

• 临床研究 • doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2024.02.006

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20240116.1314.004\(2024-01-16\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20240116.1314.004(2024-01-16))

3D 打印外置模具辅助下微创治疗桡骨远端骨折的疗效观察^{*}

于晓飞¹, 于亚东¹, 邵新中¹, 李楠^{2△}

(河北医科大学第三医院:1. 手外科;2. 神经肌肉病科, 石家庄 050051)

[摘要] **目的** 探讨 3D 打印外置模具辅助下接骨板螺钉外固定微创治疗桡骨远端骨折的治疗效果。**方法** 回顾性分析 2019 年 6 月至 2021 年 5 月采用 3D 打印外置模具辅助下接骨板螺钉外固定治疗桡骨远端骨折并获得随访的 15 例患者的临床及随访资料。采用标准正、侧位 X 线片测量术前、术后即刻及术后两年的掌倾角、尺偏角、桡骨长度;测角器测量术后两年腕关节屈曲活动度、背伸活动度;握力计测量术后两年手的握力;视觉模拟量表(VAS)评分评价术前、术后两年腕关节疼痛情况;Gartland-Werley 评分评价术后两年腕关节功能恢复。**结果** 所有患者随访 24.0~33.0 个月,平均 26.5 个月。术后两年 Gartland-Werley 评分优 12 例,良 2 例,可 1 例,腕关节屈曲活动度为 $(52.0 \pm 11.7)^\circ$,腕关节背伸活动度为 $(65.0 \pm 4.8)^\circ$,患者患侧握力为健侧的 $(84.0 \pm 4.2)\%$ 。与术前比较,术后两年患者掌倾角、尺偏角、桡骨短缩值及 VAS 评分均明显改善($P < 0.05$);术后即刻的影像学参数(掌倾角、尺偏角、桡骨短缩)与术后两年比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 3D 打印外置模具辅助下接骨板螺钉外固定微创治疗桡骨远端骨折具有可个性化接骨板螺钉、精准制导位置角度、微创、对皮肤软组织条件要求低、取出容易等优势,固定可靠且关节功能恢复良好,短期随访疗效满意。

[关键词] 桡骨远端;临床效果;3D 打印;外固定;骨折

[中图分类号] R687.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2024)02-0188-05

Observation on curative effect of minimally invasive treatment assisted with auxiliary 3-dimensional printing external mold in distal radius fracture^{*}

YU Xiaofei¹, YU Yadong¹, SHAO Xinzong¹, LI Nan^{2△}

(1. Department of Hand Surgery; 2. Department of Neuromuscular Disease, Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang, Hebei 050051, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the curative effect of bone plate screw external fixation minimally invasive treatment assisted with 3-dimensional printing extraposition mold in distal radius fractures. **Methods** The clinical and follow up data in 15 cases of distal radius fractures treated by bone plate screw external fixation minimally invasive treatment assisted with 3-dimensional printing extraposition mold were retrospectively analyzed. The volar inclination angle, ulnar deviation angle, radius length at the time of before surgery, immediately after surgery, and 2 years after surgery were measured, by using standard anteroposterior and lateral X-ray films, as well as the wrist joint flexion extension motion and dorsal extension motion at the time of 2 years after surgery were measured by using protractor. The grip strength of the hand 2 years after surgery was measured by using grip strength meter. Visual Analog Scale (VAS) score was used to evaluate the pain level or wrist joint before and 2 years after surgery; Gartland Werley score was used to evaluate the wrist joint function 2 years after surgery. **Results** The follow-up lasted for 24.0—33.0 months with an average of 26.5 months. The Gartland-Werley scores were excellent in 12 cases, good in 2 cases and fair in 1 case 2 years after surgery. The wrist joint flexion motion was $(52.0 \pm 11.7)^\circ$, the wrist joint dorsal extension motion was $(65.0 \pm 4.8)^\circ$, the grip strength of the affected side was $(84.0 \pm 4.2)\%$ of the healthy side. Compared with before operation, the volar inclination angle, ulnar deviation angle and radius shortening value and VAS score up were significantly improved 2 years after surgery ($P < 0.05$), and there was no statistically significant difference in immediately after surgery imaging parameters (volar inclination angle, ulnar deviation angle and radius shortening) immediately after surgery compared to 2 years after surgery ($P > 0.05$). **Conclusion** The bone plate screw external fixation minimally invasive treatment assisted with 3-dimensional printing extraposition mold in distal radius fractures has the advantages of individualized bone plate screw, precision guidance

