

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2019.04.020
文章编号: 1005-8982 (2019) 04-0094-06

3D 打印骨折模型在肱骨远端 C 型骨折中的应用

张忠岩, 李玉波, 王瑜, 石立涛, 金宇, 杨小华

(承德医学院附属医院, 河北 承德 067000)

摘要: 目的 比较应用 3D 打印骨折模型手术与传统手术治疗肱骨远端 C 型骨折的疗效分析。**方法** 回顾性分析承德医学院附属医院 2013 年 1 月—2017 年 1 月收治的 59 例肱骨远端 C 型骨折治疗患者。其中 27 例患者自愿采用 3D 打印技术, 打印出实体模型, 并在 3D 模型上进行模拟手术, 术中按照术前计划手术。32 例进行常规 X 射线, CT 三维重建扫描, 常规传统手术治疗。记录两组手术时间、术中透视次数及术中出血量, 并根据 Mayo 评分评价肘关节术后 3 个月功能恢复情况, 术后 6 个月肘关节活动度、骨折愈合时间及手术并发症发生率。**结果** 3D 打印组手术后 3 个月 Mayo 肘关节评分、术后 6 个月肘关节活动度优于传统手术组 ($P < 0.05$), 3D 打印组手术时间、术中透视次数及术中出血量等低于传统手术组 ($P < 0.05$); 两组骨折愈合时间及并发症发生率比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。**结论** 肱骨远端 C 型疾病治疗应用 3D 打印骨折模型辅助手术治疗, 可取得更好的临床效果。

关键词: 肱骨骨折; 成像, 三维; 规划制定, 手术前期; 内固定器

中图分类号: R683

文献标识码: A

Application of 3D printing fracture model in the treatment of distal humerus C-type fracture

Zhong-yan Zhang, Yu-bo Li, Yu Wang, Li-tao Shi, Yu Jin, Xiao-hua Yang

(Affiliated Hospital of Chengde Medical University, Chengde, Hebei 067000, China)

Abstract: Objective To compare the effects of operation with 3D printing fracture model and traditional operation on the treatment of distal humerus c-type fracture. **Methods** The retrospective analysis of 59 patients with distal humerus c-type fractures in our hospital from January 2013 to January 2017 was used. Among them, 27 patients volunteered to use 3D printing technology, print out the physical model and perform simulated operation on the 3D model. The operation was planned according to the preoperative plan (3D printing group, $n = 27$). The other 32 patients underwent conventional X-ray, CT three-dimensional reconstruction and conventional surgery (traditional surgery group, $n = 32$). The two groups were compared in terms of the operation time, frequency of intraoperative fluoroscopy, intraoperative blood loss. The Mayo score was assessed 3 months after operation. The degree of motion of elbow joint, the time of fracture healing time and the incidence of complications were assessed 6 months after operation. **Results** The Mayo score of elbow joint 3 months after operation and the degree of motion of elbow joint 6 months after operation in 3D printing group were superior to those in the traditional surgery group ($P < 0.05$). The operation time, the frequency of intraoperative fluoroscopy and the amount of bleeding during the operation in the 3D printing group were less than those in the traditional surgery group ($P < 0.05$). There was no significant difference between the time of fracture healing and the incidence of complications ($P > 0.05$). **Conclusions** In the treatment of distal humerus C-type fracture, 3D printing fracture model can be used to assist the operation, which can achieve better clinical results.

Keywords: humeral fractures; imaging, three-dimensional; planning techniques, preoperative period; internal fixators

