性及韧带结构, 从而保证桡腕及下尺桡关节稳定。桡侧柱包括桡骨茎突和桡骨远端舟状骨关节面, 为肱桡肌肌腱、长桡月韧带、桡舟头韧带的止点^[3], 其功能包括对抗桡侧腕骨应力以及腕关节尺偏的桡侧应力, 同时其弧形结构允许舟状骨更多的活动度和功能。另外, 桡侧柱作为桡舟头韧带的止点可限制腕关节过度尺偏^[4]。中柱主要包括桡骨远端月骨关节面及乙状切迹, 因此其主要作用是将腕部的应力传到前臂, 中柱掌缘是桡月短韧带和掌侧下尺桡韧带的止点, 尺背侧缘是下尺桡背侧韧带止点, 下尺桡掌背侧韧带约束着下尺桡关节的旋转活动。尺侧柱包括尺骨远端和三角纤维软骨复合体, 是下尺桡关节稳定和前臂旋转运动的重要组成部分^[5-6], 下尺桡韧带的浅层和深层分别止于尺骨茎突尖端和尺骨小凹, 三角纤维软骨复合体 (TFCC) 起自桡骨月状

窝的尺侧缘, 向尺侧覆盖尺骨头软骨, 止于尺骨茎突基底, 包括 TFC、背侧及掌侧下尺桡韧带、尺月韧带、尺三角韧带和尺侧腕伸肌腱鞘深层, 作为腕尺侧的一个衬垫, 承担 20% 的轴向负荷, 维持下尺桡及尺腕关节。

2 影像学检查及骨折的特点

X 线正侧位摄片是最常用的损伤检查手段, 该法对骨折受伤机制、骨折线走向、断端位移及粉碎程度有较直观、全面的展现, 能观察到桡骨远端关节内骨折掌倾角、尺偏角及桡骨高度丢失的大体情况, 便于急诊紧急处理。但单纯 X 线片不能准确地描述关节面骨折的具体形态、分离程度及下尺桡关节对应情况, 所以, 需进一步检查明确。CT 可弥补 X 线片的不足, 通过腕关节冠状面及矢状面扫描, 清晰显示并测算桡骨远端外周骨块形态、中心关节面塌陷程度及干骺端内部骨质情况, CT 三维重建影像技术可以对骨折的空间排列和相互关系进行准确判断, 从而知道手术入路及内固定方式选择。随着生物力学及相关临床研究的深入, 人们对关节内骨折各种移位畸形对骨折疗效的影响的认识也不断深入^[7-8]。骨折的分离及台阶移位程度直接影响运动时应力分布及匹配, 继而造成远期创伤性关节炎发生率增高。研究发现关节面分离、台阶移位大于 2 mm, 局部应力增加约 40%, 并可导致应力分布不均^[9-10]。Cole 等^[11]利用骨折绘图技术对桡骨远端 C3 型 (OTA/AO) 骨折进行绘图设计, 发现骨折主要包括五部分骨块: (1) 接近背侧骨皮质的中心关节面粉碎性骨块; (2) Lister 结节骨块; (3) 尺侧中间、背侧、掌侧骨块, 累及下尺桡关节面; (4) 掌缘骨块; (5) 桡侧骨块, 累及桡骨茎突及掌背侧皮质。临床上发现, 桡侧柱的骨折块通常较大, 骨折线累及茎突干骺端, 导致桡骨高度丢失及掌倾角变小, 肱桡肌的牵拉

1. 天津武清中医院脊柱关节科 (天津 301700)

2. 天津武清区人民医院 (天津 301700)

通信作者: 鲁秋东, E-mail: luqiudong_1980@163.com

可使骨块桡侧旋转移位；中柱掌侧缘骨块及尺背侧骨块常累及大部分月骨关节面和全部的乙状切迹，而且是下尺桡关节掌背侧韧带抵止点，尤其是尺背侧骨块，很容易向近端、背侧及尺侧移位，影响下尺桡的旋转活动；中间的游离骨块常为粉碎性塌陷或嵌插骨折，桡骨的短缩、背侧移位和尺偏角的减少都会使三角纤维软骨复合体和尺骨茎突的压力增加，导致继发的尺侧柱损伤^[12]。此种桡骨远端骨折线地图绘制技术能更好的了解关节骨块的形态及位置，对术前计划、指导新的骨折分型系统及选择内固定方式等具有重要的意义^[13-14]。

