

· 论 著 ·

## 髋臼骨折术前规划中 3D 打印技术虚拟手术模拟的应用

罗斌, 朱爱萍, 刘家国

十堰市太和医院 湖北医药学院附属太和医院创伤骨科, 湖北 十堰 442000

**摘要:** **目的** 分析髋臼骨折术前规划中应用 3D 打印技术虚拟手术模拟的临床价值。**方法** 选取 2014 年 7 月至 2017 年 6 月太和医院 70 例髋臼骨折患者进行研究。按照随机数字表法, 随机分为观察组和对照组, 每组 35 例。观察组术前规划应用 3D 打印技术虚拟手术模拟, 对照组术前规划应用传统影像学观察。观察两组患者手术时间、术中出血量、围手术期输血量、术中透视次数等手术相关指标。对患者进行术后随访, 并通过双下肢长度改善程度、视觉模拟评分(VAS 评分)、Matta 评分、Majeed 评分等指标比较术后疗效, 观察两组患者的术后并发症发生情况。**结果** 观察组的手术时间、术中出血量、围手术期输血量、术中透视次数等指标均低于对照组, 差异有统计学意义( $P$  均  $< 0.01$ )。两组治疗后的双下肢长度改善程度差异无统计学意义( $P > 0.05$ ); 观察组和对照组的 Matta 评分优良率(80.0% vs 77.1%)、Majeed 评分[(87.0 ± 4.2)分 vs (84.5 ± 3.8)分]及优良率(85.7% vs 82.9%)比较差异均无统计学意义( $P$  均  $> 0.05$ ); 观察组 VAS 评分低于对照组, 差异有统计学意义[(1.7 ± 0.4)分 vs (3.3 ± 1.2)分,  $P < 0.05$ ]。术后两组并发症发生率差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。**结论** 髋臼骨折术前规划中应用 3D 打印技术虚拟手术模拟, 有助于提高术前诊断质量, 手术操作更加准确、高效, 可减少患者术后疼痛。

**关键词:** 髋臼骨折; 术前规划; 3D 打印; 视觉模拟评分; Matta 评分; Majeed 评分

**中图分类号:** R 274.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8182(2018)05-0597-04

## Clinical application of virtual surgery simulation using 3D printing technique in preoperative planning of acetabular fracture

LUO Bin, ZHU Ai-ping, LIU Jia-guo

Department of Trauma Orthopedics, Shiyan Taihe Hospital, Taihe Hospital Affiliated to Hubei Medical College, Shiyan, Hubei 442000, China

Corresponding author: LIU Jia-guo, E-mail: luo974859@126.com

**Abstract: Objective** To analyze the clinical value of 3 dimensions (3D) printing and surgery simulation of acetabular fracture. **Methods** Seventy cases of acetabular fracture patients treated from July 2014 to June 2017 were studied, and the patients were divided into observation group and control group ( $n = 35$  each) according to random number table method. The 3D printing and virtual surgery simulation in preoperative planning was used in observation group, and traditional image observation before surgery was used in control group. The operative-related indexes including operation time, intraoperative blood loss, perioperative blood transfusion volume and intraoperative fluoroscopy time in two groups were observed. The patients were followed up after operation. The curative effect was compared by improvement degree of lower limbs length, visual analogue score (VAS) score, Matta score, Majeed score and the postoperative complications in two groups. **Results** The operation time, intraoperative blood loss, perioperative blood transfusion volume and intraoperative fluoroscopy times in observation group were significantly lower than those in control group (all  $P < 0.05$ ). There was no significant difference in the improvement degree of the lengths in both lower limbs between two groups ( $P > 0.05$ ). The VAS score in observation group was significantly lower than that in control group (1.7 ± 0.4 vs 3.3 ± 1.2,  $P < 0.05$ ). There were no significant differences in Majeed score (87.0 ± 4.2 vs 84.5 ± 3.8,  $P > 0.05$ ) and the excellent/good rates of Matta score (80.0% vs 77.1%,  $P > 0.05$ ) and Majeed score (85.7% vs 82.9%,  $P > 0.05$ ) between two groups. There was no significant difference in the incidence of postoperative complications between two groups ( $P > 0.05$ ). **Conclusion** The virtual surgery simulation using 3D printing technique in preoperative planning of acetabular fracture is helpful to improve the quality of preoperative diagnosis and has the advantages of more accurate and highly efficient to operation and lighter

postoperative pain.

