

## 3D打印模板技术在桡骨远端C型骨折手术设计中的应用

林慧鑫,李征,余少校,柯于海,曾锦浩,李东扬,张振伟

广州医科大学附属深圳沙井医院手外科,广东 深圳 518104

**【摘要】** 目的 探讨3D打印模板技术在桡骨远端C型骨折手术设计中的应用效果。方法 回顾性分析2015年6月至2018年5月在广州医科大学附属深圳沙井医院手外科行手术治疗的30例桡骨远端C型骨折患者的临床资料,其中,以术前在电脑中利用Mimics 20.0软件先建立骨折3D数字模型,在电脑中通过3D数字模型了解骨折形态并模拟骨折复位,利用3D打印机打印出1:1的骨折实体模板,在实体模板上模拟手术过程并选择合适的钢板及螺钉固定孔位的15例患者纳入实验组;15例通过传统影像学资料了解骨折形态及进行术前设计者纳入对照组。比较两组患者的手术时间、术中出血量和术后腕关节Gartland-Werley评分。结果 30例患者均顺利完成手术,术后伤口I期愈合,所有患者均获得随访,时间为10~18个月,平均约12个月,两组患者均达到骨性愈合;实验组患者的手术时间为(69.00±6.34) min,明显短于对照组的(73.93±6.34) min,术中出血量为(29.67±6.40) mL,明显少于对照组的(35.00±6.27) mL,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );末次随访腕关节功能根据Gartland-Werley评分,实验组优良率为86.67%,略高于对照组的73.33%,但差异无统计学意义( $P>0.05$ )。结论 应用3D打印模板技术辅助进行桡骨远端C型骨折的手术设计比传统的利用影像学资料进行术前设计更加直观、真实,缩短手术时间,减少术中对周围组织不必要的损伤,达到对患者个体化、精确化的治疗。

**【关键词】** 3D打印;桡骨远端;骨折;Mimics软件;三维重建;手术设计

**【中图分类号】** R683.41 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-6350(2020)14-1807-04

**Application of 3D printing technique in the surgical planning of type-C distal radius fractures.** LIN Hui-xin, LI Zheng, YU Shao-xiao, KE Yu-hai, ZENG Jin-hao, LI Dong-yang, ZHANG Zhen-wei. Department of Hand Surgery, Shenzhen Shajing People's Hospital, Guangzhou Medical University, Shenzhen 518104, Guangdong, CHINA

**【Abstract】 Objective** To investigate the effects of the application of 3D printing technique in the surgical planning of type-C distal radius fractures. **Methods** A retrospective analysis was performed on 30 cases of type-C distal radius fractures undergoing surgical treatment in the Department of Hand Surgery, Shenzhen Shajing People's Hospital, Guangzhou Medical University, from June 2015 to May 2018. Among the 30 cases, 15 were divided into experimental group, which applied Mimics 20.0 software to reconstruct 3D digital model of the fracture in computer. The 3D digital model, more information about fracture was obtained and virtual fracture reduction was performed. Then a fracture reduction was simulated on a real-size 3D printing solid model, and the appropriate plate and screw fixing holes was pre-selected. The rest 15 cases were divided into control group, which applied conventional surgical planning by X-ray and CT imaging data. The operation time, intraoperative blood loss, and Gartland-Werley scores were compared between two groups. **Results** Thirty patients were successfully operated with primary wound healing. All cases were followed up from 10 to 18 months postoperatively, with an average of 12 months. The fractures achieved bony union in all groups. The operation time of the experimental group was (69.00±6.34) min, significantly shorter than (73.93±6.34) min of the control group; the intraoperative blood loss of the experimental group was (29.67±6.40) mL, significantly less than (35.00±6.27) mL in the control group; the differences were all statistically significant ( $P<0.05$ ). As of the last follow-up, the excellent and good rate of wrist functional of experimental group was 86.67%, slightly higher than 73.33% in the control group ( $P>0.05$ ). **Conclusion** The application of 3D printing technique in the surgical planning of type-C distal radius fractures is more intuitive than the conventional way, which can lead to shorter operation time, less trauma and achieve personalized and precise treatment.