肱骨远端C型骨折在全身骨折中发病率较高,占全身骨折的1%,肱骨骨折的30%,属于关节内骨折^[1]。其常累及双柱,保守治疗效果差,手术治疗已达成共识。由于肘关节覆盖的肌肉、血管及神经较多,复杂的关节面及干骺端粉碎骨折难以闭合复位。即使切开手术,复位和固定也较困难,导致部分关节功能恢复不理想。目前术前对骨折的了解大多来自X射线片、CT或三维重建,很难对骨折整体情况完整显示^[2-3],多数情况下需要术中探查,再决定手术方式。3D打印技术在骨科领域应用越来越广泛,打印出部位实物模型及导航模板指导个性化手术逐步应用于临床^[4-5],3D打印可帮助医生了解患者骨折部位、类型及移位程度,对病情做明确的评估;另外可根据模型,用不同术方法进行术前模拟手术,制定个体化手术方案,使手术更为精确。本院采用3D打印技术打印骨折模型结合双侧锁定钛板治疗肱骨远端骨折患者27例,取得满意的临床效果。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2013年1月—2017年1月承德医学院附属医院收治的手术治疗肱骨远端C型骨折患者59例作为研究对象,根据患者自愿原则进行分组。其中,27例选择采用3D打印技术打印骨折实物模型辅助手术操作作为3D打印组,32例常规手术组按照传统方法进行手术作为传统手术组。3D打印组:男性17例,女性10例;年龄18~75岁,平均(42.4±18.1)岁;左侧16例,右侧11例;按照AO/OTA分型,C1 8例,C2 6例,C1 3例;受伤时间3~14 d,平均7.2 d;合并伤6例。传统手术组:男性19例,女性13例;年龄21~76岁,平均(41.8±17.6)岁;左侧17例,右侧15例;按照AO/OTA分型,C1 11例,C2 9例,C1 2例;受伤时间3~13 d,平均7.4 d;合并伤9例。排除标准:①合并严重心、肺、脑等多器官疾病,无法耐受手术治;②合并同侧上肢血管、神经损伤;③因开放性骨折导致感染;④多发伤、失血性休克无法纠正导致死亡;⑤随访资料不完整或患者依从性较差。两组一般资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。

1.2 术前准备

入院后给予石膏固定,患肢制动,消肿止痛对症

治疗,完善相关检查,年龄<60岁常规行心脏彩超检查,术前常规行肘关节正侧位、CT三维重建检查。

3D数据采集:三维图像的构建及三维打印技术采用64排CT平扫数据(层距0.5 mm),电压120 kV,电流150 mA,导入三维重建软件Mimics,对Mimics断层图像编辑完成后,以STL的格式输入到3D打印机,调整打印方位,就可以打印出实体模型进行手术设计。在体外选择合适型号的钢板,对个体差异进行钢板适度塑型,确定内固定物与骨折块贴附良好及同时用螺钉进行骨折的固定,记录手术所选钢板型号和螺钉数目、长度、位置、方向及角度等数据,将塑型的钢板及螺钉送手术室消毒备用。

1.3 手术方法

以肱骨远端C3型骨折为例,麻醉后患者侧卧位,自肘关节后正中切口,至尺骨鹰嘴下逐层切开。首先于尺神经沟游离并保护尺神经,牵向内侧,显露肘尺关节后侧,切开发节囊,找到半月切迹裸区,行尺骨鹰嘴V型截骨,将尺骨鹰嘴断端连同肘三头肌牵向近侧,显露骨折端,肱骨髁间骨质粉碎,有多条骨折线及数枚骨折块,关节面不平整,肘关节失去正常对位关系,清理骨折端后,依据3D模型骨折情况进行复位,复位满意后,用数枚克氏针固定骨折断端,将C型骨折变为A型,肱骨远端后外侧及内侧根据术前计划塑型放置2枚钛板,如关节面固定不稳定,用1、2枚空心螺钉固定,再次透视;见关节面平整,用一枚钛板或克氏针张力带固定尺骨鹰嘴骨折断端,被动活动良好,无异常活动,将尺神经前置,留置2枚引流管,逐层缝合后,关闭创口。

1.4 术后处理

患肢抬高有利于消肿,采用三角巾悬吊或石膏托固定,术后患者进行肌肉等长收缩锻炼,6周后根据骨折愈合情况逐步进行抗阻力锻炼。术后3个月复查1次/月,术后3~12个月复查1次/2个月。