**Key words:** Acetabular fractures; Preoperative planning; 3D printing; Visual analogue score; Metta score; Mejeed score

髋臼骨折是一种高能量损伤的关节内骨折,常合并毗邻重要脏器和血管神经损伤,由于髋臼位置、结构的特殊性和解剖关系的复杂性,髋臼骨折是治疗难度最大的骨折之一<sup>[1]</sup>。近年来,随着医疗水平的发展,髋臼骨折手术成功率有所增高,但髋臼骨折常伴有严重的头、胸、腹损伤及软组织脱套伤、会阴部撕裂伤等合并伤,使得髋臼骨折病变判断难度较大,手术效果难以进一步提高<sup>[2-3]</sup>。因此,科学的伤情评估和术前规划对提高手术效果具有重要意义。针对此问题,3D 打印作为一种新兴技术,通过术前多方位显示骨折部位,更加利于判断复杂髋臼骨折病变,在骨科手术中的应用优势逐渐体现。因此,本研究选取本院接诊的髋臼骨折患者进行研究,将 3D 打印技术虚拟手术模拟应用于髋臼骨折的术前规划,以分析其应用价值。现报道如下。

## 1 材料与方法

**1.1 一般资料** 选取 2014 年 7 月至 2017 年 6 月进行治疗的 70 例髋臼骨折患者进行研究。纳入标准:(1)髋臼骨折移位 >5 mm 或畸形愈合明显影响髋关节活动者;(2)骨折超过 2 周者;(3)有手术指征者。排除标准:(1)陈旧性髋臼骨折者;(2)合并神经、血管损伤者;(3)未获得完整随访者。患者包括男 42 例,女 28 例;年龄 18~61(38.0±9.2)岁。致伤原因:交通伤 50 例,坠落伤 11 例,重物砸伤 9 例。按 Judet-Letournel 分型:双柱骨折 33 例,前柱骨折 13 例,T 型骨折 14 例,横行伴后壁骨折 10 例。合并其他部位损伤:四肢骨折 32 例,颅脑外伤 18 例,胸部损伤 7 例,腹部损伤 7 例,泌尿系损伤 6 例。按随机数字表法将患者分为观察组与对照组,每组 35 例。两组患者的性别分布、年龄、致伤原因、骨折 Judet-Letournel 分型、合并损伤情况等术前一般资料的比较差异无统计学意义( $P$  均 > 0.05),具有可比性。见表 1。所有参与研究者对本研究知情并自愿参加,本研

究在本院伦理委员会的许可下开展。

**1.2 方法** 两组患者入院后行常规检查,评估患者生命体征及耐受应激程度,针对骨盆髋臼骨折行常规影像学检查。(1)观察组在此基础上对骨折部位进行 3D 模型重建打印。①图像分割及骨折复位:患者进行 0.5 mm 薄层 CT 扫描,获取 Dicom 数据,将数据导入 Mimics15.0 软件进行三维计算和图像编辑。使用软件对三维图像进行碎骨块分割,通过分割的碎块以确定骨折分型。应用软件的复位功能,通过移动、旋转等功能项复位碎骨块,以重建骨盆髋臼的解剖形态。②虚拟内固定:根据骨折线的方向和位置确定内固定物的放置方式。应用模拟功能选项对内固定物进行一系列模拟设计,包括钢板螺钉最佳位置、钢板预弯程度、螺钉长度、螺钉数量、方向及进入角度等,记录数据。③模型打印及手术模拟:将模拟复位后的骨盆以 STL 文件格式输入 3D 打印机,设置分辨率、温度、材料等相关参数,等比例打印出重建后的患者骨盆实体模型。将打印出的三维模型与内固定物进行贴合模拟,对内固定物进行微调预弯处理,以保证内固定物与骨块形成良好贴合。最终将预弯板和螺钉术前送手术室消毒备术中用。(2)对照组患者依据 X 线、CT 及 CT 三维重建等影像学检查结果,凭借术者临床经验进行术前规划,确定手术方案。两组患者手术均采用常规切口,切开皮肤皮下分离后暴露,按预定方案对陈旧性骨折进行截骨复位,放入预先折弯好的钢板再打入螺钉固定,透视评价复位情况,满意后关闭切口并放置负压引流管。

