

上肢骨折的微创治疗

许硕贵

(上海长海医院骨科, 上海 200433 E-mail: bonexu@139.com)

关键词 上肢骨折; 微创外科手术; 髓内固定; 关节镜

中图分类号: R683.41

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2023.07.001

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Minimally invasive treatment of upper limb fractures

XU Shuo-gui (Department of Orthopaedics, Changhai Hospital, Shanghai 200433, China E-mail: bonexu@139.com)

KEYWORDS Upper limb fracture; Minimally invasive surgical procedures; Intramedullary fixation; Arthroscopy



外科手术微创化已成为现代医学发展的重要趋势,随着近年来多学科交叉领域的关注度不断提高,越来越多的科技创新,如内镜技术、计算机模拟、3D 打印、人工智能等被引入医学领域,使得微创外科不再局限于切口大小,而是从基本的手术策略实现颠覆性创

新。本期的 4 篇文章,有 3 篇与克氏针固定相关^[1-3],克氏针固定一直以来都是骨科微创治疗的常用手段;另外 1 篇涉及肱骨髁间骨折术后关节僵硬的并发症^[4],是否微创也是重要影响因素之一。上肢骨折由于解剖相对复杂,手、肘的精细活动对关节复位的精度要求也更高,微创技术的发展更需要学科交叉引领下的基本手术策略的创新应用,本文结合国内外的最新进展做一评述,以期开展上肢骨折微创治疗新方法新技术提供参考与帮助。

1 髓内固定技术

髓内固定技术在胫骨、股骨等下肢长骨骨折的治疗中已有广泛的应用,其髓内轴向固定的原理天然具备更好的生物力学稳定性,同时契合闭合复位生物学固定的要求,避免手术暴露对骨折周围的软组织二次损伤,最大程度上保护了局部骨膜下的残存血供,尤其是在严重粉碎或过度肥胖的病例中,髓内钉提供了更加安全、高效、微创的内固定选择^[5]。而目前上肢骨折的治疗仍以钢板螺钉系统为主,但已有越来越多的学者尝试髓内固定并取得了满意的效果。肱骨近端和干部骨折是相对成熟的应用方向,国内外钢板与髓内钉治疗的对比研究甚多^[6-9],多数结果显示力学稳定性和骨愈合时间方面髓内钉

具有优势。但仍应注意其存在的并发症,包括进针点的位置和深度不佳导致继发性肩袖损伤、肩峰撞击综合征,闭合复位过程中或扩髓置钉粗暴引起的医源性骨折和神经血管损伤等^[6-7]。针对第 1、2 代顺行髓内钉常见的肩袖损伤问题,第 3 代直钉通过内移进针点设计大大改善了肩部僵硬、疼痛等术后不适症状^[10],同时也给予肱骨近端骨折更好的外侧壁完整性和稳定性^[11-12]。针对远端锁钉置钉困难的问题,TYLLIANAKIS 等^[13]提出非锁钉,通过增加 1~2 cm 主钉长度,获得一定的远端稳定性,足以维持早期功能锻炼所需要的抗旋转力。肱骨干逆行髓内钉可以最大程度避免肩袖损伤,保证肩关节的功能,但易在肱骨髁上造成医源性骨折,同时还有肱骨三头肌腱慢性炎症、肘关节功能障碍等问题^[9]。HOLLISTER 等^[14]采用改良的鹰嘴窝顶进针,不涉及关节软骨,对肘关节功能影响较小。此外,尺桡骨干部骨折、桡骨远端骨折、尺骨鹰嘴骨折均有髓内钉治疗的相关报道^[3,5,15-17],尤其是尺桡骨多段骨折,髓内固定优势较大,传统钢板需要大范围的切开暴露,同时对骨膜下血供造成破坏,骨愈合不良发生率高,髓内固定在操作上更便捷高效,在减少术中出血和手术时间的同时,显著降低术后感染风险,手术切口小、瘢痕轻,符合现代外科手术对微创、美观、快速康复的要求^[8-9,15-17]。尽管不乏成功的临床报道,但目前该类研究普遍存在样本量少、随访时间短以及一些方法学的不足,导致证据等级偏低,相较于传统成熟的钢板内固定系统,髓内固定在上肢骨折治疗中的循证医学差异或优势,还有待更多大样本前瞻性试验研究所证实^[7,18-19]。