1.5 术后随访及评价

术后3个月记录按照Mayo评分从疼痛、活动度、稳定性及生活功能4方面进行功能评估,满分100分:90~100为优;75~89分为良;60~74为可;<60为差,评价肘关节功能。测量术后6个月肘关节活动度。记录所有患者手术时间、透视次数、术中出血量、术后骨折愈合时间及术后并发症发生率。

1.6 统计学方法

数据分析采用 SPSS 19.0 统计软件。计量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 比较用 t 检验, 计数资料以率 (%) 表示, 比较用 χ^2 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组手术时间、术中透视次数及术中出血量比较

两组手术时间、术中透视次数及术中出血量比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 3D 打印组手术时间、术中透视次数及术中出血量低于传统手术组。见表 1。

2.2 两组术后 3 个月 Mayo 评分比较

两组术后 3 个月 Mayo 评分比较, 差异有统计学意义 ($\chi^2 = 3.882$, $P = 0.049$); 3D 打印组术后 3 个月 Mayo 评分优于传统手术组。见表 2。

表 1 两组手术时间、术中透视次数及术中出血量比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	手术时间 / min	术中透视 / 次	术中出血量 / ml
3D 打印组	27	116.8 \pm 6.6	3.8 \pm 1.4	164.7 \pm 40.6
传统手术组	32	164.6 \pm 5.7	5.2 \pm 1.7	247.9 \pm 36.8
<i>t</i> 值		6.531	3.376	8.232
<i>P</i> 值		0.000	0.003	0.000

表 2 两组术后 3 个月 Mayo 评分比较

组别	<i>n</i>	优 / 例	良 / 例	可 / 例	差 / 例	优良率 / %
3D 打印组	27	12	9	4	2	77.7
传统手术组	32	10	7	8	7	53.1

2.3 两组术后 6 个月关节活动度及骨折愈合时间比较

两组术后 6 个月关节活动度及骨折愈合时间比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 3D 打印组术后 6 个月关节活动度优于传统手术组, 而骨折愈合时间早于传统手术组。见表 3。

2.4 两组手术并发症发生率比较

两组手术并发症发生率比较, 差异无统计学意义 ($\chi^2 = 0.481$, $P = 0.488$); 3D 打印组手术并发症发生率低于传统手术组。见表 4。

2.5 病例情况

患者女性, 63 岁, 摔伤致右肘疼痛, 活动受限 2 h 入院。诊断: 右侧肱骨远端 AO-C3 型骨折, 术前行 X 射线、三维重建检查, 3D 打印图片及术前模拟复位固定; 患者术后第 2 天及术后半年复查 X 射线显示, 术后半年肘关节功能屈伸活动良好。见图 1 ~ 4。

表 3 两组术后 6 个月关节活动度及骨折愈合时间比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	肘关节屈伸活动度 / ($^{\circ}$)	前臂旋转活动度 / ($^{\circ}$)	骨折愈合时间 / 周
3D 打印组	27	108.3 \pm 8.9	155.5 \pm 7.5	13.6 \pm 2.1
传统手术组	32	95.3 \pm 9.2	125.8 \pm 8.3	14.2 \pm 2.3
<i>t</i> 值		3.563	5.621	1.431
<i>P</i> 值		0.003	0.000	0.625

表 4 两组手术并发症发生率比较

组别	<i>n</i>	切口浅表感染	迟发性尺神经炎	骨化性肌炎	内固定失效	并发症发生率 / %
3D 打印组	27	1	2	1	0	14.8
传统手术组	32	2	2	3	0	21.8