**1.3 观察指标** (1)观测两组患者的手术相关指标:手术时间、术中出血量、围手术期输血量、术中透视次数等。(2)对两组患者进行术后随访,常规摄骨盆正位、出口位、入口位 X 线片,明确骨折愈合情况,并比较术后疗效,评价指标如下。①双下肢长度改善程度;②术后疼痛视觉模拟评分(VAS),以 0~10 分衡量患者的疼痛程度,0 分表示无痛,10 分表示最痛;

表 1 两组患者一般资料比较

组别	例数	男/女 (例)	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	致伤原因 (交通伤/坠落伤/ 重物砸伤)(例)	Judet-Letournel 分型 (双柱/前柱/T 型/ 横行伴后壁)(例)	合并损伤(四肢骨折/ 颅脑外伤/胸部损伤/ 腹部损伤/泌尿系损伤)(例)
观察组	35	22/13	38.8±9.7	24/7/4	15/7/7/6	16/10/4/2/3
对照组	35	20/15	37.6±8.8	26/4/5	18/6/7/4	16/8/3/5/3
$t/\chi^2$ 值		0.3783	0.5812	0.2092	0.2092	0.9242
$P$ 值		0.5385	0.5624	0.8125	0.8125	0.6299

③采用 Matta 评分标准评定髌臼骨折复位情况,优:骨折解剖完全复位,良:骨折移位 < 1 mm,中:骨折移位 1 ~ 3 mm,差:骨折移位 > 3 mm;④末次随访时采用 Majeed 评分标准评定疗效,总分 100 分,其中包括疼痛、工作、站立、坐、性生活等 5 个方面,优:得分 ≥ 85 分,良:得分 70 ~ 84 分,可:得分 55 ~ 69 分,差:得分低于 55 分。(3) 两组患者术后并发症的发生情况。

1.4 统计学方法 选择 SPSS 19.0 软件进行数据统计,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,比较采用 *t* 检验,计数资料以例 (%) 表示,比较采用  $\chi^2$  检验,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 手术相关指标的比较 观察组手术时间、术中出血量、围手术期输血量、术中透视次数低于对照组,差异有统计学意义 ( $P$  均 < 0.01)。见表 2。

2.2 术后疗效比较 观察组获得术后随访 6 ~ 24 (16.2 ± 3.5) 个月,对照组获得术后随访 6 ~ 28 (18.0 ± 3.9) 个月。两组治疗后均有 1 ~ 6 cm 的双下肢长度改善,两组双下肢长度改善程度、Majeed 评分、Matta 评分优良率、Majeed 评分优良率比较差异均无统计学意义 ( $P$  均 > 0.05); 观察组 VAS 评分低于对照组,差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。见表 3 ~ 表 5。

2.3 并发症情况的比较 术后观察组和对照组各有 1 例出现腹部切口皮下脂肪液化,经换药处理 1 周后愈合;对照组出现 1 例医源性坐骨神经损伤,对症治疗后好转,4 个月后恢复。观察组和对照组并发症总发生率比较差异无统计学意义 (2.9% vs 5.7%,  $P > 0.05$ )。其余患者恢复良好,均未出现术后严重并发症,如骨不愈合、内固定失效和深静脉血栓形成等。

表 2 两组患者手术相关指标的比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	手术时间 (min)	术中出血量 (ml)	围手术期输血量 (U)	术中透视次数 (次)
观察组	35	167.6 ± 48.4	1010.7 ± 208.2	8.3 ± 2.6	7.2 ± 1.9
对照组	35	207.3 ± 56.3	1437.9 ± 294.6	12.7 ± 4.0	11.5 ± 3.2
<i>t</i> 值		3.163	7.006	5.456	6.836
<i>P</i> 值		0.002	0.000	0.000	0.000

表 3 两组患者双下肢长度改善程度、VAS 评分、Majeed 评分比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	双下肢长度改善程度 (cm)	VAS 评分 (分)	Majeed 评分 (分)
观察组	35	3.6 ± 1.6	1.7 ± 0.4	87.0 ± 4.2
对照组	35	3.0 ± 1.3	3.3 ± 1.2	84.5 ± 3.8
<i>t</i> 值		1.125	2.104	0.889
<i>P</i> 值		0.569	0.029	0.378

表 4 两组患者 Matta 评分优良率比较 例 (%)

组别	例数	优	良	可	差	优良率 (%)
观察组	35	18 (51.4)	10 (28.6)	7 (20.0)	0	80.0
对照组	35	14 (40.0)	13 (37.1)	8 (22.9)	0	77.1
$\chi^2$ 值						0.085
<i>P</i> 值						0.771