2 关节镜技术

关节内骨折的关节镜辅助治疗越来越受到重视,这类骨折往往伴有有关节囊、韧带、软骨等组织的

合并损伤,术前影像学诊断可能难以完整评估损伤状态。相较其他部位而言,关节镜在上肢骨折诊疗中的应用较晚,但目前已有文献报道,在肩部(肱骨大结节)^[20]、肘部(桡骨小头骨、尺骨冠状突、肱骨小头)^[21-23]、腕部(桡骨远端)^[24]骨折的治疗中,关节镜可提供更好的关节内视野,大大提高复位质量的同时减少不必要的软组织损伤。此外,相应的软骨损伤、关节内游离体和关节周围韧带损伤也可以一并得到妥善处理。ZHANG 等^[23]尝试利用关节镜替代切开复位治疗肱骨小头和滑车骨折,减少软组织和肌腱附着点的剥离暴露,随访 8 年疗效满意。LIAO 等^[25]在治疗肱骨大结节骨折时比较关节镜下双排钉和传统切开复位内固定之间的差异,发现 $3\text{ cm} \times 3\text{ cm}$ 的大结节骨块更适合关节镜下治疗,虽然手术时间较长,但患者术后可以获得更大的肩关节屈伸和外展功能。而较大的肱骨大结节骨块也可以选择关节镜辅助钢板内固定治疗^[26]。KASTENBERGER 等^[27]利用腕关节镜辅助治疗桡骨远端骨折,尤其是关节面存在超过 2 mm 台阶或 Dia-punch 压缩骨块的患者,能够直视下完成关节面复位和固定,同时评估整个腕肘关节、三角韧带复合体等重要合并伤情。关节镜辅助下的骨折手术能否获益与骨折类型和术者技术均密切相关。但也有学者在桡骨远端骨折的回顾性研究中发现^[28],除了使用止血带时间以外,是否使用关节镜辅助对桡骨远端关节面的复位质量并没有显著的差异。值得注意的是,由于关节镜手术的学习曲线,创伤医生需要对于局部神经血管解剖和关节镜技术有充分的掌握,同时还应对骨折类型、损伤特点充分评估,才能使患者真正受益。

3 计算机辅助技术

计算机辅助外科技术是交叉学科的代表性前沿技术,主要包括术前设计与规划、术中导航等^[29-30]。杨昆等^[31]开发了一种基于深度学习的计算机辅助诊断系统,能够更加精准地识别出掌指骨骨折区域。林金河等^[32]采用计算机辅助设计结合手术治疗 24 例复杂浮肩损伤,术前行 CAD 模拟复位,建立肩部骨折损伤模型及复位后的模型,可依据不同病情及模拟结果制定个体化、精确化手术方案。贾小阳等^[33]用计算机辅助术前规划系统微创治疗肱骨近端骨折,手术时间和术中出血量得到明显降低。经皮置钉则是计算机辅助术中导航的经典应用,传统经皮螺钉技术需要基于透视的二维图像来确定螺钉的进针点、方向和深度,即便 C 形臂 X 线机在术中多角度透视,仍难以保证螺钉置入轨迹的空间准确性,手术时间长、辐射暴露高且存在误伤周围重要组织的可能。以上肢骨折中应用最为广泛的腕舟状骨骨折为

例,由于腕舟骨复杂独特的解剖形状,脆弱的血供和骨坏死风险,以及表面 80% 软骨覆盖,使得经皮螺钉固定具有重要意义。计算机辅助导航系统主要包括术前影像数据的三维重建分析、理想置钉位置的空间坐标标记,术中引导和实时安全性保护。其中术中引导可采用导板引导、可视激光引导或机械臂引导,可视激光引导对设备要求较低,可以在常规 C 形臂 X 线机上加载定位匹配与激光发射装置,就可以灵活实现术中定位导航,尤其适用于基层医院或者移动急救机构^[34-35]。机械臂引导能够给予更高的定位导航精度,同时提供人手难以达到的稳定性和扭矩,因此在骨折复位机器人中更具优势^[36]。FANG 等^[37]将机器人导航应用于治疗微小移位的腕钩骨骨折。YI 等^[38]将关节镜与手术机器人结合治疗经舟骨月骨周围脱位,保证精准复位的同时利用机器人机械臂经皮微创固定舟骨骨折,疗效满意。此外,在髓内钉锁钉置入^[29]、细胞精准注射治疗骨不连^[39]等案例中也能够看到计算机辅助技术的出色表现,极大地推动了微创技术在上肢骨折治疗中的发展与应用。