**【Key words】** 3D printing; Distal radius; Fractures; Mimics software; 3D reconstruction; Surgical planning

桡骨远端C型骨折为完全关节内骨折,常需手术治疗<sup>[1]</sup>,手术要求尽量达到解剖复位,特别是关节面的解剖复位。但由于腕关节周围组织结构复杂,腕关节面的术野显露不够开阔,给关节面的复位及钢板、螺钉的定位造成一定困难。近年来随着数字医学及3D打印技术的发展,临床医生可以在电脑上通过骨折的

3D数字模型更加直观、全面地了解骨折形态,甚至可以在电脑上模拟骨折的复位及固定,同时通过3D打印机可以打印出骨折的等比例模板,在模板上进行手术的模拟操作,从而使临床医生对手术的过程及术中可能遇到的情况有更充分的准备,减少术中不必要的失误,缩短手术时间、减少手术创伤。近年来我院手

基金项目:广东省深圳市宝安区科技计划项目(编号:20170620114855284)

通讯作者:张振伟,E-mail:zhangzw666@yeah.net

外科对收治的桡骨远端 C 型骨折患者应用 Mimics 软件及 3D 打印模板技术进行术前设计及模拟操作,取得较好的临床效果,现将结果报道如下:

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 采用回顾性研究方法,选择 2015 年 6 月至 2018 年 5 月在广州医科大学附属深圳沙井医院手外科接受手术治疗的 30 例桡骨远端 C 型骨折的患者,所有患者均为单侧骨折,受伤机制均为跌倒时手部着地,间接暴力传导所致,无明显骨质疏松及严重的压缩骨折,无伴神经血管损伤、骨筋膜室综合征及严重内科基础疾病,受伤后常规行石膏托制动、抬高患肢、冰敷消肿,待皮肤出现皱褶皮纹后进行手术,受伤至手术时间为 5~10 d,平均约 7 d。其中 15 例在电脑中利用 Mimics 20.0 软件了解骨折的形态并模拟骨折的复位、内固定,并利用 3D 打印模板进行手术演练,纳入实验组;另 15 例为传统手术对照组。实验组中男性 8 例,女性 7 例;年龄 28~61 岁,平均 38.1 岁;左侧 7 例,右侧 8 例。对照组中男性 8 例,女性 7 例;年龄 25~62 岁,平均 38.5 岁;左侧 6 例,右侧 9 例。两组患者的年龄和性别比较差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),具有可比性。

1.2 术前设计 传统手术对照组患者常规行腕部 X 线及 CT 平扫+三维重建检查,术前通过影像学资料了解骨折的形态、骨折块的移位情况,预判术中需使用的钢板型号、钢板放置的位置及螺钉的固定孔位。实验组患者常规行腕部 X 线及 CT 平扫+三维重建检查后(图 1、图 2),在电脑中将平扫的图像保存为 DCM 格式并导入 Mimics Medical 20.0 软件中,通过软件中的 Thresholding、Region Growing、Edit Masks 等工具剔除腕骨、尺骨,重建出桡骨远端骨折的三维蒙板(图 3),在 3D 视窗中可以对骨折的三维蒙板进行缩放、平移及任意角度的旋转,对骨折形态特别是关节面骨折的观察非常清晰、直观。在 3D 视窗中仔细观察各骨折块间的位置关系,对需要进行复位的骨折块利用 3D Live Wire、Edit Masks、Boolean Operations、Region Growing 等工具等逐个分离出来(图 4),并利用 Reposition 工具通过“Move with Mouse”和“Rotate with Mouse”在软件中模拟骨折的复位(图 5)。在电脑中以 STL 格式从 Mimics 软件中导出骨折的 3D 数字模型,再将 STL 文件导入 3D 打印切片软件中,根据骨折的形态对打印参数进行相应的设置,利用 3D 打印机打印出 1:1 的骨折实体模板(3D 打印机型号:同创三维 T4;打印材质:PLA)(图 6)。通过实体模板进一步了解骨折形态,并在实体模板上模拟骨折的复位及内固定(图 7、图 8),根据骨折形态选取合适的钢板及其摆放位置,观察骨折块形态及骨折线的位置,选取合适的螺钉固定孔位,记录选取的钢板型号及螺钉固定孔位,术中备用。