3 手术入路选择

3.1 掌侧入路 掌侧切口的位置依骨块及内固定位置而定，可以偏向桡侧或正中。偏桡侧切口即为标准的 Henry 入路，自桡侧腕屈肌肌腱与桡动脉间隙进入，将拇长屈肌拉向尺侧，术中切断或部分切断旋前方肌，骨膜下剥离即可清晰显露乙状切迹掌缘及舟状窝掌面骨块，直视下骨折复位，并可通过手法或骨折间隙间接撬拨复位关节面，纠正掌倾角、尺偏角。行掌侧入路的优势：桡骨远端髓鞘与骨性结构不受影响，手术创伤小，利于术后恢复，掌侧的骨皮质和屈肌腱存在较大空间，且桡骨掌侧面平坦性好，手术操作简便，对掌侧的韧带结构不产生损伤，能够取得良好复位效果，利于患者关节功能恢复，提高关节功能优良率^[15]。掌侧入路需要切断旋前方肌增加显露，术后是否修补目前争议较多。McConkey 等^[16]利用利多卡因麻醉旋前方肌，结果旋前力量下降 21%，但对旋后功能无影响，故建议手术修补旋前方肌。但 Hershman 等^[17]研究了 112 例桡骨远端骨折患者的术后随访数据，认为旋前方肌修复与否不影响握力、活动度及上肢功能评分。Hinds 等^[18]在 20 例桡骨远端骨折患者掌侧钢板固定术后 3 个月时行腕部彩超检查，结果发现旋前方肌的完整与否在腕关节活动范围、强度及评分方面无明显差异。鉴于旋前方肌除协同旋前圆肌完成前臂旋前动作外，也是稳定下尺桡关节的辅助结构^[19]，术后仍建议修补。

3.2 背侧入路 高能量的腕骨轴向及背侧冲击力可导致桡骨远端关节面爆裂，中心关节面骨块陷入干骺端中，掌背侧骨块向中心翻转，干骺端骨质压缩，粉碎的关节面骨块甚至可翻转 180°，手法复位或者经皮克氏针撬拨很难实现良好复^[20]，此时往往需要联合背侧入路来处理。桡骨远端背侧主要包括 6 个肌腱间室，其中第 2 间室容纳桡骨长短伸肌腱，第 3 间室容纳拇长伸肌腱。背侧切口的位置一般选择在第 3 间室处，Z 型切开伸肌腱支持带^[21]，根据复位固定位置的需要暴露，牵开第 2-5 伸肌间室中的一组或多组肌腱，骨膜下有限剥离，尽量保留肌腱、腱鞘及骨膜的一体结构，保护腱鞘轨道的完整性，直视下撬拨塌陷的中

心关节面，必要时切开背侧关节囊方便显露，若干骺端骨缺损影响关节面的稳定性，则取髂骨或同种异体骨植骨，重建干骺端软骨下骨的底座结构，利于骨折愈合。Medlock 等^[22]采取背侧入路处理桡骨远端中心关节面塌陷骨块，术后经 CT 测算关节面台阶平均仅 0.6 mm，而且均获得了满意的腕关节活动度及功能评分。由于背侧伸肌腱与骨之间的软组织间隙很小，为了尽量避免骨膜缺血、肌腱损伤等并发症，骨折复位后选择何种内固定方式，如背侧钢板、掌侧钢板或外固定支架，目前存在争议^[23-24]。

