

·临床研究论著·

3D 打印技术在 Schatzker V、VI 型胫骨平台骨折术前规划中的应用

付强 刘曦明 兰生辉 汪国栋 蔡贤华

【摘要】 目的 探讨 3D 打印技术在 Schatzker V、VI 型胫骨平台骨折术前规划中的应用效果。**方法** 回顾性分析 2014 年 3 月至 2018 年 7 月我院骨科收治的 74 例胫骨平台骨折病人的病例资料,根据术前是否使用 3D 打印技术进行手术规划分为 3D 打印组和常规组。其中 3D 打印组 31 例(31 膝),男 20 例,女 11 例,年龄为(45.71±9.98)岁,Schatzker V 型 19 膝,Schatzker VI 型 12 膝。常规组 43 例(43 膝),男 26 例,女 17 例,年龄为(45.86±9.94)岁,Schatzker V 型 30 膝,Schatzker VI 型 13 膝。记录并比较两组手术时间、术中出血量、术中透视次数、术后住院时间、骨折愈合时间、末次随访时影像学 Rasmussen 评分、美国特种外科医院膝关节评分(hospital for special surgery knee score, HSS)、疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分及并发症情况。**结果** 3D 打印组手术时间为(96.29±8.92) min,术中出血量为(221.94±47.50) ml,术中透视次数为 6(5, 6)次,术后住院时间为 9(7, 14)d;常规组手术时间为(112.53±12.19) min,术中出血量为(296.28±74.26) ml,术中透视次数为 8(7, 9)次,术后住院时间为 12(9, 15) d,以上项目两组间比较,差异均有统计学意义(P 均 <0.05)。所有病人随访记录完整,3D 打印组随访时间为(15.94±2.26)个月,常规组为(15.63±1.94)个月。两组间骨折愈合时间、末次随访时影像学 Rasmussen 评分、HSS 评分、VAS 评分的差异均无统计学意义(P 均 >0.05)。**结论** 3D 打印技术在 Schatzker V、VI 型胫骨平台骨折术前规划中的应用能缩短手术时间,减少手术中出血量,减少术中透视次数并能缩短术后住院时间。

【关键词】 胫骨;骨折;3D 打印技术;骨折固定术,内

Application of 3D printing technology in preoperative planning of Schatzker V and VI tibial plateau fractures. FU Qiang, LIU Xi-ming, LAN Sheng-hui, WANG Guo-dong, CAI Xian-hua. Department of Orthopaedics, Central Theater General Hospital of the Chinese People's Liberation Army, Wuhan 430070, China

Corresponding author: LIU Xi-ming, E-mail: gkxlm@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the effect of 3D printing technique in preoperative planning of Schatzker V and VI tibial plateau fractures. **Methods** From March 2014 to July 2018, the clinical data of 74 patients with tibial plateau fractures in our hospital were retrospectively analyzed. According to whether 3D printing technology was used before operation, the patients were divided into 3D printing group and conventional group. There were 31 cases (31 knees) in the 3D printing group, including 20 males and 11 females with age of (45.71±9.98) years, and 19 cases of Schatzker V and 12 Schatzker VI. There were 43 cases (43 knees) in the conventional group, including 26 males and 17 females with age of (45.86±9.94) years, and 30 cases of Schatzker V and 13 cases of Schatzker VI. Operation time, intraoperative blood loss, intraoperative number of fluoroscopy, postoperative hospital stay, fracture healing time, imaging Rasmussen score, hospital for special surgery knee score (HSS), visual analogue scale (VAS) score at the last follow-up, and complications of each group were compared and statistically analyzed. **Results** In 3D printing group, operation time was (96.29±8.92) min, intraoperative blood loss was (221.94±47.50) ml, intraoperative fluoroscopy times were 6 (5, 6), postoperative hospital stay was 9 (7, 14) days. In conventional group, average operation time was (112.53±12.19) min, intraoperative blood loss was (296.28±74.26) ml, intraoperative fluoroscopy times were 8 (7, 9), and postoperative hospital stay was 12 (9, 15) days. There were significant differences in the data above between the two groups ($P < 0.05$ for all). All patients were followed up for 12 to 18 months [for 3D printing group, (15.94±

DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2020.01.006

基金项目:湖北省卫生和计划生育委员会面上项目(WJ2018H0064)

作者单位:中国人民解放军中部战区总医院骨科,武汉 430070

通信作者:刘曦明, E-mail: gkxlm@163.com

2.26) months; for conventional group, (15.63±1.94) months]. There were no significant differences in fracture healing time, imaging Rasmussen score, HSS score and VAS score between the two groups (all $P > 0.05$).

