

# Application of 3D Printing Model Assisted Treatment in the Treatment of Tibial Plateau Fractures

Xiuhong Tang Yajun Gou Qing Wu Ying Tang Chenggang Hu\*

Department of Orthopaedics, Shapingba Hospital Affiliated to Chongqing University, Chongqing, 400030, China

## Abstract

**Objective:** Evaluate the feasibility, accuracy, and effectiveness of preoperative assistance plans based on 3D printing technology in the surgical treatment of complex tibial plateau fractures. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 43 patients with tibial plateau fractures who underwent 3D printing assisted technology and 25 patients who underwent routine surgery in the orthopedics department of Shapingba District People's Hospital in Chongqing from January 2019 to June 2020. In the experimental group, 43 patients underwent open reduction and internal fixation with steel plates after simulating preoperative steel plate preforming using 3D printing technology; The control group of 25 cases underwent traditional methods of open reduction and internal fixation with steel plates. Compare the intraoperative and postoperative outcomes between the two groups of patients. **Conclusions:** ① There was no significant difference in the preoperative baseline level between the two groups, and there was no significant rejection of the contents used intraoperatively. The incision length, operation time, intraoperative bleeding, postoperative drainage, hospital stay and bone healing time in the observation group were all less than those in the control group, and the difference was significant ( $P < 0.05$ ); there was no significant difference in the healing time of the incision between the two groups ( $P > 0.05$ ); ② the incidence of near and distant complications was better in the observation group than in the control group at 6~18 months postoperative follow-up in both groups, and the difference was significant ( $P < 0.05$ ); ③ the HSS score, Lysholm score, IKDC score and WOMAC score were significantly higher in the observation group than in the control group at postoperative and final follow-up ( $P < 0.05$ ), and there was no significant difference in the radiological evaluation of the two groups at postoperative and final follow-up. There was no significant difference between the two groups at postoperative and final follow-up ( $P > 0.05$ ); ④ suggesting that preoperative simulation planning based on 3D printing technology is feasible and accurate, and can provide an effective means for preoperative planning and precise fixation of complex tibial plateau fractures, thus improving repair outcomes.

## Keywords

3D printing; tibial plateau fracture; fracture reduction; knee function

## 3D 打印模型辅助治疗在胫骨平台骨折治疗中的应用

唐秀宏 苟亚军 吴庆 唐赢 胡成刚\*

重庆大学附属沙坪坝医院骨科, 中国·重庆 400030

## 摘要

**目的:** 评估基于3D打印技术的术前辅助计划在复杂胫骨平台骨折手术中的可行性、准确性和有效性。**方法:** 回顾性分析2019年01月至2020年06月重庆市沙坪坝区人民医院骨科采用3D打印辅助技术的43例和常规手术的25例的胫骨平台骨折患者临床资料。实验组43例采用基于3D打印技术的术前钢板预成型模拟后进行切开复位钢板内固定; 对照组25例采用传统方法进行切开复位钢板内固定。比较两组患者术中情况和术后疗效。**结论:** ①两组术前基线水平没有显著性差异, 术中使用内容物无明显排异反应, 观察组的切口长度、手术时间、术中出血量、术后引流量、住院时间、骨愈合时间均少于对照组, 差异有显著性意义 ( $P < 0.05$ ); ②两组患者的切口愈合时间比较, 差异无显著性差异 ( $P > 0.05$ ); ③两组患者术后随访6~18个月, 观察组患者的近远期并发症发生率均优于对照组, 差异有显著性意义 ( $P < 0.05$ ); ④观察组术后和末次随访HSS评分、Lysholm评分、IKDC评分、WOMAC评分均显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ), 两组放射学评价术后和末次随访时无显著差异 ( $P > 0.05$ ); ⑤提示基于3D打印技术的术前模拟计划是可行的、准确的, 可为复杂胫骨平台骨折的术前计划和精确固定提供有效手段, 从而改善修复效果。

## 关键词

3D打印; 胫骨平台骨折; 骨折复位; 膝关节功能

## 1 引言

胫骨平台是膝关节的重要组成部分, 要求尽量解剖复位, 治疗难度大, 复位差导致创伤性关节炎, 影像膝关节功能。手术治疗是复杂胫骨平台骨折治疗等主要方案, 高质量解剖复位及固定可减少术后创伤性关节炎、感染等并发症,