3.3 扩展的桡侧腕屈肌入路 Orbay 等^[25]通过松解桡侧间隔（包括肱桡肌腱止点）、桡骨骨折近端的骨膜下解剖和旋前近端的三个步骤扩展经典的桡侧腕屈肌腱入路，此入路可避免掌背侧联合入路的缺点。首先，于前臂远段桡侧腕屈肌腱表面作纵行切口，腕横纹处向 Lister 结节折弯形成三角，先行经典的 Henry 入路，然后切开第一伸肌腱间室鞘管，桡侧牵开拇长展肌腱，显露位于其深处的肱桡肌腱桡骨茎突止点，“台阶”样切断肱桡肌腱^[26]，将骨折近端旋前，“开书样”暴露桡骨远端、背侧和掌侧关节骨块，同时清除血肿，直视复位背侧骨折块，塌陷粉碎的关节面骨块利用近排腕骨作复位模板间接复位，干骺端植骨，旋后桡骨近端，“闭书样”恢复桡骨连续性，用克氏针临时固定。其入路优点在于旋前骨折近端而获取暴露空间复位，不仅避免背侧切口破坏背侧组织铰链，保护了背侧骨折块的血运，而且完整的背侧软组织合页有利于复位后骨块位置的维持和提供完整的植骨物理包裹^[27]。国内有学者^[28-29]采用扩展的桡侧腕屈肌入路对桡骨远端关节内粉碎性骨折实施骨折灶内操作技术，直视下复位骨折和利用松质骨植骨完成软骨下骨支撑，通过双层软骨下骨掌侧支撑钢板能有效固定背侧、掌侧和中央骨折块，取得良好的临床疗效。缺点有桡动脉及桡神经浅支的损伤，术中需切断肱桡肌腱增加显露。有报道^[30]称桡侧肱桡肌腱切断时的显露，可能会造成桡骨远端骨折块的缺血，不利于骨愈合。由于此入路的相关报道缺乏与掌背侧联合入路的临床和生物力学等方面对比研究，其优势还需进一步研究证实。

4 固定方式选择

4.1 克氏针固定 克氏针固定术在桡骨远端复杂骨折中应用广泛，主要包括经骨折块固定及关节固定，其对组织的创伤小、操作简单，属于微创手术，能将碎裂及塌陷的骨块，尤其累及关节面的软骨下骨块，经撬拨复位后穿针固定，进而使多个骨块成为一体，利于骨折复位及安装钢板、髓内钉等器械。李家德等^[31]在桡骨远端粉碎骨折行外固定架固定前，应用克氏针固定桡骨茎突、掌侧或背侧小切口撬拨复位关节面，术后腕关节恢复满意，有效避免了后期创伤性关节炎的发生。但克氏针存在容易松动、固定不牢靠、

穿针针眼皮肤感染及针尾端磨损软组织等风险,故桡骨远端复杂骨折中很少单独使用,多联合其他内固定物,如钢板、外固定架等,而且需早期取出。

4.2 外固定架固定 外固定支架具有长度及角度可调性,在一定程度上撑开腕关节间隙,便于显露桡骨远端关节面结构,对塌陷、旋转骨块实施可视下翘拨复位,亦可纠正并维持掌倾角及尺偏角,恢复桡骨远端高度。通过“韧带牵拉复位”的生物力学原理,兼顾软组织完整与骨折复位之间的平衡,符合当前 BO 理念,然而外固定支架只是纵向牵引,无法兼顾侧方移位,所以不能完全纠正成角畸形,且对无韧带附着的孤立骨块及关节面的塌陷骨块,无法实现复位,所以,在处理桡骨远端关节内广泛粉碎骨折时,常需借助克氏针辅助翘拨复位^[31]。外固定支架 Schanz 螺钉同克氏针一样存在针眼感染及容易松动的缺点,而且长时间固定容易造成腕关节僵硬,故固定时间不宜超过 4~6 周。外固定支架分为动态固定和静态固定 2 种作用形式。明新杰等^[32]利用动态固定实现纵横向多平面立体结构的牢靠固定,并允许腕部行早期的各类功能锻炼,其治疗的 18 例青壮年桡骨远端 C 型骨折,1 年后随访功能优良率达 94%。