Conclusion The application of 3D printing technology in preoperative planning was beneficial to the treatment of Schatzker V and VI tibial plateau fractures, which can shorten the operation time, reduce the blood loss during surgery, decrease intraoperative fluoroscopy times and shorten the postoperative hospital stay.

【Key words】 Tibial; Fracture; 3D printing technology; Fracture fixation, internal

胫骨平台是下肢重要的承重关节面,胫骨平台骨折常见于车祸和高处坠落伤等高能量损伤。复杂胫骨平台骨折类型多样且临床表现复杂,常合并严重的软组织损伤。此类骨折通常需要手术治疗,但治疗效果不尽如人意,一方面因为骨折及周围软组织损伤较重,重建难度大;另一方面与术前准备、术中操作及术后指导功能锻炼不合理等因素有关。因此需要良好的术前规划,综合考虑胫骨平台骨折类型、软组织条件及病人全身状况,选择合适的治疗方案^[1-3]。近年我科使用3D打印技术为复杂胫骨平台骨折术前规划,该技术能打印直观的实物模型,有助于模拟术中重要步骤的操作^[4-6]。本研究回顾性分析了2014年3月至2018年7月我科手术治疗的74例Schatzker V、VI型胫骨平台骨折病人的病例资料,探讨3D打印技术在Schatzker V、VI型胫骨平台骨折手术术前规划中的应用效果。

资料与方法

一、纳入与排除标准

纳入标准:①新鲜、闭合的单侧胫骨平台骨折;②Schatzker分型为V、VI型;③年龄为27~70岁;④术后随访资料完整,至少随访6个月。

排除标准:①受伤时间超过3周;②先天性膝关节畸形;③开放性骨折及病理性骨折;④合并血管及神经损伤;⑤合并同侧股骨骨折;⑥合并难以控制的糖尿病、感染性疾病及精神障碍者。

二、一般资料

根据纳入和排除标准,共74例胫骨平台骨折病人纳入本研究。所有病人术前均拍摄膝关节正侧位X线片及CT扫描三维重建,对骨折进行分型并评估软组织条件。根据术前是否使用3D打印技术进行

手术规划分为3D打印组和常规组。统计两组病人术前一般资料(性别、年龄、受伤机制、骨折分型),两组比较,差异无统计学意义($P < 0.05$,表1)。

三、术前准备及处理

(一)围手术期处理

①向病人或家属介绍手术及术后康复方案;②术前肿胀不明显者暂行支具外固定,对骨折移位明显、肿胀明显的病人行跟骨牵引,待消肿后手术;③鼓励病人进行踝泵运动等训练;④鼓励病人进食高蛋白食物,术前禁饮2h、禁食6h,不常规灌肠;⑤术前联合应用非甾体类和吗啡类镇痛药;⑥使用蛛网膜下腔阻滞联合硬膜外麻醉或者全身麻醉。

(二)3D打印辅助复位

将3D打印组病人胫骨平台的CT扫描Dicom数据导入Mimics 14.0软件(Materialise公司,比利时)中进行三维重建,得到胫骨平台骨折模型。记录各个关键骨折块的形态大小、移位方向、移位距离、旋转角度、关节面塌陷部位及程度等,再将扫描数据转化为STL格式文件,导入MakerBotReplicator2 3D打印机(MakerBot公司,美国),打印出1:1的实物模型。规划手术入路,将软件可识别骨块独立打印,对软件不能识别的骨块在实物模型上切割后,在模型上对各关键骨块进行模拟复位,记录接骨板的长度及放置位置、螺钉及克氏针方向及长度。根据复位后骨缺损的情况预估术中是否需要植骨。虚拟手术后,选择合适的接骨板、螺钉及克氏针消毒备用。