4 在计算机模拟基础上的 3D 打印技术

3D 打印技术是在计算机模拟的基础上,将复杂的影像学数据快速打印成实体模型,为治疗提供了更为直观的、全方位的参考和指导,尤其在骨与关节损伤的治疗中具有较大优势。已有国内外研究者利用 3D 打印构建高精度上肢骨折模型,帮助术者制定个体化方案,如锁骨、肱骨近端锁定钢板的预弯^[40],缩短微创置钉置板的时间,提高手术效率。有研究发现术前 1 d 使用桡骨远端骨折的 3D 打印模型进行手术规划,不仅能缩短手术时间,还可能影响手术方案和内固定的选择^[41]。荣存敏等^[42]利用 3D 打印导板辅助经皮内固定治疗腕舟骨骨折,相对于计算机导航,3D 打印导板对术中设备要求低,操作简便。杨立勋等^[43]在 3D 打印导板引导下完成喙突骨折治疗,置钉准确,疗效满意。此外 3D 打印的截骨导板能够辅助肘内翻畸形、桡骨远端骨折畸形愈合的截骨手术,明显减少手术时间、出血量并获得更为理想的术后矫形效果^[44]。3D 打印导板存在的主要问题是缺乏术中实时匹配修正机制,术前设计导板容易因术中体位、呼吸、关节活动等因素影响精准度。3D 打印的另一个主要应用是个体化外固定支架^[45-47],在计算机模拟复位的基础上,3D 打印的外固定支架能够通过调整预先置入螺纹钢钉的位置实现骨折的间接复位,再根据皮肤软组织的轮廓和支架固定的强度要求,在重量与强度之间进行平衡优化,打印出个体化的环形镂空支架^[48]。尽管目前该技术需要 2~3 d 以上的设计和打印时间,但通过优化

设计和制造流程,可以减少设计和制造的总时间。此外作为一种无需更换内固定的终极治疗,其更为适用于有广泛软组织损伤或由于合并症短期无法接受手术治疗的严重创伤患者。

当前骨折的微创治疗正处于研究的热点,越来越多新技术的跨学科发展带来了更多的可能性,也给临床医生的知识储备提出了更高的挑战。新技术本身不是为了微创独立存在的,手术的最终目的仍旧是患者安全并快速地恢复健康,充分理解并掌握微创技术的同时,还需要对患者的年龄、骨量、功能需求、认知状态等充分考量评估,才能使患者真正从微创技术中获益。纵观近些年的相关文献报道,相较于下肢、骨盆、脊柱等部位,各种微创新技术在上肢骨折中的应用普遍还处于跟随和探索状态,相信接下来会有更多适应证拓展到上肢领域,结合上肢解剖特点和功能需求的微创新技术将大有可为。