^{*} 基金项目:河北省重点研发计划项目(21377741D)。 [△] 通信作者, E-mail: nannan19850305@126.com。

position angle,minimal invasion,low demand for skin and soft tissue condition and easy taking out. The fixation is reliable and the joint function recovered well and the short follow up effect is satisfactory.

[Key words] distal radius;clinical effect;3-dimensional printing;external fixation;fracture

桡骨远端骨折是骨科和急诊科临床中最常见的骨折之一,其发病率占上肢骨折的 25%~50%^[1],在成年人所有骨折中约占 17.5%^[2]。腕关节活动频率高,功能要求高,治疗不当易导致腕关节慢性疼痛和僵硬,严重影响腕关节和手部的功能,因此,良好的骨折复位是恢复腕关节和手功能的关键^[3]。对于合并软组织严重损伤的闭合性桡骨远端骨折,局部软组织条件差,不适合进行切开复位内固定术;而传统外固定架则占据较大空间并限制了早期的功能锻炼^[4]。为此,作者利用 3D 打印技术辅助以寻求更加微创及精准的外固定治疗方法。本研究回顾性分析了 3D 打印外置模具辅助下接骨板螺钉外固定微创治疗 15 例桡骨远端骨折患者的临床资料,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2019 年 6 月至 2021 年 5 月采用 3D 打印外置模具辅助下接骨板螺钉外固定微创治疗并获得随访的 15 例桡骨远端骨折患者,其中男 9 例,女 6 例;年龄 19~61 岁,平均 39.3 岁。受伤原因为交通事故 9 例,坠落伤 5 例,击打伤 1 例。左手 11 例,右手 4 例;根据国际内固定研究学会(AO/ASIF)分型,A2 型(桡骨远端骨折,无粉碎,嵌插)8 例,A3 型(关节外桡骨远端骨折,粉碎,嵌插)5 例,B2 型[桡骨远端背侧缘骨折(背侧 Barton 骨折)]1 例,C1 型[关节内简单骨折(2 块),无干骺端粉碎性骨折]1 例,均为闭合型骨折,伴或不伴有腕掌侧软组织损伤。其中,掌侧软组织大面积挫伤 8 例,烧烫伤 3 例。受伤至手术时间 1~7 d,平均 3 d。纳入标准:(1)年龄>18 岁;(2)明确诊断为 AO/ASIF 分型 A、B、C1 型骨折;(3)桡骨远端骨折发生<14 d;(4)受伤腕部为单侧骨折且同侧肢体无其他伴随骨折;(5)经 3D 打印外置模具辅助下接骨板螺钉外固定微创治疗,并有完整的随访数据。排除标准:(1)陈旧性骨折;(2)不能解剖复位的严重粉碎性骨折,如 AO/ASIF 分型 C2、C3 型;(3)同时存在类风湿性关节炎或全身骨科系统疾病;(4)失访或数据不完整。患者详细资料见表 1。本研究已获得本院伦理委员会审核批准(审批号 KS2022-027-1)。

1.2 方法

1.2.1 体外固定模具的制作

所有患者术前均行标准腕关节正位和侧位 X 线片检查(图 1A、B),根据术前骨折部位 CT 平扫+三维重建及动静脉血管造影检查,采集相关数据,设计并制作个性化接骨板及带有接骨板固定卡槽的体外固定模具,精确制导螺钉的位置和角度。所有患者术前均抬高患肢,常规应用消肿药,防止局部软组织严重水肿。