提高患者感受<sup>[1-3]</sup>。正确诊断骨折移位情况及术前准备, 能够保障骨折良好复位并固定, 尽量缩短手术时间及减少术后感染、骨不连等并发症<sup>[4-5]</sup>。

膝关节解剖复杂, 目前常规的 X 片、CT 三维重建等辅助检查手段能够显示骨折大致分型, 但因二维显示平面无法

完全达到三维显示效果,导致有些骨折显示不足,术中常发现骨折类型与术前检查有差异。精确的术前设计是手术获得成功的关键,因实际情况的不准确,导致内固定器放置困难,植骨量预估不足等,增加了手术困难,术中操作时间延长,增加术后感染、神经损伤、胫骨平台内翻角丢失等并发症的发生率,患者难以获得良好膝关节功能。

近年来,3D打印技术提供了更好的辅助显示胫骨平台骨折方案。术前将患者薄层CT数据进行1:1比例实体打印膝关节骨骼,不额外增加患者X线暴露时间,能更准确显示胫骨平台骨折类型,骨折块移位情况与术中所见一致,且可以进行体外预手术,准确设计术中内固定器放置及预估术中植骨量,可获得更高质量的骨折复位、良好的内固定器位置,减少手术时间,降低出血量,结合术后早期康复训练,患者获得更为满意的膝关节功能。

论文将2019年1月至2020年6月重庆市沙坪坝区人民医院骨科采用3D打印辅助技术的43例胫骨平台骨折设置为实验组,与同期传统手术治疗胫骨平台骨折的25例设置为对照组。对此部分临床资料进行分析。

## 2 对象和方法

### 2.1 一般资料

2019年1月至2020年6月在重庆市沙坪坝区人民医院骨科收治闭合性胫骨平台骨折患者,其中男28例,女15例;年龄 $49.53 \pm 16.30$ 岁,Schatzker分型分为IV型4例,V型18例,VI型21例。

纳入标准:①Schatzker分型为IV型、V型、VI型的胫骨平台骨折;②局部软组织条件良好能满足手术需要;③伤前膝关节功能正常,伤后到手术时间低于2周;④经专科医师检查后确定需行骨折切开复位内固定术治疗。

排除标准:①合并严重基础疾病,如血液系统疾病、严重骨质疏松、严重多发伤患者;②双侧胫骨平台损伤影响术后康复训练患者;③不同意选择手术治疗患者;④伤前有明显膝关节炎病变及膝关节手术史患者。

研究分组:此次研究获得重庆大学附属沙坪坝医院伦理委员会批准,审批号为202102,审批时间在2021年3月29日。两组患者对治疗及分组方案均知情并签署知情同意书。

### 2.2 方法

#### 2.2.1 术前准备

入组患者入院后按照诊疗规范进行检查,患侧给予跟骨牵引治疗。对合并休克患者进行损伤控制,评估稳定后行

手术治疗。两组患者手术由同一组经验丰富的高年资主任医师主刀完成。

#### 2.2.2 三维CT数据收集

仪器设备及参数扫描CT机:Philips公司的Brilliance64排CT。

扫描条件:120kv,300mA,1mm层厚。

#### 2.2.3 实验组方法

对患者膝关节进行CT数据加工,获得3D模型,以3D打印的模型(受伤侧或未受伤侧的镜像)为参照,术前模拟手术时对内固定钢板进行塑形。

#### 2.2.4 对照组方法

对照组术前没有3D打印模型,故仅根据术前影像资料(X片、CT)设计手术方案。

#### 2.2.5 术后处理

实验组与对照组患者术后均予以抗生素、止血、换药等治疗,由同一组康复师进行相同的康复训练。

#### 2.2.6 主要观察指标

将患者的手术时间、切口长度、术中出血量、引流量、切口愈合时间、住院时间和骨愈合时间进行比较。术后按照计划定期随访,随访内容包括并发症、膝关节活动度、HSS评分、Lysholm评分、IKDC评分、WOMAC评分、胫股角、胫骨平台后倾角、胫骨平台内翻角等情况。