图 1 右侧肱骨 AO-C3 型骨折

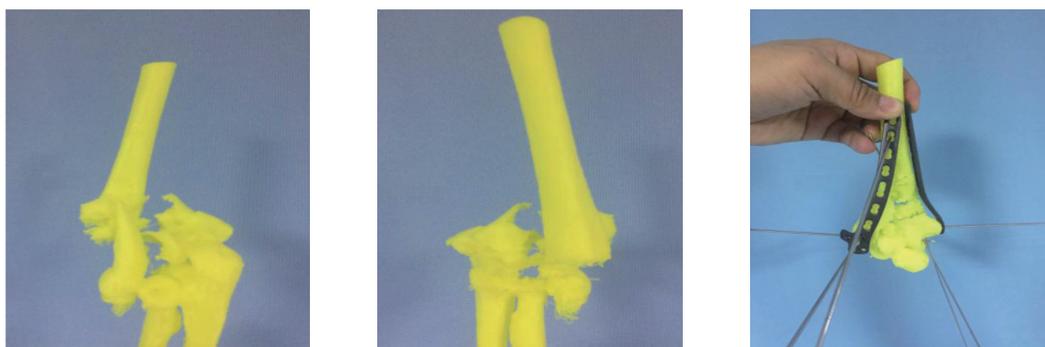


图2 术前X射线三维重建



图3 3D打印图片及术前模拟复位固定

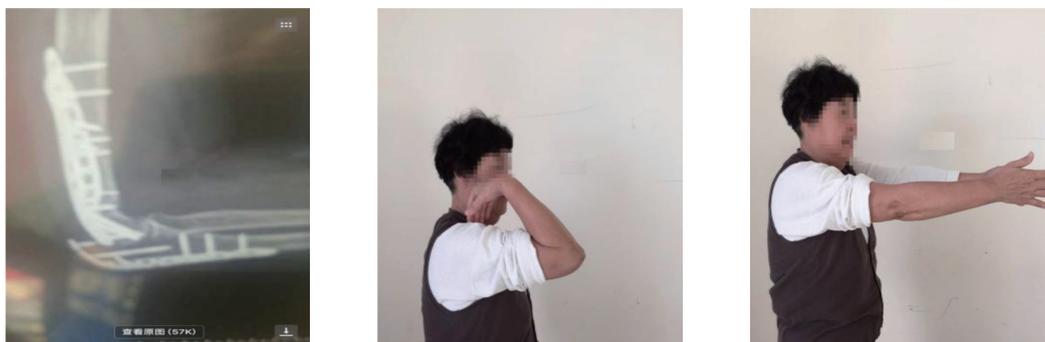


图4 恢复情况

3 讨论

肱骨远端C型骨折是肘关节严重创伤,常合并干骺端及关节面粉碎、压缩缺损或神经血管损伤。骨折端不易坚强固定,术后常常有畸形愈合,骨折不愈合、对位及对线不佳等并发症^[6]。肱骨远端骨折后,怎样获得功能良好且无痛的肘关节,最重要的是重建关节面的解剖结构,恢复肱骨远端的三角形框架结构。如果早期固定稳定,便可以进行全面的康复锻炼。肱骨远端骨折多合并老年骨质疏松、骨量低下,螺钉与钢板之间的稳定性很容易发生改变,临床既要达到骨折愈合,又要获得关节的灵活性,其是治疗的难点。笔

者更倾向锁定双钢板固定,锁定钢板能牢固固定骨折块,且可更好的进行骨折端重建,提供坚强固定有利于早期功能锻炼,疗效改善,其已逐步成为治疗肱骨远端C型骨折标准手术方式^[7-8]。

传统的X射线及CT平扫受角度或骨块重叠干扰,难以确定骨折的移位方向、压缩,特别是关节周围粉碎骨折。尽管CT三维重建可多角度观察骨折走向,但也是二维平面显示,术中医师只能根据记忆的三维模型进行复位^[9],受术者的临床经验及操作技巧限制,学习曲线较长。3D打印技术是采用数字模型,应用粉末状或液体的塑料或金属的可黏合材料,通过逐层