表 5 两组患者 Majeed 评分优良率比较 例 (%)

组别	例数	优	良	可	差	优良率 (%)
观察组	35	19 (54.3)	11 (31.4)	5 (14.3)	0	85.7
对照组	35	14 (40.0)	15 (42.9)	5 (14.3)	1 (2.9)	82.9
$\chi^2$ 值						0.108
<i>P</i> 值						0.743

## 3 讨论

髌臼骨折通常是因高能量损伤所致的严重关节内创伤,髌臼的形态和周围解剖关系复杂,又加之骨性结构不规则,损伤程度重等其他因素,使得髌臼骨折的治疗难度一直较高<sup>[4-5]</sup>。如今手术治疗髌臼骨折已经成为金标准,但术中出血和术后并发症一直较多,疗效一般<sup>[6-7]</sup>。髌臼骨折手术的难度不仅取决于骨折的粉碎程度,也与骨折复位和内固定质量密切相关<sup>[8]</sup>。因此,术前进行详细精密的规划对提高手术治疗效果至关重要。目前临床上的术前规划一般是通过观察 X 线、CT、MRI 等二维图像并结合临床经验判断骨折类型,选择手术方案<sup>[9-10]</sup>,但难以对骨折块的复位质量和内固定放置位置及贴合度进行精确判断,影响临床诊断和手术方案的制定<sup>[11-12]</sup>。针对这一问题,随着现代影像学及数字医学的发展,3D 打印技术开始应用于髌臼骨折的手术治疗,为其带来了新的思路和方法。

3D 打印技术指的是通过将 CT 数据通过软件进行二维编辑,将三维数字模型应用粉末状或液体的可粘合材料,通过逐层打印方式来构造出实物模型<sup>[13]</sup>。利用 3D 打印技术进行虚拟手术模拟具有传统术前规划所不具备的优势。通过 3D 打印技术制造出的 1:1 的髌臼骨折模型使术者能够全面了解骨折清晰的形态、走形,更加清晰地判断骨折的分型,更利于估计手术难度,确定骨折复位顺序和内固定放置的数量,从而制定出最佳手术方案<sup>[14-15]</sup>。通过术前模拟,可以方便地选择合适的钢板,确定钢板放置的最佳位置,使内固定获得最佳的生物力学性能,良好的预弯钢板还能使复杂骨折达到优化复位的效果。骨折解剖复位和术中内固定位置的准确性,可减少复杂髌臼骨折手术后的副损伤<sup>[16-17]</sup>。

本研究对两组患者应用 3D 打印骨折模型和传统手段的术前规划,结果应用 3D 打印技术的患者的

手术时间、术中出血量、围手术期输血量、术中透视次数等指标均低于传统术前规划的患者,这表明 3D 打印技术的应用可提高手术效率,更加高效准确。该结果体现出 3D 打印技术的优势,即术前将钢板预弯塑性,判断放置钢板的位置及螺钉的长度,大大减少手术时反复预弯钢板的时间,节约反复测量螺钉长度的时间,有利于缩短手术时间。髌臼骨折部位解剖复杂、血供丰富、骨折断端动静脉丛出血量大,手术时间缩短的同时也显著降低术中出血量。而且术前规划应用 3D 打印技术,使得复位更加准确,固定更加合理,提高了手术的准确性,减少术中多余的步骤,避免对骨折块做过多不必要的撬拨,降低围手术期输血量,同时也减少需要反复透视来确定复位质量的做法,术中透视次数显著降低,也降低了术者辐射暴露剂量,保障手术精准性的同时也更加安全可靠<sup>[18]</sup>。

本研究结果还显示,将 3D 打印技术应用于术前规划可显著降低患者术后的 VAS 评分,但双下肢长度改善程度、Matta 评分优良率、Majeed 评分及其优良率等指标与传统术前规划的患者相比无统计学差异。说明 3D 打印技术对于手术治疗髌臼骨折的主要改善在于提高手术质量、减少手术创伤,减少术后疼痛,并无法显著改善预后。但对于经验尚不丰富的医生而言,3D 打印技术的应用可以降低手术难度,提高术中复位质量和固定可靠性,术中辅助复位,在一定程度上间接地提高患者预后。需要注意的是术前规划应用 3D 打印模型未考虑到患者个体术中显露窗口血管、神经等软组织情况,针对性不强,这也可能是两组患者的预后无差异的原因之一,因此使用预弯钢板时最好在术中灵活调整钢板进行骨折端的复位以获得更好的预后。另外,本研究两组患者的并发症发生率都较低,且均未出现严重并发症,表明都具有较高的安全性,3D 打印技术的应用不会出现严重不良后果或不利因素。当然这也可能与 3D 打印技术仍然比较前沿,我们对其认识尚不够完善以及本组实验选取例数较少等因素有关。