#### 2.2.7 统计学分析

采用SPSS 19.0对获取数据进行统计学分析,独立样本t检验对计量资料进行统计,卡方检验对计数资料进行统计, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 3 结果

### 3.1 基线资料比较

本研究中两组患者性别、年龄、BMI、糖尿病等基础疾病、骨折分型、手术时机(骨折至手术前时间)等基线资料均无统计学差异,具有可比性,详见表1。

术后所有患者均得到随访,两组患者的随访时间6~18个月,没有死亡病例出现。

案例一:患者,男,46岁,右胫骨平台骨折Schatzker VI型,CT三维重建、3D打印、术前模拟、术后复查X线a术前CT三维重建正位;b术前3D打印正位;c术前CT三维重建侧位;d术前3D打印侧位;e术前模拟钢板固定正位;f术后X片正位;g术前模拟钢板固定侧位;h术后X片侧位。详见图1。

案例二:患者,男,30岁,左胫骨平台骨折Schatzker V型,CT三维重建、3D打印、术前模拟、术后复查X线a术前CT三维重建正位;b术前3D打印正位;c术前CT三维重建侧位;d术前3D打印侧位;e术前模拟钢板固定正位;f术后X片正位;g术前模拟钢板固定侧位;h术后X片侧位。详见图2。

【作者简介】唐秀宏(1983-),男,中国重庆人,硕士,副主任医师,从事创伤外科、关节外科研究。

【通讯作者】胡成刚(1987-),男,中国四川资阳人,本科,骨科主治医师,从事创伤、关节外科研究。

表 1 术前一般资料

因素 Factors	3D 打印组 (n=43) 3D group	对照组 (n=25) Control group	t/x <sup>2</sup>	P
性别 (男/女) Gender (M/F)	28/15	16/9	0.009	0.926
年龄 (岁, x ± s) Age (years, Mean ± SD)	49.53 ± 16.30	49.44 ± 12.98	0.874	0.149
BMI (x ± s) BMI (Mean ± SD)	24.14 ± 3.07	23.22 ± 2.89	1.283	0.102
糖尿病 Diabetes	4	2	0.033	0.855
高脂血症 Hyperlipidemia	2	3	1.383	0.240
骨折分型 (IV / V / VI) Fracture classification (IV / V / VI)	4/18/21	3/9/13	0.280	0.869
手术时机 (d, x ± h) Fracture occur during time to operation (Mean ± SD)	10.02 ± 5.14	9.12 ± 4.62	1.146	1.010