四、手术方法

病人腰硬联合麻醉或者全身麻醉后,根据术前模拟(3D打印组)手术情况或经验(常规组),选择仰卧位或漂浮体位,常规消毒铺无菌巾。常规组根据术前影像学资料结合既往经验采取内外侧双入路或

表1 两组病人术前一般资料比较

组别	例数	性别 (男/女,例)	年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	Schatzker分型 (V型/VI型,例)	致伤原因 (高坠伤/摔伤/交通伤,例)
3D打印组	31	20/11	45.71±9.98	19/12	8/7/16
常规组	43	26/17	45.86±9.94	30/13	13/8/22
$t(\chi^2)$ 值	-	0.126	0.064	0.579	0.266
P值	-	0.723	0.949	0.447	0.876

联合后侧入路,根据骨折部位及类型,由解剖复位标志较明显的一侧开始,先恢复一侧骨折高度并复位骨折块,再复位骨折移位明显及粉碎严重的另一侧,恢复关节面平整及匹配。关节面抬起后,关节面下骨缺损及干骺端骨缺损处采用同种异体骨植骨。使用接骨板、螺钉及克氏针固定骨折块及支撑关节面。透视内固定位置及长度,如不满意再行调整。3D 打印组按术前模拟手术设计选择入路,逐层显露,骨折复位后使用预先选定的内固定物固定,关节面下骨缺损及干骺端骨缺损处采用同种异体骨行植骨处理,并透视骨折复位情况。两组在完成骨折内固定后,对外侧半月板直视下探查,如有损伤予以修复;侧方应力试验检查内外侧副韧带,如膝关节不稳则延长切口修复侧副韧带。冲洗切口后,放置引流管,逐层闭合切口。

五、术后处理

术后抬高患肢,予以头孢唑啉钠预防感染,切口前半小时一次,术后继续使用 1~2 d。术后 24~48 h 引流量少于 50 ml 拔除引流管。术后第 2 天予以低分子肝素钠抗凝治疗 2 周。患处冰敷,术后 24~48 h 待患处疼痛好转,在康复科专科医生指导下开始功能锻炼。病人手术后 1、2、3、6、12、18 个月由下肢创伤高级职称医生门诊复查,评估骨折愈合情况,指导病人行功能锻炼。经影像学检查证实骨折基本愈合后开始负重行走。

六、疗效评价

记录每例病人的手术时间、术中出血量、术中透视次数、术后住院时间。术后第 1、3、6、12、18 个月下肢创伤专科门诊复查,评估骨折愈合情况,记录出现的并发症。通过术后 X 线片及三维 CT 评估骨折复位质量及螺钉位置,并记录末次随访时膝关节影像学 Rasmussen 评分、美国特种外科医院膝关节评分(hospital for special surgery knee score, HSS)、疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分及并发症情况。

七、统计学分析

应用 SPSS 21.0 统计学软件(IBM 公司,美国)行

统计学分析,两组病人计量资料进行正态性检验及方差齐性检验,符合正态分布且方差齐的计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,两组间比较采用独立样本 *t* 检验;不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,两组间比较采用秩和检验。两组病人计数资料的比较采用卡方检验, $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

结 果

两组病人术后获得 12~18 个月随访,3D 打印组随访时间为(15.94±2.26)个月,常规组随访时间为(15.63±1.94)个月,差异无统计学意义($P > 0.05$)。3D 打印组的手术时间、术中出血量、术中透视次数、术后住院时间少于常规组,差异均有统计学意义(P 均 < 0.05 , 表 2)。3D 打印组骨折愈合时间为 16~24 周(中位数为 20 周),末次随访时影像学 Rasmussen 评分为 16(14, 16)分, HSS 评分为 90(84, 95)分, VAS 评分为 0~4 分(中位数为 2 分);常规组骨折愈合时间为 16~32 周(中位数为 20 周),末次随访时影像学 Rasmussen 评分为 16(14, 18)分, HSS 评分为 88(85, 95)分, VAS 评分为 0~4 分(中位数为 2 分),两组比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。