表 1 患者一般资料

病例序号	性别	年龄(岁)	受伤原因	AO/ASIF 分型
1	男	19	坠落伤	A2
2	男	37	交通事故	A2
3	女	36	交通事故	A3
4	女	56	交通事故	A2
5	女	61	击打伤	A2
6	男	25	坠落伤	A3
7	男	55	交通事故	C1
8	男	37	交通事故	A3
9	女	39	交通事故	B2
10	男	40	交通事故	A2
11	男	36	坠落伤	A3
12	女	32	坠落伤	A2
13	男	39	交通事故	A2
14	男	37	交通事故	A3
15	女	40	坠落伤	A2

1.2.2 手术方法

患者取仰卧上肢外展位(图 1C、D),全身或臂丛神经阻滞麻醉,在气囊止血带下手术。将个性化 3D 打印模具套入腕关节背侧,边套入,边根据骨折移位类型及程度,手法复位骨折断端。将 3D 打印模具精确安放使之贴附于腕背侧皮肤,注意保护腕掌侧软组织以防模具边缘划伤。一位助手维持复位并稳定模具,术者将个性化设计的接骨板牢固安置于模具背侧的卡槽内(图 1E),固定牢固后,经接骨板远近端锁定孔,分别打入一枚 1.5 mm 克氏针(图 1F),维持复位。术中 C 型臂 X 射线透视检查复位后的桡骨长度、下尺桡关节台阶、掌倾角和尺偏角,若复位不满意,可用克氏针经皮翘拔出,直至获得满意复位。于近端滑动孔处下方对应皮肤做 2~3 mm 小切口,分离至骨质,打入 1 枚螺钉,后于桡骨远端相对稳定的中间柱处打入 2 枚螺钉,C 型臂 X 射线再次透视,确认位置良好后,拔出临时固定克氏针,置入剩余螺钉(图 1G、H)。在置入螺钉过程中需注意钻头穿出掌侧皮质时不可过快,以免损伤掌侧肌腱及神经。再次透视满意后拆除 3D 打印模具留下接骨板螺钉外固定装置(图 1I、J)。

1.2.3 术后处理

术后 2~3 d 进行一次钉道护理。术后腕关节掌侧夹板保护性固定两周,术后 24 h 行非固定关节(掌指关节和指间关节)的主被动功能锻炼。两周拆除腕关节掌侧夹板后,行腕关节主动屈伸及旋转练习,以不感疼痛为佳。6~12 周骨折愈合后,行腕关节持重练习。定期复查 X 线片(图 1K、L),确定骨折愈合后拆除接骨板螺钉外固定系统。

1.3 观察指标

采用标准正侧位 X 线片测量术前、术后即刻及术后两年掌倾角、尺偏角、桡骨长度并根据桡骨长度计

算桡骨短缩值(桡骨短缩值=健侧桡骨长度-患侧桡骨长度);量角器测量术后两年腕关节屈曲活动度、背伸活动度(图 1M~P);握力计测量患者术后两年手的握力;视觉模拟量表(visual analogue scale,VAS)评分评价术前、术后两年腕关节疼痛情况,Gartland-

Werley 评分评价术后两年腕关节功能恢复,Gartland-Werley 评分分为优(0~2 分)、良(3~8 分)、可(9~20 分)、差(≥ 21 分)4 个等级^[5]。测量工作由两位具有外科学中级职称以上的人员独立进行,连续测量 3 次,取平均值。



11 号患者,男,36 岁,烫伤及坠落伤致右桡骨远端骨折,采用 3D 打印外置模具辅助下接骨板螺钉外固定微创治疗。A、B:术前正、侧位 X 线片;C、D:术前腕部外观图,右腕部及右手鱼际区广泛软组织烫伤,表皮剥脱;E:术中外固定模具套于腕部,接骨板放置在预制的凹槽中;F:克氏针临时固定并透视确认接骨板位置;G、H:置入螺钉完成固定;I、J:术后大体观;K、L:术后正、侧位 X 线片;M~P:术后两年腕关节屈曲背伸功能及桡偏尺偏活动展示。