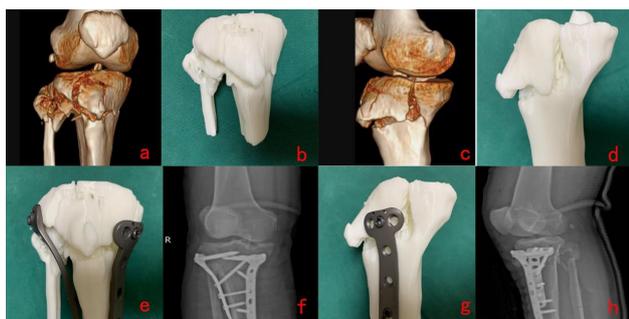


图 1

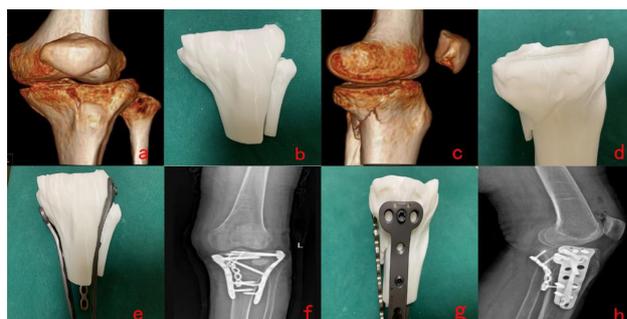


图 3



图 2

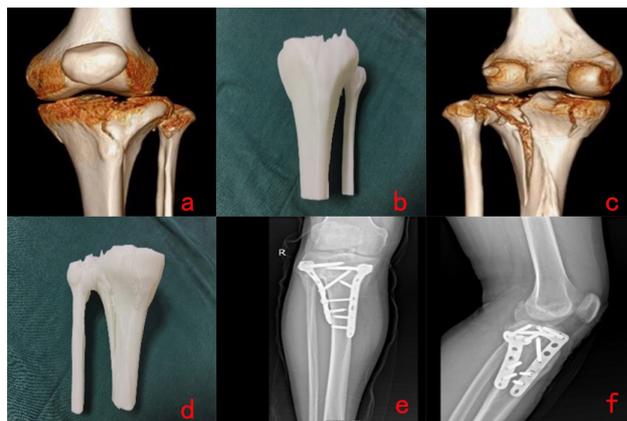


图 4

案例三：患者，女，72岁，左胫骨平台骨折 Schatzker V型，CT 三维重建、3D 打印、术前模拟、术后复查 X 线 a 术前 CT 三维重建正位；b 术前 3D 打印正位；c 术前 CT 三维重建侧位；d 术前 3D 打印侧位；e 术前模拟钢板固定正位；f 术后 X 片正位；g 术前模拟钢板固定侧位；h 术后 X 片侧位。详见图 3。

案例四：患者女，25岁，左胫骨平台骨折 Schatzker V型，CT 三维重建、3D 打印、术前模拟、术后复查 X 线 a 术前 CT 三维重建正位；b 术前 3D 打印正位；c 术前 CT 三维重建侧位；d 术前 3D 打印侧位；e 术后 X 片正位；f 术后 X 片侧位。详见图 4。

### 3.2 植入物与宿主的生物相容性

此次研究中所用植入物生物相容性良好。

### 3.3 末次随访与术后对比

观察组的手术时间、切口长度、术中出血量、术后引流量、骨愈合时间、住院时间均少于对照组，差异有显著性意义 ( $P < 0.05$ )；观察组术后和末次随访 HSS 评分、Lysholm 评分、IKDC 评分、WOMAC 评分均显著高于对照组 ( $P < 0.05$ )，两组放射学评价术后和末次随访时无显著差异 ( $P > 0.05$ )。详见表 2。

表2 两组组内膝关节 HSS 评分、Lysholm 评分、IKDC 评分、WOMAC 评分对比  
(末次随访与术后)

参数 Parameter	HSS 评分		Lysholm 评分		IKDC 评分		WOMAC 评分	
	3D 打印组	对照组	3D 打印组	对照组	3D 打印组	对照组	3D 打印组	对照组
术后	70.79 ± 5.11	65.72 ± 3.03	62.86 ± 3.82	54.36 ± 2.07	57.53 ± 4.68	47.36 ± 2.18	44.28 ± 4.73	52.39 ± 1.06
末次随访	90.28 ± 3.40	108.84 ± 9.26	74.47 ± 3.44	60.15 ± 1.98	68.02 ± 5.06	51.15 ± 1.66	29.64 ± 3.34	47.99 ± 0.82
t	-20.824	3.010	-14.803	4.062	-11.248	2.585	15.907	2.004
P 值	0.000	0.034	0.000	0.045	0.000	0.048	0.000	0.023

## 4 讨论

### 4.1 胫骨平台骨折的手术治疗

胫骨平台骨折是临床常见骨折，其发病率约占全身骨折 4.18%，常由高能量损伤所致。胫骨平台大部分为松质骨，损伤多合并关节面不平整，且半月板及交叉韧带常常受累，从而造成膝关节内外侧不稳定，若处理不当，极易导致膝关节疼痛、退变加速，生活质量降低。胫骨平台正常的解剖形态是膝关节稳定的基础，故大多数学者选择骨折切开复位锁定钢板、螺钉内固定术治疗方案，手术入路选择内外侧联合入路为佳。术中精准复位及牢固固定，利于术后早期康复训练，以期获得满意的膝关节功能。