图 1 典型病例 X 线影像

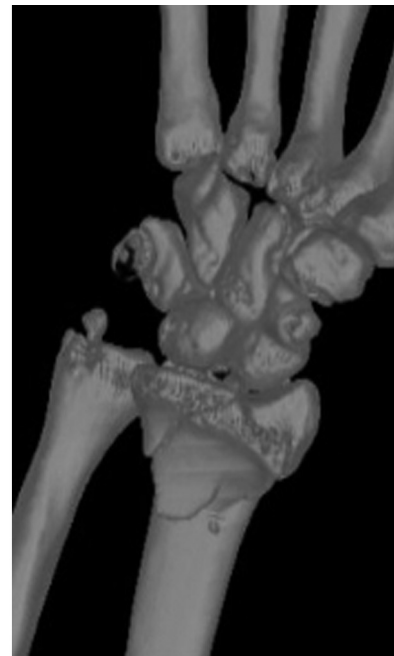


图 2 CT 三维重建图像



图 3 电脑中骨折的三维蒙板



图4 分离出移位的骨折块



图5 可在电脑中模拟骨折的复位

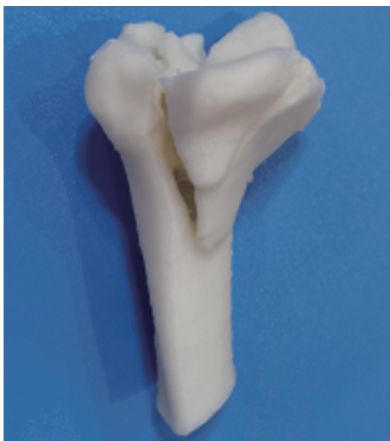


图6 PLA材质3D打印模板



图7 复位后的骨折3D打印模板



图8 在模板上模拟骨折的内固定

1.3 手术方法 手术麻醉均采用臂丛神经阻滞，患者取平卧位，患肢外展置于手术台上，上臂上气压止血带，手术入路取桡骨远端掌侧入路，切口在腕部呈弧形偏向尺侧，避免与腕横纹垂直及损伤正中神经掌皮支，切开皮肤、皮下，向桡侧牵开桡侧屈腕肌腱、正中神经，向尺侧牵开掌长肌腱、指屈肌腱，显露旋前方肌，通过旋前方肌桡侧切口行骨膜下剥离显露骨折端，清理骨断端间凝血块，直视下复位骨折，术中根据复位情况，如需直视下复位关节面的可横行切开部分关节囊打开关节，如需显露背侧骨折块可联合桡骨远端背侧入路。骨折复位平整后以克氏针临时固定，传统手术组根据术中骨折形态选择合适的桡骨远端解剖锁定钢板，根据骨折块及骨折线选取合适的螺钉固定孔位，依次钻孔、测深、置入自攻锁定螺钉，实验组选用在3D打印模板上模拟手术时选取的桡骨远端解剖锁定钢板型号，根据事先选取的螺钉固定孔位，依次钻孔、测深、置入自攻锁定螺钉，C臂机透视确定关节面平整，钢板及螺钉位置良好后，拔除临时固定的克氏针，对于某些钢板无法固定到的骨折块也可保留固定的克氏针，针尾折弯置于皮外(图9)，切口深层放置负压引流，逐层缝合闭合术口。



图9 术后X线，骨折对位良好

1.4 术后处理 术后患腕行支具制动,术后 48 h 内拔除负压引流管,并指导患者行握拳、伸指及对指功能训练,术后 4 周拆除腕部支具并逐步行腕部功能训练,可配合中药熏洗、蜡疗、关节松动等治疗。

1.5 观察指标 比较两组患者的手术时间、术中出血量、手术切口及骨折愈合情况。出院后通过门诊进行随访,根据 Gartland-Werley 评分系统对腕关节功能进行评分,0~2 分为优,3~8 分为良,9~20 分为可,≥ 21 分为差。

1.6 统计学方法 应用 SPSS16.0 统计学软件进行数据分析,计量资料以均数±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验,计数资料比较采用 Fisher 确切概率法,以  $P<0.05$  为差异具有统计学意义。

## 2 结果

2.1 两组患者的手术时间及术中出血量比较 实验组患者的手术时间明显短于对照组,术中出血量明显少于对照组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ ),见表 1。

表 1 两组患者的手术时间及术中出血量比较( $\bar{x}\pm s$ )

组别	例数	手术时间(min)	术中出血量(mL)
实验组	15	69.00±6.34	29.67±6.40
对照组	15	73.93±6.34	35.00±6.27
<i>t</i> 值		2.132	2.306
<i>P</i> 值		<0.05	<0.05

2.2 两组患者的手术切口及骨折愈合情况比较 两组患者均顺利完成手术,术后伤口 I 期愈合,所有患者均获得随访,随访时间为 10~18 个月,平均 12 个月,末次随访两组患者均达到骨性愈合。

2.3 两组患者腕关节功能比较 根据 Gartland-Werley 评分系统对腕关节功能进行评分,末次随访时实验组患者腕关节功能优 3 例,良 10 例,可 2 例,优良率为 86.67%;对照组患者腕关节功能优 1 例,良 10 例,可 4 例,优良率为 73.33%,两组患者腕关节功能优良率比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。