参考文献

- [1] 陈嘉如,牟哲飞,郑均炬. 三种克氏针张力带治疗尺骨鹰嘴骨折的临床效果比较[J]. 中国骨伤, 2023, 36(7): 601-606.
CHEN J R, MOU Z F, ZHENG J J. Comparison of the efficacy of three types of Kirschner wire tension bands for ulnar olecranon fracture[J]. China J Orthop Traumatol, 2023, 36(7): 601-606. Chinese.
- [2] 赵惠民,赵光远,宋永生. 不同微创方法治疗第 5 掌骨颈部骨折的疗效分析[J]. 中国骨伤, 2023, 36(7): 607-613.
ZHAO H M, ZHAO G Y, SONG Y S. Analysis of three minimally invasive methods in the treatment of the fifth metacarpal neck fracture[J]. China J Orthop Traumatol, 2023, 36(7): 607-613. Chinese.
- [3] 普布顿顿,扎西平措,旦增欧珠,等. 高海拔地区应用克氏针髓内固定治疗儿童尺桡骨干双骨折的临床疗效[J]. 中国骨伤, 2023, 36(7): 619-622.
PUBU D Z, ZHAXI P C, DANZENG O Z, et al. Clinical effect of Kirschner wire intramedullary fixation in the treatment of pediatric both-bone forearm fractures at high altitude area[J]. China J Orthop Traumatol, 2023, 36(7): 619-622. Chinese.
- [4] 吴长青,华英,刘勇占. 肱骨髁间骨折内固定术后肘关节僵硬的危险因素探讨[J]. 中国骨伤, 2023, 36(7): 614-618.
WU C Q, HUA Y, LIU Y Z. Risk factors of elbow stiffness after open reduction and internal fixation of intercondylar fracture of humerus[J]. China J Orthop Traumatol, 2023, 36(7): 614-618. Chinese.
- [5] HUDSON P W, GULBRANDSEN M T, LIU J N, et al. Percutaneous intramedullary nailing of complex humeral shaft fractures: a retrospective case series[J]. Cureus, 2022, 14(12): e32999.
- [6] WANG Y, CHEN H W, WANG L, et al. Comparison between osteosynthesis with interlocking nail and minimally invasive plating for proximal-and middle-thirds of humeral shaft fractures[J]. Int Orthop, 2021, 45(8): 2093-2102.
- [7] AMER K M, KURLAND A M, SMITH B, et al. Intramedullary nailing versus plate fixation for humeral shaft fractures: a systematic review and meta-analysis[J]. Arch Bone Jt Surg, 2022, 10(8): 661-667.
- [8] 汪志中,刘冠军,王斌. 钢板与髓内钉治疗肱骨近端骨折的研究进展[J]. 广州医科大学学报, 2021, 49(5): 168-172.
WANG Z Z, LIU G J, WANG B. Research progress in the treatment of proximal humeral fracture with steel plate and intramedullary nail[J]. Acad J Guangzhou Med Univ, 2021, 49(5): 168-172. Chinese.
- [9] 夏韶祜,刘世清. 髓内钉治疗成人肱骨干骨折的研究进展[J]. 骨科, 2016, 7(3): 222-224.
XIA S Q, LIU S Q. Research progress in the treatment of adult humeral shaft fractures with intramedullary nails[J]. Orthopedics, 2016, 7(3): 222-224. Chinese.
- [10] LOPIZ Y, GARRIGUEZ-PEREZ D, ROMAN-GOMEZ J, et al. Shoulder problems after percutaneous antegrade intramedullary nailing in humeral diaphyseal fractures using contemporary straight third-generation nail[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2023: S1058-S2746(23)00389-0.
- [11] CONGIA S, PALMAS A, MARONGIU G, et al. Is antegrade nailing a proper option in 2-and 3-part proximal humeral fractures[J]. Musculoskelet Surg, 2020, 104(2): 179-185.
- [12] BOILEAU P, D'OLLONNE T, BESSIERE C, et al. Displaced humeral surgical neck fractures: classification and results of third-generation percutaneous intramedullary nailing[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2019, 28(2): 276-287.
- [13] TYLLIANAKIS M, TSOUMPOS P, ANAGNOSTOU K, et al. Intramedullary nailing of humeral diaphyseal fractures. Is distal locking really necessary[J]. Int J Shoulder Surg, 2013, 7(2): 65-69.
- [14] HOLLISTER A M, SAULSBURY C, ODOM J L, et al. New technique for humerus shaft fracture retrograde intramedullary nailing[J]. Tech Hand Up Extrem Surg, 2011, 15(3): 138-143.
- [15] RICCIO A I, BLUMBERG T J, BALDWIN K D, et al. Intramedullary ulnar fixation for the treatment of monteggia fracture[J]. JBJS Essent Surg Tech, 2021, 11(2): e19.00076.
- [16] ARGINTAR E, COHEN M, EGLSEDER A, et al. Clinical results of olecranon fractures treated with multiplanar locked intramedullary nailing[J]. J Orthop Trauma, 2013, 27(3): 140-144.
- [17] JORDAN R W, SAITHNA A. Defining the role of intramedullary nailing for fractures of the distal radius: a systematic review[J]. Bone Joint J, 2015, 97-B(10): 1370-1376.
- [18] OUYANG H B, XIONG J, XIANG P, et al. Plate versus intramedullary nail fixation in the treatment of humeral shaft fractures: an updated meta-analysis[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2013, 22(3): 387-395.
- [19] ZARKADIS N J, EISENSTEIN E D, KUSNEZOV N A, et al. Open reduction-internal fixation versus intramedullary nailing for humeral shaft fractures: an expected value decision analysis[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2018, 27(2): 204-210.
- [20] KOKKALIS Z T, PAPANIKOS E, BAVELOU E, et al. Arthroscopic reduction and fixation of greater tuberosity fractures of the humerus[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2021, 31(6): 1055-1060.
- [21] FRAM B R, SEIGERMAN D A, ILYAS A M. Coronal shear fractures of the distal humerus: a review of diagnosis, treatment, and outcomes[J]. Hand, 2021, 16(5): 577-585.
- [22] TOMORI Y, NANNI M, SONOKI K, et al. Surgical outcomes of coronal shear fracture of the distal humerus in elderly adults[J]. J Nippon Med Sch, 2022, 89(1): 81-87.
- [23] ZHANG Y Y, CHANG N, ATHWAL G S, et al. Arthroscopic reduction and internal fixation of capitellar and trochlear fractures: a case series[J]. Shoulder Elbow, 2023, 15(1): 75-81.