3D 打印组有 1 例切口延迟愈合,常规组有 3 例切口延迟愈合,以上均经换药处理后愈合,无深部感染。3D 打印组未出现螺钉穿入关节及螺钉钉尖、钉尾对周围软组织的激惹。常规组有 2 例病人出现钉尾激惹症状,局部皮肤疼痛不适,行内固定取出手术后好转。常规组有 1 例病人在术中行克氏针临时固定时损伤腓总神经,给予口服甲钴胺片[卫材(中国)药业有限公司]营养神经治疗后痊愈。3D 打印组病人骨折均在 4~6 个月愈合,常规组有 1 例病人延迟愈合,加用外固定支具并延迟下地活动时间后,在 8 个月时骨折愈合。两组病人均未出现明显复位丢失。3D 打印组和常规组各有 2 例合并侧副韧带损伤,在行骨折固定后,予以修复侧副韧带,术后加用膝关节可调支具保护,随访中未出现膝关节不稳。典型病例见图 1。

表 2 两组病人术中及随访资料比较

组别	例数	手术时间 ($\bar{x}\pm s$, min)	术中出血量 ($\bar{x}\pm s$, ml)	透视次数 [$M(P_{25}, P_{75})$, 次]	术后住院时间 [$M(P_{25}, P_{75})$, d]
3D 打印组	31	96.29±8.92	221.94±47.50	6(5, 6)	9(7, 14)
常规组	43	112.53±12.19	296.28±74.26	8(7, 9)	12(9, 15)
统计量	-	6.619	5.244	5.155	2.035
<i>P</i> 值	-	<0.001	<0.001	<0.001	0.042



图1 病人,男,52岁,因车祸伤致右胫骨平台骨折(Schatzker V型) a~d:术前影像学资料提示胫骨平台骨折移位;e:采用计算机Mimics三维成像;f,g:模型上将骨块切割后复位并固定;h,i:术后3 d复查X线片,骨折对位良好;j,k:术后12个月复查X线片,右胫骨平台骨折愈合;l:右膝屈曲功能情况良好

讨 论

Schatzker 分型为 V、VI 型的胫骨平台骨折属于高能量损伤导致的关节内骨折,通常还合并膝关节周围软组织损伤。膝关节周围解剖复杂,骨折复位困难,手术时间长,治疗具有很大挑战性,如处理不当会出现严重并发症^[7,8],如感染及组织坏死、深静脉血栓、畸形愈合、创伤性关节炎、血管神经损伤等,因此对术者的经验要求非常高,必须要有完善的术前手术规划。我们在传统的术前计划中,根据 X 线片及 CT 三维重建图像的结果,判断受伤机制,在脑海中构思手术,在具体手术操作中,经常需要根据骨折复位情况反复调整接骨板及螺钉的位置及方向,以期达到理想的固定效果,增加了手术创伤,可能造成手术副损伤^[9]。

3D 打印技术提供了一种虚拟向现实转化的有效途径^[10-12],具有以下优点:①术前预演手术,方便向病人解释病情及手术方案;②术前模拟骨折复位,减少了术中调整钢板、螺钉方向及长度的时间;③针对骨折复位的难点作出应对预案,优化步骤,降低出现副损伤的概率;④将手术直观化,操作性强,缩短学习曲线。目前广泛应用在骨科的多个领域,特别是在复杂的关节部位骨折、颈椎及骨盆髌臼骨折中应用较多^[4,6]。

我们对于复杂胫骨平台骨折,术前 1:1 打印出骨折部位,能直观地在实物上了解骨折情况,规划手术^[13]。将一部分可能在术中出现的情况在术前作出预案,本回顾性研究中 3D 打印组在手术时间、术中出血量、术中透视次数、术后住院时间上均少于常规组,这符合加速康复外科(enhanced recovery after surgery, ERAS)理念,精度高、创伤小、手术时间短的手术操作是未来发展的方向。