4.3 切开复位钢板固定 桡骨远端复杂骨折(C3 型)的治疗关键是恢复关节面的解剖结构和重建三柱生物力学的稳定性,桡骨远端解剖型锁定加压钢板(LCP)有其独特的优点,其形态和桡骨远端可较好地贴合,按照生理解剖设计的掌倾和尺偏角度,可有效地实现桡骨远端的解剖复位。掌侧锁定钢板的定角结构可以提供稳定的固定,甚至干骺端粉碎骨折,随着多角度锁定螺钉的出现,使得在保证骨折块坚强固定的前提下,更容易控制钢板的位置,目前此类技术已成为治疗大多数桡骨远端复杂骨折的主要内固定方式^[33]。掌侧钢板可复位并固定尺掌侧和桡骨茎突骨块,但无法有效复位和固定尺背侧骨块和游离的关节压缩骨块,这时需要通过背侧入路背侧钢板固定来处理^[34]。刘涛等报道^[35]38 例桡骨远端骨折(C3 型)采用掌背侧双钢板固定,术后经 X 线片和 CT 检查结果证实,37 例获得解剖复位,即关节面台阶或间隙 <1 mm,另外 1 例患者关节面台阶 >1 mm 但 <2 mm,关节活动度和握力均达到健侧(双侧患者除外)的 85% 以上。独立的关键骨块内固定系统的出现,解决了掌侧缘、背侧壁、DUC 及桡骨茎突的较小或不规则骨块很难通过 T 型或斜 T 型钢板牢靠固定的难题,其可根据骨块的大小、位置、骨折线方向,经合适入路,实现关键骨块的坚强固定。许桦等^[36]应用桡骨远端掌侧万向锁定接骨板治疗 C 型骨折 46 例,结果特殊骨块均得到有效固定,腕关节可早期进行功能锻炼,治疗效果满意,其优良率达 91.3%。

4.4 髓内钉固定 髓内钉是目前治疗桡骨远端骨折的一种新兴手术技术,手术创伤小,不破坏骨折断端血运,不存在内植物磨损肌腱的并发症,在处理粉碎性骨折时有其独特的优势^[37]。Calbiyik 等^[38]回顾了 48 例桡骨远端骨折患者,采用桡骨远端髓内钉(Sonoma Wrx)治疗,手术切口仅 2~3 cm,手术时间(24.3 ± 2.3)min,术后允许早期腕关节活动,术后 VAS 评分、DASH 评分及 Gartland-Werley 评分均令人满意。桡骨远端关节内复杂骨折除桡骨茎突骨折外,同时伴随掌背侧骨块及关节面的塌陷,髓内钉植入技术要求高,需先借助克氏针固定关键骨块,随后经桡骨茎突置入髓内钉,3 枚不同方向的远端锁钉可支撑固定掌背侧及中心骨块,不会产生桡侧钢板对软组织激惹、肌腱神经损伤等并发症。但由于手术技术要求高,且髓内钉价格昂贵,国内尚无相关研究报道。

4.5 关节镜辅助内固定技术(arthroscopic-assisted internal fixation,ARIF) 目前 ARIF 已逐渐被应用于桡骨远端关节内骨折治疗。据报道,关节镜下骨折解剖复位效果要优于 X 光透视的 30%^[39-40]。Burnie 等^[41]通过对比 X 光透视及关节镜下辅助桡骨远端关节内骨折术前及术后 CT 检查,发现桡骨远端 OTA/AO C 型骨折在关节镜辅助掌侧钢板固定可获得更好的桡腕关节骨折复位。但目前还没有足够证据能证明关节镜下辅助游离骨块复位可以改善术后腕关节功能^[42]。关节镜下修复 TFCC 修复也有其显著的优势,手术创伤小、恢复快,与切开修复同样能获得满意的临床效果,而且,如果关节镜技术熟练,能显著节省手术时间^[43]。

5 内固定并发症及应对策略

据统计,桡骨远端骨折掌侧锁定钢板(PLP)术后并发症占 3%~36%^[44-45],典型的并发症包括局部感觉改变、肌腱激惹和肌腱断裂、内固定失效、感染、复杂区域疼痛综合征和关节炎等。Assadollahi 等^[46]研究发现,术后 50% 屈肌腱断裂常发生在术后 9 个月内,75% 发生在 26 个月内,钢板远侧缘尽量至于“分水岭”近侧以及尽早取出内固定,可降低屈肌腱断裂并发症,尤其是拇长屈肌腱。50% 伸肌腱激惹或断裂与桡骨远端背侧螺钉突出骨面有关,尤其是第三伸肌腱间室下骨凹槽,背侧干骺端凸起的尖锐的 Lister 结节骨块易可导致拇长伸肌腱断裂^[47-48],所以,对于干骺端背侧粉碎性骨块,尤其是垂直翻转的锐利骨块,术中应经皮或切开将其复位,同时要控制螺钉长度,以免出现伸肌腱磨损断裂^[49]。桡骨远端背侧伸肌腱下放置钢板后可出现腱鞘炎、肌腱断裂或粘连导致的腕关节屈伸受限、疼痛等并发症,有学者将伸肌支持带筋膜瓣以不同方法切取覆盖钢板,可避免伸肌腱与钢板直接接触,从而降低了因伸肌腱钢板上摩擦导致的肌腱激惹或断裂,但不能降低局部慢性疼痛、感染、关节粘连、关节僵直等并发症^[50],由此