## 3 讨论

临床上对桡骨远端 C 型骨折的诊断及分型主要依据 X 线平片及 CT 检查,但其对关节面骨折的显示不够直观。虽然通过 CT 的三维重建可以形成骨折的立体影像,但目前临床应用的医学影像软件无法移除腕骨,合成的三维图像仍无法清晰观察到关节面骨折情况,需靠临床医生对三维空间的想象来判断关节面的骨折形态。Mimics 是一款在医学领域应用非常广泛的三维编辑软件,可以利用 CT、MR 等医学影像数据重建出骨骼、血管等人体组织器官的三维图像,并可对其进行编辑。对腕关节进行 CT 平扫后,临床医生可以在个人电脑上利用 Mimics 软件导入 CT 的影像学数据重建出桡骨远端骨折的三维模型,通过其编辑功能可以移除腕骨、尺骨,并可以对其进行缩放、测量及任意角度的观察,对关节面骨折的观察更为清晰、直观,对骨折的分型和治疗具有指导意义<sup>[2]</sup>。同时在

电脑中可以实现骨折的模拟复位,通过模拟复位临床医师可以预判术中骨折复位的难易程度、复位后是否存在骨缺损。

近年来 3D 打印技术在医疗领域的应用逐渐的深入<sup>[3-4]</sup>,在医疗模板打印的应用上已非常广泛<sup>[5-6]</sup>。通过 3D 打印机,可将 Mimics 软件重建出的骨折数字模型打印成等比例的骨折实体模板,个体化的模板便于向患者介绍病情及治疗方法,减少患者对手术的紧张及疑虑<sup>[7]</sup>,临床医生则可在骨折的实体模板上进行术前的手术演练,模拟骨折的复位、钢板的固定等手术过程,增加手术的熟练程度,预先选取合适的钢板和螺钉固定孔位、测量螺钉的长度,减少术中透视次数,缩短手术时间。

本临床研究支持了上述观点,实验组应用 Mimics 20.0 软件对骨折形态进行观察比对照组单纯依靠 X 线平片及 CT 更为直观、全面,临床医生通过软件可以获得更多骨折信息,同时实验组通过 3D 打印模板进行体外手术演练提高了手术的熟练程度,对比传统手术对照组,实验组缩短了手术时间、减少了术中出血量,术后腕关节功能根据 Gartland-Werley 评分实验组优良率虽然对照组,但两组差异无统计学意义( $P>0.05$ )。

综上所述,通过 3D 打印模板技术可以针对每个桡骨远端 C 型骨折患者做出个体化术前设计,提高手术的熟练程度,减少术中不必要的失误,缩短手术时间、减少术中出血。同时该技术利用患者已有的 CT 影像资料,不会对患者造成额外的负担或创伤,对其他部位的骨科手术同样具有推广应用价值<sup>[8-10]</sup>。

### 参考文献

- [1] 姜保国, 龙奎元, 张殿英, 等. 桡骨远端骨折的治疗策略[J]. 中华创伤骨科杂志, 2004, 6(10): 1118-1121.
- [2] 孙涛, 窦超超, 曲成明, 等. 数字医学技术对于桡骨远端骨折分型的指导意义[J]. 中国数字医学, 2019, 14(7): 16-18.
- [3] 代从新, 姚勇, 王任直. 3D 打印技术在神经外科领域中的应用及前景[J]. 中华医学杂志, 2015, 95(39): 3238-3240.
- [4] 张剑锋, 杨雄刚, 魏悦, 等. 3D 打印技术在骨肿瘤外科中的应用研究—前沿综述[J]. 中华骨科杂志, 2018, 38(2): 120-128.
- [5] 臧成五, 孟泽祖, 刘林峰, 等. 3D 打印技术在拇指再造中辅助重建骨与关节的应用[J]. 中华手外科杂志, 2016, 32(5): 331-333.
- [6] 樊志强, 董谢平, 聂小羊. 3D 打印截骨导板在儿童肘内翻截骨复位中的应用价值[J]. 中华手外科杂志, 2017, 33(6): 425-427.
- [7] YANG L, SHANG XW, FAN JN, et al. Application of 3D printing in the surgical planning of trimalleolar fracture and doctor-patient communication [J]. Biomed Res Int, 2016, 2016: 2482086.
- [8] 付军, 王臻, 郭征, 等. 数字化结合 3D 打印个体化导板的设计加工及其在骨肿瘤手术中的应用[J]. 中华创伤骨科杂志, 2015, 17(1): 50-54.
- [9] 李鹏, 彭文标, 李鉴轶, 等. 数字化设计结合 3D 打印技术辅助手术治疗复杂型胫骨平台骨折[J]. 中国临床解剖学杂志, 2017, 35(2): 151-155.
- [10] 史玉林, 王炳武, 刘伟强, 等. 3D 打印及术前数字化设计辅助椎弓根置钉治疗寰枢椎不稳的临床疗效[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2018, 11(10): 721-725.

(收稿日期:2020-03-04)