- [24] MIRARCHI A J, NAZIR O F. Minimally invasive surgery: is there a role in distal radius fracture management[J]. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2021, 14(1):95-100.
- [25] LIAO W X, ZHANG H, LI Z L, et al. Is arthroscopic technique superior to open reduction internal fixation in the treatment of isolated displaced greater tuberosity fractures[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2016, 474(5):1269-1279.
- [26] SUN Q, GE W, LI G, et al. Plate fixation versus arthroscopic-assisted plate fixation for isolated medium-sized fractures of the greater tuberosity: a retrospective study[J]. *Orthop Surg*, 2020, 12(5):1456-1463.
- [27] KASTENBERGER T, KAISER P, SCHMIDLE G, et al. Arthroscopic assisted treatment of distal radius fractures and concomitant injuries[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2020, 140(5):623-638.
- [28] SAAB M, WUNENBURGER P E, GUERRE E, et al. Does arthroscopic assistance improve reduction in distal articular radius fracture? A retrospective comparative study using a blind CT assessment[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2019, 29(2):405-411.
- [29] OBERTHUR S, SEHMISCH S, WEISER L, et al. Does navigation still have a value in trauma surgery[J]. *Orthopädie(Heidelb)*, 2022, 51(9):719-726.
- [30] 尤微, 王大平, 刘黎军, 等. 三维数字规划在肱骨近端骨折手术治疗中的应用研究[J]. *中华临床医师杂志(电子版)*, 2014, 8(7):1243-1247.
- YOU W, WANG D P, LIU L J, et al. The application of digital orthopedic 3D visualization technology in preoperative planning of the proximal humeral comminuted fracture[J]. *Chin J Clin Electron Ed*, 2014, 8(7):1243-1247. Chinese.
- [31] 杨昆, 罗萍, 吕一品, 等. 一种基于 GA_Faster R-CNN 的掌指骨折计算机辅助诊断系统[J]. *河北大学学报(自然科学版)*, 2021, 41(4):412-418.
- YANG K, LUO P, LYU Y P, et al. A computer aided diagnosis system for metacarpal and phalangeal fracture based on GA_Faster R-CNN[J]. *J Hebei Univ Nat Sci Ed*, 2021, 41(4):412-418. Chinese.
- [32] 林金河, 姚小涛, 刘晖, 等. 计算机辅助设计结合手术治疗复杂浮肩损伤疗效观察[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2020, 35(5):527-529.
- LIN J H, YAO X T, LIU H, et al. Observation on the curative effect of computer-aided design combined with surgery in the treatment of complex floating shoulder injury[J]. *Chin J Bone Jt Inj*, 2020, 35(5):527-529. Chinese.
- [33] 贾小阳, 陈雁西. 计算机辅助技术在肱骨近端骨折治疗中的应用[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2016, 18(4):365-368.
- JIA X Y, CHEN Y X. Application of computer-aided techniques in treatment of proximal humeral fractures[J]. *Chin J Orthop Trauma*, 2016, 18(4):365-368. Chinese.
- [34] JIANG Y, WANG H R, WANG P F, et al. The Surgical Approach Visualization and Navigation (SAVN) System reduces radiation dosage and surgical trauma due to accurate intraoperative guidance[J]. *Injury*, 2019, 50(4):859-863.
- [35] HE B, XU C, MAO Y, et al. A novel navigation system to guide metallic foreign body extraction[J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2016, 11(11):2105-2110.