综上所述,髌臼骨折术前规划中应用 3D 打印技术虚拟手术模拟,有助于提高术前诊断质量,手术操作更加准确、高效,可减少患者术后疼痛。

## 参考文献

[1] 柳鑫,曾参军,卢键森,等. 3D 打印计算机虚拟辅助技术在髌臼骨折术前规划中的应用[J]. 南方医科大学学报,2017,37(3): 378-382.

- [2] Moed BR, Kregor PJ, Reilly MC, et al. Current management of posterior wall fractures of the acetabulum [J]. Instr Course Lect, 2015, 64: 139-159.
- [3] 李宝丰, 章莹, 邵国良, 等. 3D 数字骨科技术在髌臼骨折治疗中的应用[J]. 南方医科大学学报, 2016, 36(7): 1014-1017.
- [4] 唐盛辉, 孙永建, 赵汉民, 等. 3D 打印技术辅助治疗高能量 Pilon 骨折的临床应用[J]. 中国矫形外科杂志, 2015(22): 2042-2046.
- [5] 魏新旺, 杨志, 姚军, 等. 3D 打印技术在骨盆骨折修复中的应用[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(44): 7163-7166.
- [6] Ayoub AF, Rehab M, O'Neil M, et al. A novel approach for planning orthognathic surgery: the integration of dental casts into three-dimensional printed mandibular models [J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2014, 43(4): 454-459.
- [7] 宋军, 梅益彰, 吴增城, 等. 复杂髌臼骨折复位及内固定的数字技术模拟研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 2013, 31(4): 393-396.
- [8] 黄华军, 张国栋, 欧阳汉斌, 等. 基于 3D 打印技术的复杂胫骨平台骨折内固定手术数字化设计[J]. 南方医科大学学报, 2015, 35(2): 218-222.
- [9] 项舟, 魏代清, 刘明, 等. 计算机辅助导航髌关节周围骨折及骨盆前后环骨折微创固定[J]. 中国修复重建外科杂志, 2015, 29(1): 10-13.
- [10] Fitzgerald CA, Morse BC, Dente CJ. Pelvic ring fractures: has mortality improved following the implementation of damage control resuscitation [J]. Am J Surg, 2014, 208(6): 1083-1090.
- [11] 邓爱文, 熊日波, 何伟明, 等. 髌臼骨折中应用 3D 打印技术术后的康复策略[J]. 南方医科大学学报, 2014, 34(4): 591-593.
- [12] Yu AW, Duncan JM, Daurka JS, et al. A feasibility study into the use of three-dimensional printer modelling in acetabular fracture surgery [J]. Adv Orthop, 2015, 2015: 617046.
- [13] 罗强, 刘德荣, 方欣硕, 等. 3D 打印技术在矫形外科的应用[J]. 中国修复重建外科杂志, 2014, 28(3): 268-271.
- [14] 周华, 高仕长, 周程鹏, 等. 三维重建模拟经皮拉力螺钉固定髌臼前柱骨折的解剖学研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 2015, 33(2): 148-154.
- [15] 胡守力, 梅继文, 穆尚强, 等. 基于数字模型设计髌臼后柱拉力螺钉固定导向器的可行性[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(48): 7200-7205.
- [16] Bizzotto N, Tami I, Santucci A, et al. 3D Printed replica of articular fractures for surgical planning and patient consent: a two years multicentric experience [J]. 3D Printing in Medicine, 2015, 2(1): 2.
- [17] 吴章林, 林海滨, 张国栋, 等. 3D 打印应用于髌臼骨折数字化设计的实验研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 2014, 32(3): 248-251.
- [18] Sciberras N, Frame M, Bharadwaj RG, et al. A novel technique for pre-operative planning of severe acetabular defects during revision hip arthroplasty [J]. British Editorial Society of Bone & Joint Surgery, 2013, 95(30): 63.

收稿日期: 2017-11-29 修回日期: 2017-12-25 编辑: 王国品