图 1 典型病例手术过程及随访

1.4 统计学处理

采用 SPSS21.0 软件分析数据,符合正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,比较采用 t 检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 腕关节功能及并发症结果

15 例患者术后随访 12.0~33.0 个月,平均 26.5 个月。术后 X 线片及 CT 影像学随访显示骨折均骨性愈合,平均 8.5 周(6.0~12.0 周)拆除外固定接骨板螺钉系统;术后两年时 Gartland-Werley 评分优 12 例,良 2 例,可 1 例,优良率 93.3%,腕关节屈曲活动度为 $(52.0 \pm 11.7)^{\circ}$,腕关节背伸活动度为 $(65.0 \pm 4.8)^{\circ}$,患侧握力为健侧的 $(84.0 \pm 4.2)\%$;15 例患者中有 2 例发生并发症,发生率为 13.3%(2/15),其中钉道感染 1 例,复杂区域疼痛综合征 1 例,无内固定相关问题(接骨板突出、螺钉过长或穿透)、肌腱断裂和神经损伤等其他并发症的发生。

2.2 术前、术后影像学参数及 VAS 评分比较

与术前比较,术后两年掌倾角、尺偏角、桡骨短缩值及 VAS 评分均明显改善($P < 0.05$),见表 2。

表 2 术前及术后末次随访影像学参数及 VAS 评分比较($\bar{x} \pm s, n = 15$)

时间	桡骨短缩值 (mm)	掌倾角 ($^{\circ}$)	尺偏角 ($^{\circ}$)	VAS 评分 (分)
术前	6.3 $\pm$ 3.8	7.8 $\pm$ 3.8	15.1 $\pm$ 3.2	4.5 $\pm$ 2.2
术后两年	2.0 $\pm$ 1.1	13.1 $\pm$ 3.2	21.9 $\pm$ 4.6	1.2 $\pm$ 1.1
t	6.433	7.212	5.783	7.432
P	<0.001	<0.001	0.031	<0.001

2.3 术后即刻与术后末次随访的影像学参数比较

术后即刻与术后两年的掌倾角、尺偏角、桡骨短缩值比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 3。

表 3 术后即刻及术后末次随访影像学参数比较($\bar{x} \pm s, n = 15$)

时间	桡骨短缩值(mm)	掌倾角($^{\circ}$)	尺偏角($^{\circ}$)
术后即刻	1.8 $\pm$ 1.0	13.5 $\pm$ 3.5	22.3 $\pm$ 4.5
术后两年	2.0 $\pm$ 1.1	13.1 $\pm$ 3.2	21.9 $\pm$ 4.6
t	0.607	0.191	0.343
P	0.545	0.821	0.733

3 讨 论

对于伴有严重软组织损伤并且不稳定的桡骨远端骨折患者,通常使用外固定装置进行复位后的固定,但传统外固定架往往占据较大空间,限制了腕关节早期的功能锻炼,容易出现感染、复位丢失和神经损伤等并发症^[6-7]。在本研究中,作者使用个体化设计的 3D 打印模具辅助接骨板螺钉外固定微创治疗桡骨远端骨折,精准微创并有效恢复腕关节功能,并发症较少,通过随访的影像学数据、腕关节活动度、腕关