可见,尽早拆除背侧内固定钢板,可有效预防伸肌腱并发症。

综上,桡骨远端复杂骨折,往往多为高能量损伤,老年人居多,骨质疏松使得桡骨远端关节面粉碎骨折,累及多平面多角度,桡骨高度丢失,下尺桡关节损伤伴 TFCC 损伤,干骺端背侧骨质缺损、皮质碎裂,掌倾角、尺偏角丢失,要在桡骨远端有限的操作空间内实施骨折有效复位及坚强固定并非易事。所以,为求合理设计手术入路,选择最佳内固定方式,术前对腕关节功能解剖及影像学特点的深入认识显得尤为重要,直接影响术后早期功能康复时间及预后效果。随着 3D 打印技术在骨科领域的逐渐应用,桡骨远端复杂骨折手术治疗将有望进一步精准化、微创化。

参考文献:

- [1] Kevin OT, David MK, Alphonsus KS. Distal radius fractures: an epidemiological review [J]. *Orthop Surg*, 2013, 5(3):209-213.
- [2] Sigurdardottir K, Halldorsson S, Robertsson J. Epidemiology and treatment of distal radius fractures in Reykjavik, Iceland, in 2004. Comparison with an Icelandic study from 1985 [J]. *Acta Orthop*, 2011, 82(4):494-498.
- [3] Stephen A, Douglas P. Complex distal radius fractures [J]. *Orthop Clin North Am*, 2013, 44(1): 81-92.
- [4] Rikli DA, Honigmann P, Babst R, et al. Intra-articular pressure measurement in the radioulnocarpal joint using a novel sensor: in vitro and in vivo results [J]. *J Hand Surg Am*, 2006, 32(1):67-75.
- [5] Rikli DA, Regazzoni P. Fractures of the distal end of the radius treated by internal fixation and early function: a preliminary report of 20 cases [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1996, 78(4):588-592.
- [6] Rikli DA, Rosenkranz J, Regazzoni P. Complex fractures of the distal radius [J]. *Eur J Trauma*, 2003, 29(4):199-207.
- [7] Varitimidis SE, Basdekis GK, Dailiana ZH, et al. Treatment of intra-articular fractures of the distal radius: fluoroscopic or arthroscopic reduction [J]? *J Bone Joint Surg Br*, 2008, 90(6):778-785.
- [8] Stevenson I, Carnegie CA, Christie EM, et al. Displaced distal radial fractures treated using volar locking plates: maintenance of normal anatomy [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2009, 67(3):612-616.
- [9] 赵亮, 王宝军, 李亚东, 等. 2.4mm 锁定加压接骨板治疗桡骨远端 C 型骨折的疗效分析 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2012, 14(7):557-560.
- [10] Dario P, Matteo G, Carolina C, et al. Is it really necessary to restore radial anatomic parameters after distal radius fractures [J]? *Injury*, 2014, 45 Suppl 6:S21-S26.
- [11] Cole PA, Mehrle RK, Bhandari M, et al. The pilon map: fracture lines and comminution zones in OTA/AO type 43C3 pilon fractures [J]. *J Orthop Trauma*, 2013, 27(7):e152-e156.
- [12] Adams BD. Effects of radial deformity on distal radioulnar joint mechanics [J]. *J Hand Surg Am*, 1993, 18(3):492-498.
- [13] Alluri RK, Hill JR, Ghiassi A. Distal radius fractures approaches, indications, and techniques [J]. *J Hand Surg Am*, 2016, 41(8):845-855.