打印方式构建实物模型的技术^[10]。医生能在术中任意角度观察骨折的 3D 打印实体模型,有助于对骨折部位做出最准确的评估,制定科学合理的治疗方案。在膝、肩、肘及骨盆等关节周围复杂的骨科手术领域,3D 打印应用越来越广泛,取得很好的临床效果,3D 打印技术为现实手术及虚拟手术架设一座桥梁。官建中报道^[11]在发育性髋关节脱位的患者中实用 3D 打印技术进行治疗,精确制定手术计划、模拟手术,取得很好的临床效果。吴新宝报道^[12]利用 3D 打印技术制作陈旧性骨盆骨折模型,在骨盆模型进行截骨、复位标记、内固定物塑型,手术顺利完成,达到预期目标。本研究比较传统手术与应用 3D 打印技术打印骨折模型治疗肱骨远端骨折肘关节远端 C 型骨折,传统手术常规行 X 射线、三维 CT 检查,行传统手术方式,3D 组打印 3D 骨折部位模型模拟手术,手术按照术前设计方案实施。本研究发现,3D 打印组和常规手术组比较,手术时间、术中透视次数、术中出血量减少,这和术前精准设计密切相关。术中按照术前计划实施,肘关节功能也优于常规手术组,3D 组更少的剥离软组织,解剖复位的概率更高,术后可以更早的功能锻炼避免关节僵硬。在骨折愈合时间及术后并发症方面,两组差异不大,可能与研究样病例较少有关,存在一定局限性。

笔者认为,3D 打印组与常规的手术组有以下优势:① 3D 打印技术打印出 1:1 实物模型,可让医生直观、立体、更全面了解骨折走向,骨折块大小,压缩骨质的缺损程度,在模型上直接测量。同时患者也可通过对骨折模型对自己病情有充分认识,有利于医患沟通,提高患者依从性,对提升患者满意度方面有积极影响^[13-14];② 手术中常常遇到内固定物材料与骨面贴附不理想或螺钉角度不佳,需要术中多次塑形或调节螺钉方向,才能达到合适位置。在 3D 模型基础上,进行骨折复位,钛板塑形,术中钛板可完美贴附于复位后骨折端,且确定钛板及螺钉合适的位置、角度、长短,条件允许情况下可打印出个体化的钢板及螺钉^[15-16]。由于术前精确设计,充分了解骨折块之间关系、有助于术中减少过多软组织剥离并且保护皮肤血供,简便手术过程,预手术节约手术时间及软组织暴露,减少出血量及术中需要透视时间;③ 由于术中血管、神经、肌肉或软组织遮挡,视野有限,特别是复位关节面粉碎骨折操作难度大,术前可以根据模型对骨折块及周围解剖进行标识,有助于术中内置物

放置及骨折的解剖复位。陈克^[17]在治疗跟骨骨折中,对跟距关节、载距突、跟骨结节为定位锚点,进行内置物裁剪,复位,植骨,取得很好的临床效果;④ 如术中需植骨,术前可在数字模型基础上准确获得骨缺损量,只靠临床经验植骨可能有一定偏差。笔者在 3D 打印组有 2 例 C3 型肱骨小头、肱骨滑车粉碎严重、无法修复,在 3D 模型辅助下,明确骨质缺损大小、形状,进行关节面测量,术中取髂骨进行关节面重建,手术时间明显缩短,取得很好临床效果。

3D 打印优点较传统手术优势明显,但也存在一定局限性:① 费用昂贵,特别是复杂骨折需个体化定制内植物,在基层医院甚至绝大部分难以普及;② 由于打印出实体骨骼模型,脱离肌肉、血管、神经等软组织,且打印精度上受关节软骨的影响仍需要提升^[18],在实际术中操作存在一定局限性;③ 从患者完善三维重建等相关资料到打印模型,3D 打印花费时间较长,不适用于急诊手术;④ 现有比较成熟的 3D 打印材料种类有塑料、陶瓷、金属等,无法满足临床医生的所有要求,特殊用途的材料如羟基磷灰石、透明质酸等具有组织相容性和安全性的生物材料有待于进一步研究。

综上所述,应用 3D 打印骨折模型辅助治疗复杂的肱骨髁间骨折较传统方式优势明显,其不仅节约手术时间,减少出血量,在术后关节功能恢复上疗效更佳。虽然 3D 打印存在一些不足,但随着技术改进,打印效率不断提高,在未来的骨科领域中,会应用越来越广泛。