节功能,获得了令人满意的结果。

桡骨远端骨折是指距离桡骨远端骨关节面 3 cm 以内的骨折^[8]。AO/ASIF 分型系统是目前公认的较全面的分类方法,对于手术入路、固定方式和预后评价有很大的指导作用。桡骨远端骨折的治疗应尽可能地恢复关节的解剖结构及关节面的平整,尽量做到解剖复位、相对稳定的内外固定及早期的功能锻炼^[9-11]。经皮外固定术主要用于开放性桡骨远端骨折、关节外骨折、无移位的关节内骨折、严重粉碎性骨折,或伴有桡腕关节或下尺桡关节损伤的关节内骨折,但传统外固定架往往占据较大空间,增加患者的不适感,也无法早期进行腕关节的功能锻炼^[12-14]。切开复位内固定是目前治疗桡骨远端骨折最流行、应用最广泛的方法,可直视下解剖复位骨折断端^[15-16]。但存在手术入路选择要求高,并易出现术后伤口感染、神经肌腱损伤等问题,且需二次手术取出内固定物。

本组 15 例桡骨远端骨折患者均接受 3D 打印模具辅助接骨板螺钉外固定微创治疗,术后的掌倾角、尺偏角、桡骨短缩值及 VAS 评分较术前得到明显改善($P < 0.05$),Gartland-Werley 评分优良率为 93.3%。国内外报道的应用经皮克氏针、传统外固定架及切开复位接骨板内固定术治疗桡骨远端骨折也获得了满意的活动度及腕关节功能^[17-18],BAJWA 等^[19]探索新型的动力外固定架(铰接式聚氨酯环体,经碳纤维杆与可调连接器相连)治疗桡骨远端骨折,在 Gartland-Werley 评分及影像学参数方面表现优异。

HANDOLL 等^[20]纳入了 21 项随机对照试验(RCT),涉及 1 946 例移位和不稳定的成人桡骨远端骨折患者。根据他们的调查,外固定松动、复位丢失和钉道感染是经皮外固定技术常见的并发症,其中需要早期拔出和药物治疗干预的钉道感染发生率平均为 7.7%(0~15%)。本组 15 例患者中有 1 例发生钉道感染,发生率与上述报道相近,及时给予抗生素治疗和局部换药处理后逐步缓解。本研究中对术后即刻与术后两年影像学随访数据,在掌倾角、尺偏角及桡骨短缩值方面差异无统计学意义($P > 0.05$),表明该技术可有效地维持骨折复位的稳定性,未出现复位丢失及固定物松动的情況。

与传统治疗方法比较,本研究采用 3D 打印外置模具辅助下接骨板螺钉外固定微创治疗桡骨远端骨折,具有以下优点:(1)根据术前骨折部位 CT 及三维重建及伤肢血管造影检查,采集相关数据,建立骨折前桡骨远端正常解剖结构模型,设计个性化接骨板并制作背侧带有接骨板固定卡槽的 3D 体外固定模具,实现精确辅助骨折复位及精确制导螺钉的位置和角度;(2)整个内固定系统置入过程中不进行广泛切开及骨折周围软组织剥离,不破坏骨折断端周围血运,利于骨折愈合,尤其适于腕掌背侧软组织条件差,切开复位风险高的闭合型桡骨远端骨折;(3)钢板及螺钉置于体外,术后内固定物取出容易,无需二次手术,

降低患者医疗费用;(4)外固定装置相对较小,对患者日常生活影响较小,可早期进行腕关节功能锻炼。

本研究有以下不足之处:(1)本研究缺乏相关生物力学和运动学的研究;(2)肿胀程度是影响模具放置的主要因素,因此手术应在骨折局部肿胀不严重时及时进行手术,以防止固定卡槽无法准确安放,影响骨折复位及内固定系统的置入;(3)尽管为了减少潜在的测量偏差,所有的数据测量都是由两位独立的评估人员进行,但仍不能完全保证影像学测量的一致性和准确性。

综上所述,应用 3D 打印体外模具辅助下接骨板螺钉外固定微创治疗桡骨远端骨折具有可个性化接骨板及螺钉,精准辅助复位和制导位置角度,微创对皮肤软组织条件要求低,取出容易等优势,固定可靠且关节功能恢复良好,随访疗效满意。

参考文献

[1] MACINTYRE N J,DEWAN N. Epidemiology of distal radius fractures and factors redicting risk and prognosis[J]. J Hand Ther,2016,29(2):136-145.