但在 3D 打印技术的应用过程中我们发现一些问题,首先,3D 打印技术对设备要求较高,会增加医疗费用,同时需要专业人士操作,不利于广泛开展;其次,3D 模型上均没有反映出膝关节周围软组织及重要血管神经的情况,对病情的反映不够全面;而且,3D 模型材料目前无法模拟出人体骨骼复杂的质感,模型不能打印出骨松质,还原度尚有欠缺;最后,3D 打印模型需要一定时间,不能应用于急诊手术。所以 3D 打印技术本身还有一些局限性,医师在实践中需要注意扬长避短,同时研究改进方法。

本研究通过对两组手术时间、术中出血量、术中透视次数、术后住院时间的比较,3D 打印组优于常

规组;而术后 12~18 个月的随访疗效,3D 打印组并未显示出明显优势,说明应用 3D 打印技术规划手术,病人主要在围手术期获益,而对长期随访病例的疗效并无明显影响,胫骨平台骨折的治疗效果最终取决于良好的骨折复位,下肢力线的恢复,以及合理的功能锻炼^[3]。

同时本研究尚有一些不足之处,首先病例样本数较少,随访时间较短,对远期的功能及并发症缺乏有效跟踪,其次本研究为回顾性研究,分组的科学性存在固有缺陷,我们希望能在今后的工作中进一步作出探索和改进。

参 考 文 献

- [1] Barei DP, Nork SE, Mills WJ, et al. Complications associated with internal fixation of high-energy bicondylar tibial plateau fractures utilizing a two-incision technique [J]. *J Orthop Trauma*, 2004, 18 (10): 649-657.
- [2] 王国旗, 张里程, 唐佩福. 胫骨平台骨折的治疗策略与进展[J]. *中华骨科杂志*, 2016, 36(18): 1202-1207.
- [3] Thomas Ch, Athanasiov A, Wullschlegler M, et al. Current concepts in tibial plateau fractures [J]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*, 2009, 76(5): 363-373.
- [4] 王锋, 汪国栋, Chao Xie, 等. 3D 打印技术在髌臼后壁骨折手术治疗中的应用[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2016, 18(2): 120-125.
- [5] Zeng C, Xing W, Wu Z, et al. A combination of three-dimensional printing and computer-assisted virtual surgical procedure for pre-operative planning of acetabular fracture reduction [J]. *Injury*, 2016, 47(10): 2223-2227.
- [6] Lal H, Patralekh MK. 3D printing and its applications in orthopaedic trauma: a technological marvel [J]. *J Clin Orthop Trauma*, 2018, 9(3): 260-268.
- [7] 张毅杰, 陈雁西, 张坤, 等. 基于 CT 三维重建图像的胫骨平台形态学研究及其临床意义[J]. *中华创伤杂志*, 2017, 33(1): 63-68.
- [8] 黄波. 双切口金属植入物内固定修复 Schatzker V、VI 型胫骨平台双髌骨骨折[J]. *中国组织工程研究*, 2015, 19(15): 2330-2335.
- [9] Kugelman D, Qatu A, Haglin J, et al. Complications and unplanned outcomes following operative treatment of tibial plateau fractures [J]. *Injury*, 2017, 48(10): 2221-2229.
- [10] Lou Y, Cai L, Wang C, et al. Comparison of traditional surgery and surgery assisted by three dimensional printing technology in the treatment of tibial plateau fractures [J]. *Int Orthop*, 2017, 41(9): 1875-1880.
- [11] Xie L, Chen C, Zhang Y, et al. Three-dimensional printing assisted ORIF versus conventional ORIF for tibial plateau fractures: a systematic review and meta-analysis [J]. *Int J Surg*, 2018, 57: 35-44.
- [12] Giannetti S, Bizzotto N, Stancati A, et al. Minimally invasive fixation in tibial plateau fractures using an pre-operative and intra-operative real size 3D printing [J]. *Injury*, 2017, 48(3): 784-788.
- [13] 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.

(收稿日期: 2019-08-02)

(本文编辑: 龚哲妮)