参 考 文 献:

- [1] JIANG J, GONG M, ZHA Y, et al. Evaluation of total elbow arthroplasty in treatment of distal humeral fracture in the elderly[J]. National Medical Journal of China, 2015, 95(47): 3848-3851.
- [2] BADILLO K, PACHECO JA, PADUA S O, et al. Multidetector CT evaluation of calcaneal fractures[J]. Radiographics, 2011, 31(1): 81-92.
- [3] 李靖, 杨龙, 王建吉, 等. 基于 DICOM 数据三维重建及其对骨科植入物的指导应用[J]. 中国组织工程, 2017, 21(7): 1046-1051.
- [4] 樊志强, 董谢平, 聂小羊, 等. 3D 打印截骨导板在儿童肘内翻截骨复位中的应用价值[J]. 中华外科杂志, 2017, 33(6): 425-427.
- [5] STAROSOLSKI Z A, KAN J H, ROSENFELD S D, et al. Application of 3-dprinting (rapid prototyping) for creating physical models of pediatric orthopedic disorders[J]. Pediatr Radiol, 2014, 44(2): 216-221.

- [6] AMIR S, JANNJS S, DANIEL R. Distal humerus fracture: a review of current therapy concepts[J]. *Curr Rew Musculoskelet Med*, 2016, 9(2): 192-206.
- [7] DUCROT G, BONNOMET F, ADAM P, et al. Treatment of distal humerus fractures with LCP DHPTM locking plates in patients older than 65 years[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2013, 99(2): 145-154.
- [8] KOH K H, LIM T K, LEE H I, et al. Surgical release of elbow stiffness after internal fixation of intercondylar fracture of the distal humerus[J]. *J Shoulder Elbow Surg*, 2013, 22(2): 268-274.
- [9] HALL J A, BEUERLEIN M J, MCKEE M D, et al. Open reduction and internal fixation compared with circular fixator application for bicondylar tibial plateau fractures[J]. *Surgical Technique, J Bone Joint Surg Am*, 2009, (91): 74-88.
- [10] AHMED M, RAJA K V, JAMES S, et al. Three-dimensional printing of biological matters[J]. *J Sci*, 2016, 1(1): 1-17.
- [11] 官建中, 刘亚军, 吴敏, 等. 3D打印技术在成人DDH人工全髋关节置换中的临床应用研究[J]. *中华全科医学*, 2016, 14(7): 1080-1082.
- [12] 吴新宝. 利用3D打印技术辅助治疗陈旧性骨盆骨折[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2015, 17(1): 10-12.
- [13] YANG L, SHANG X W, FAN J N, et al. Application of 3D printing in the surgical planning of trimalleolar fracture and doctor-patient communication[J]. *Biomed Res Int*, 2016(420): 1-5.
- [14] MALIK H H, DARWOOD A R, SHAUNAK S, et al. Three-dimensional printing in surgery: a review of current surgical applications[J]. *J Surg Res*, 2015, 199(2): 512-522.
- [15] YU A W, DUNCAN J M, DAURKA J S, et al. A feasibility study into the use of three-dimensional printer modelling in acetabular fracture surgery[J]. *Adv in Orthop*, 2015, DOI: 10.1155. 2015: 617046.
- [16] WU X B, WANG J Q, ZHAO C P, et al. Printed three-dimensional anatomic templates for virtual preoperative planning before reconstruction of old pelvic injuries: initial results. *Chin Med J (Engl)*, 2015, 128(4): 477-482.
- [17] 陈克, 潘振宇. 3D打印技术在Sanders II, III型跟骨骨折手术治疗中的临床应用[J]. *创伤外科杂志*, 2017, 19(7): 508-512.
- [18] 柳鑫, 曾参军, 卢键森, 等. 3D打印虚拟辅助技术在髋臼骨折术前规划中的应用[J]. *J South Med Univ*, 2017, 37(3): 378-382.

(唐勇 编辑)