[2] KYRIAKEDES J C, TSAI E Y, WEINBERG D S,et al. Distal radius fractures:AAOS appropriate use criteria versus actual management at a level I trauma center[J]. Hand,2018,13(2):209-214.

[3] 陈凯奇,林知毅,何达东,等. 经掌侧入路锁定加压钢板固定治疗老年桡骨远端骨折的疗效分析[J]. 实用手外科杂志,2022,36(1):91-94.

[4] POLAT O,TOY S,OZBAY H. Combined plate versus external fixation for distal radius fractures[J]. Acta Ortop Bras,2023,31(spe1):e252977.

[5] LI D,LIU Y,LI D C,et al. Identification of a novel three-column classification for double-column die-punch fractures of the distal radius[J]. Exp Ther Med,2020,19(3):1871-1877.

[6] 李柿樾,卜建文,谢增如. 桡骨远端骨折的治疗进展[J]. 实用手外科杂志,2022,36(1):97-101.

[7] ERICKSON D M,CHANCE D,SCHMITT S,et al. An opinion survey of reported benefits from the use of stereolithographic models[J]. J Oral Maxillofac Surg,1999,57(9):1040-1043.

[8] 殷浩,陈光,李燕,等. 背侧克氏针增强 AO C 型桡骨远端骨折尺背侧骨折块稳定性的有限元分析[J]. 中国组织工程研究,2023,27(31):4921-4925.

[9] 马成才,张琪琪,丁超,等. 桡骨远端骨折内固定

与外固定的比较[J]. 中国矫形外科杂志,2023,31(5):391-395.

[10] WU J,ZHOU F,YANG L,et al. Percutaneous reduction and fixation with kirschner wires versus open reduction internal fixation for the management of calcaneal fractures: a meta-analysis[J]. Sci Rep,2016,6:30480.

[11] 李强,刘国辉,杨述华,等. 掌侧锁定加压钢板治疗桡骨远端 C 型骨折[J]. 临床骨科杂志,2013,16(2):217-218.

[12] 康强军,刘长安,王洪彬,等. 外固定架 I 期治疗老年桡骨远端开放性骨折[J]. 河北医科大学学报,2016,37(11):1327-1330.

[13] ROZENTAL T D,BLAZAR P E,FRANKO O I,et al. Functional outcomes for unstable distal radial fractures treated with open reduction and internal fixation or closed reduction and percutaneous fixation. A prospective randomized trial[J]. J Bone Joint Surg Am,2009,91(8):1837-1846.

[14] 郑上团,吴斗,郝海虎,等. 桡骨远端骨折的治疗进展[J]. 中华骨科杂志,2016,36(5):314-320.

[15] 王国敬,赵红林,李玉峰,等. 应用锁定加压钢板微创治疗桡骨远端 C 型骨折的临床研究[J]. 河北医科大学学报,2013,34(6):692.

[16] ROSENAUER R,PEZZEI C,QUADLBAUER S,et al. Complications after operatively treated distal radius fractures[J]. Arch Orthop Trauma Surg,2020,140(5):665-673.

[17] MIYASHIMA Y,KANESHIRO Y,YANO K,et al. Size and stabilization of the dorsoulnar fragment in AO C3-type distal radius fractures[J]. Injury,2019,50(11):2004-2008.

[18] 曾林如,汤样华,徐灿达,等. 解剖锁定钢板治疗 C3 型桡骨远端骨折[J]. 中华手外科杂志,2014,30(3):226-228.

[19] BAJWA A S,RAMMAPPA M,LEE L,et al. Treatment of unstable distal radius fractures: non-invasive dynamic external fixator versus volar locking plate-functional and radiological outcome in a prospective case-controlled series[J]. SICOT J,2015,1:34.

[20] HANDOLL H H,VAGHELA M V,MADHOK R. Percutaneous pinning for treating distal radial fractures in adults[J]. Cochrane Database Syst Rev,2008(3):CD006080.