只有精确的诊断及术前规划，熟练且精准的术中复位，良好的内固定器位置，更短的手术时间，才能减少术后并发症，方能获得良好的临床疗效。对于 Schazker IV 型、V 型、VI 型胫骨平台骨折，其治疗的重点及难点在于防止碎裂骨折块位置丢失，选择前外侧联合后内侧切口入路及双锁定钢板作为固定材料的方案，能充分显露术野利于骨折复位，锁定钢板的支持作用联合适当人工骨植骨，对恢复胫骨平台高度及维持骨折复位，效果确切。文献资料显示此方案与传统手法治疗相比较，针对 Schazker V 型、VI 型复杂胫骨平台骨折，在精准复位骨折块及恢复下肢力线方面，优势明显，可满足膝关节早期功能锻炼的需要，后期效果满意；能有效降低住院时间及术后感染、内固定器失效、骨不连等并发症的发生率。

### 4.2 3D 打印辅助胫骨平台骨折治疗的安全性及有效性

由于显示差异，电脑屏幕的图像无法真正反映出真实世界，特别是复杂的胫骨平台骨折，且不能完成高质量的术前规划。与常规 X 线片、MRI、CT 三维重建等技术相比，3D 打印实物具有直观性、体外操作性与可触摸性，在骨科治疗中占据越来越重要的地位，逐渐成为热点。对于胫骨平台骨折特别是复杂胫骨平台骨折，利用薄层 CT 扫描影像学数据资料，通过 3D 打印技术，可以精准地打印出 1 : 1 的实体模型。术者能够全方位了解骨折块的粉碎程度及移位情况，掌握胫骨平台塌陷情况，在术前对关节面进行虚拟修复，并评估植骨量，促进解剖关系的恢复制定出个性化手术

方案。有研究表明：与传统常规手术对比，在骨折复位质量以及术后膝关节功能满意度当面对，3D 打印辅助技术有明显优势。

本研究纳入的观察组 43 例 Schatzker 分型为 IV 型、V 型、VI 型的胫骨平台骨折（图 1 至图 4 为典型病例），通过 3D 打印技术将术前 CT 扫描数据转变成 1 : 1 实物，通过对模型观察进一步确定胫骨平台内外侧压缩、塌陷情况，预手术首先恢复内侧最大骨折块，以此为参照，撬拨复位关节面，恢复关节线高度，恢复膝关节力线，同时选择合适钢板、螺钉位置，预估可能需要的植骨量，制定个性化手术方案。

总之，在 Schatzker 分型为 IV 型、V 型、VI 型的胫骨平台骨折中，利用 3D 打印技术建立实体模型，精准表现出骨折块情况，预手术能提高骨折块复位质量，选择合适的内固定器及最佳的钢板螺钉放置位置，作出更精确的术前计划，术中选择后内侧及前外侧切口联合切口，满足术野良好显露，降低骨折复位难度，更容易获得贴服内固定，恢复膝关节力线，降低切口感染、创伤性关节炎、骨不连、内固定失效等并发症的发生率。故 3D 打印技术辅助联合应用前外侧后内侧切口结合双锁定钢板内固定术，可有效地解决复杂胫骨平台骨折内固定术中的难题。

此次研究的局限性在于样本量比较小，需要进行更多样本量、长期的随机对照临床研究来证明该技术的有效性。

### 参考文献

- [1] Dong Xie-Ping, Zhang Yuan-Wei, Wang Zhe, et al. Clinical application of three-dimensional printing assisted percutaneous guide plate in minimally invasive reduction and internal fixation of tibial plateau fracture[J].Asian J Surg, 2020(43):921-923.
- [2] 汤春平.锁定钢板内固定并植骨治疗复杂胫骨平台骨折的效果[J].临床医药文献电子杂志,2017,4(32):6183-6184.
- [3] 李伟清.锁定钢板内固定治疗复杂胫骨平台骨折的疗效分析[J].中国伤残医学,2016,24(11):50-51.
- [4] 余金林.复杂胫骨平台骨折手术时机与手术方式选择及疗效分析[J].双足与保健,2017,26(15):124-125.
- [5] 刘畅.X线、CT平扫+三维重建结合3D打印技术应用于复杂胫骨平台骨折术前设计中的临床价值[J].影像研究与医学应用,2020,4(17):83-84.