- [36] BAIL, YANG J X, CHEN X H, et al. Medical robotics in bone fracture reduction surgery: a review[J]. *Sensors*, 2019, 19(16):3593.
- [37] FANG J, ZHU H, ZHENG D W, et al. Treatment of the hook of hamate fracture with robot navigation: a note on technique[J]. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2022, 56(4):296-299.
- [38] YI Z, QI W Y, CHEN S L, et al. A novel mini-invasive technique of arthroscopic-assisted reduction and robot-assisted fixation for transscaphoid perilunate fracture dislocations[J]. *Orthop Surg*, 2023, 15(4):1203-1209.
- [39] ZHANG H Y, XIA D M, WU J H, et al. Analysis of curative effect of percutaneous autologous bone marrow cell transplantation for treating nonunion under laser positioning and navigation guidance[J]. *Mat Express*, 2021, 11(1):133-141.
- [40] JEONG H S, PARK K J, KIL K M, et al. Minimally invasive plate osteosynthesis using 3D printing for shaft fractures of clavicles: technical note[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2014, 134(11):1551-1555.
- [41] SAMAILA E M, NEGRI S, ZARDINI A, et al. Value of three-dimensional printing of fractures in orthopaedic trauma surgery[J]. *J Int Med Res*, 2020, 48(1):300060519887299.
- [42] 荣存敏, 王芳, 栗威, 等. 3D 打印导板辅助经皮腕舟骨骨折内固定治疗[J]. *中华手外科杂志*, 2022, 38(2):136-139.
- RONG C M, WANG F, LI W, et al. Clinical application of percutaneous internal fixation assisted by 3D printing guide plate for the treatment of scaphoid fracture[J]. *Chin J Hand Surg*, 2022, 38(2):136-139. Chinese.
- [43] 杨立勋, 张文东, 高红伟, 等. 3D 打印导板指导喙突骨折螺钉精准置入 1 例[J]. *临床骨科杂志*, 2022, 25(6):872.
- YANG L X, ZHANG W D, GAO H W, et al. Three-dimensional printed navigation template assisted screw precise placement for coracoid process fracture in a case[J]. *J Clin Orthop*, 2022, 25(6):872. Chinese.
- [44] 曾纪焕, 李小丹, 肖强, 等. 3D 打印导板辅助成人肘内翻畸形截骨矫正[J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29(13):1185-1189.
- ZENG J H, LI X D, XIAO Q, et al. 3D printed guider assisted osteotomy for correction of cubitus varus deformity in adult[J]. *Orthop J China*, 2021, 29(13):1185-1189. Chinese.
- [45] O'CONNOR H A, ADAMS L W, MACFADDEN L N, et al. 3D printed orthopaedic external fixation devices: a systematic review[J]. *3D Print Med*, 2023, 9(1):15.
- [46] QIAO F, LI D C, JIN Z M, et al. Application of 3D printed customized external fixator in fracture reduction[J]. *Injury*, 2015, 46(6):1150-1155.
- [47] 梁达权, 梁家信, 邓柱安. 利用 3D 打印技术打印外固定支架在急诊外伤救治中的应用研究[J]. *中国实用医药*, 2020, 15(31):75-77.
- LIANG D Q, LIANG J X, DENG Z. Application of 3D printing technology to print external fixator in emergency trauma treatment[J]. *China Pract Med*, 2020, 15(31):75-77. Chinese.
- [48] WU J H, ZHOU P Y, ZHANG Y T, et al. A new technology using a customized 3D printed fixator to assist fracture reduction and fixation: technical note[J]. *Int J Med Robot*, 2021, 17(4):e2270.

(收稿日期:2023-07-01 本文编辑:王玉蔓)