- [14] Misir A, Ozturk K, Kizkapan TB, et al. Fracture lines and comminution zones in OTA/AO type 23C3 distal radius fractures: The distal radius map [J]. *J Orthop Surg*, 2018, 26(1):1-6.
- [15] 刘海涛. DVR 解剖型掌侧锁定接骨板治疗 C 型桡骨远端骨折的临床疗效 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2016, 9(3): 237-240.
- [16] McConkey MO, Schwab TD, Travlos A, et al. Quantification of pronator quadratus contribution to isometric pronation torque of the forearm [J]. *J Hand Surg Am*, 2009, 34(9):1612-1617.
- [17] Hershman SH, Immerman I, Bechtel C, et al. The effects of pronator quadratus repair on outcomes after volar plating of distal radius fractures [J]. *J Orthop Trauma*, 2013, 27(3):130-133.
- [18] Hinds RM, Montero-Lopez N, Brock K, et al. Assessment of pronator quadratus repair integrity using dynamic ultrasonography following volar plate fixation for distal radius fractures [J]. *Hand*, 2018:1-5.
- [19] Tosti R, Ilyas AM. Prospective evaluation of pronator quadratus repair following volar plate fixation of distal radius fractures [J]. *J Hand Surg Am*, 2013, 38(9):1678-1684.
- [20] Kreder HJ, Hanel DP, Agel J, et al. Indirect reduction and percutaneous fixation versus open reduction and internal fixation for displaced intra-articular fractures of the distal radius [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2005, 87(6):829-836.
- [21] 卓高豹, 温新, 徐灵凤, 等. 伸肌支持带成形在桡骨远端骨折背侧钢板固定中的应用 [J]. 2017, 33(4):286-288.
- [22] Medlock G, Smith M, Johnstone AJ. Combined volar and dorsal approach for fixation of comminuted intra-articular distal radial fractures [J]. *J Wrist Surg*, 2018, 7(3):219-226.
- [23] Jakubietz MG, Gruenert JG, Jakubietz RG. Palmar and dorsal fixed-angle plates in AO C-type fractures of the distal radius: is there an advantage of palmar plates in the long term [J]? *J Orthop Surg Res*, 2012, 7(1): 8.
- [24] 李家德, 钟永翔, 陈榆, 等. 外固定架结合克氏针有限固定与掌侧锁定板治疗桡骨远端粉碎骨折的疗效对比 [J]. 2018, 34(3):185-188.
- [25] Orbay JL, Badia A, Indriago IR, et al. The extended flexor carpi radialis approach: a new perspective for the distal radius fracture [J]. *Tech Hand Up Extrem Surg*, 2001, 5(4):204-211.
- [26] Tirrell TF, Franko OI, Bholra S, et al. Functional consequence of distal brachioradialis tendon release: a biomechanical study [J]. *J Hand Surg Am*, 2013, 38(5):920-926.
- [27] Rampoldi M, Palombi D, Tagliente D. Distal radius fractures with diaphyseal involvement: fixation with fixed angle volar plate [J]. *J Orthop Traumatol*, 2011, 12(3):137-143.
- [28] 褚庭纲, 陈星隆, 李志杰, 等. 扩展桡侧腕屈肌入路辅助骨折灶内原位自体植骨治疗桡骨远端粉碎性骨折 [J]. *中华手外科杂志*, 2018, 34(2):102-106.
- [29] 高志强, 安贵生, 李绍良. 应用扩展的桡侧腕屈肌入路治疗复杂的桡骨远端关节内骨折 [J]. *北京大学学报(医学版)*, 2017, 49(2):349-353.

- [30] Kim JK, Park JS, Shin SJ, et al. The effect of brachioradialis release during distal radius fracture fixation on elbow flexion strength and wrist function[J]. *J Hand Surg Am*,2014,39(11):2246-2250.
- [31] 李家德, 钟永翔, 陈榆, 等. 外固定支架结合克氏针有限固定与掌侧锁定板治疗桡骨远端粉碎骨折的疗效对比[J]. *中华手外科杂志*,2018,34(3):185-188.
- [32] 明新杰, 明立功, 明新忠, 等. 功能性外固定器治疗桡骨远端骨折的生物力学测试及临床研究[J]. *骨与关节损伤杂志*,2004,19(2):107-109.
- [33] Loisel F, Kielwasser H, Faivre G, et al. Treatment of distal radius fractures with locking plates: an update[J]. *Eur J Orthop Surg Trauma*,2018,28(8):1537-1542.
- [34] Ayalon O, paksima N. Dorsal plating of distal radius fractures historical context and appropriate use[J]. *Bull Hosp Jt Dis*,2017,75(1):4-8.
- [35] 刘涛, 鲍飞龙, 亢世杰, 等. 掌背侧联合内固定治疗桡骨远端四部分骨折的策略和效果[J]. *中华外科杂志*,2018,56(3):183-188.
- [36] 许桦, 陈亿民, 毕大卫, 等. 远端万向锁定接骨板治疗不稳定性桡骨远端骨折[J]. *浙江中西医结合杂志*,2017,27(9):773-775.
- [37] Calbiyik M, Ipek D. Use of Different Methods of Intramedullary Nailing for Fixation of Distal Radius Fractures: A Retrospective Analysis of Clinical and Radiological Outcomes[J]. *Med Sci Monit*,2018,24:377-386.
- [38] Calbiyik M. Fixation of unstable distal radius fractures by using expandable intramedullary nailing system in adult patients[J]. *Pak J Med Sci*,2018,34(1):198-203.
- [39] Lutsky K, Boyer MI, Steffen JA, et al. Arthroscopic assessment of intra-articular distal radius fractures after open reduction and internal fixation from a volar approach[J]. *J Hand Surg Am*,2007,33(4):476-484.
- [40] Ono H, Furuta K, Fujitani R, et al. Distal radius fracture arthroscopic intraarticular displacement measurement after open reduction and internal fixation from a volar approach[J]. *J Orthop Sci*,2010,15(4):502-508.
- [41] Burnier M, Riquier ML, Herzberg G. Treatment of intra-articular fracture of distal radius fractures with fluoroscopic only or combined with arthroscopic control: A prospective tomodensitometric comparative study of 40 patients[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2018, 104(1):89-93.
- [42] Swart E, Tang P. The effect of ligament injuries on outcomes of operatively treated distal radius fractures[J]. *Am j orthop*, 2017,46(1):E41-E46.
- [43] Yukio A, Kenzo F, Takeyoshi F. Midterm results after open versus arthroscopic transosseous repair for foveal tears of the triangular fibrocartilage complex[J]. *J wrist surg*,2018,7(4):292-297.
- [44] Wichlas F, Haas NP, Disch A, et al. Complication rates and reduction potential of palmar versus dorsal locking plate osteosynthesis for the treatment of distal radius fractures[J]. *J Orthop Traumatol*, 2014, 15 (4):259-264.
- [45] Arora R, Lutz M, Hennerbichler A, et al. Complications following internal fixation of unstable distal radius fracture with a palmar locking-plate[J]. *J Orthop Trauma*,2007,21(5):316-322.
- [46] Asadollahi S, Keith PA. Flexor tendon injuries following plate fixation of distal radius fractures: a systematic review of the literature[J]. *J Orthop Traumatol*,2013,14(4):227-234.
- [47] Lutz K, Yeoh KM, MacDermid JC, et al. Complications associated with operative versus nonsurgical treatment of distal radius fractures in patients aged 65 years and older[J]. *J Hand Surg Am*,2014,39(7):1280-1286.
- [48] Gallucci GL, Pacher N, Boretto JG, et al. Bilateral rupture of the extensor pollicis longus tendon. A case report[J]. *Chirurgie de la Main*,2013,32(3):186-188.
- [49] Abrego MO, De Cicco FL, Boretto JG, et al. Extensor tendons rupture after volar plating of distal radius fracture related to a dorsal radial metaphyseal bone spur[J]. *Case Rep Orthop*,2018,2018:8351205.
- [50] Devaux N, Henning J, Haefeli M, et al. The retinaculum flap for dorsal fixation of distal radius fractures[J]. *J Hand Surg*,2018,43(4) : 391.e1-391.e7.

(收稿: 2018-10-01 发表: 2019-07-31)