

3D 打印技术在腓骨头上入路治疗 复杂胫骨平台后外侧骨折中的临床应用

刘 波, 曹光华, 张文玺, 杨 栋, 姜 辉, 乔之军

(江苏省溧阳市人民医院 骨科, 江苏 溧阳, 213300)

摘要: **目的** 探讨 3D 打印技术在腓骨头上入路治疗复杂胫骨平台后外侧骨折中的临床应用价值。**方法** 回顾性分析 67 例接受腓骨头上入路治疗的复杂胫骨平台后外侧骨折患者的临床资料, 根据术前是否采用 3D 打印模拟手术将患者分为 3D 打印组 35 例和常规组 32 例。比较 2 组患者的手术时间、术中出血量、术中透视次数, 观察术后切口感染、腓血管损伤、腓总神经损伤等并发症发生情况。随访骨折愈合时间, 术后 6 个月评估 Rasmussen 评分, 末次随访时评估美国特种外科医院 (HSS) 膝关节功能评分。**结果** 67 例患者随访时间为 14~22 个月; 2 组各有 1 例患者发生术后切口感染, 均未发生腓血管损伤、腓总神经损伤、下肢深静脉血栓等并发症; 3D 打印组患者手术时间、术中出血量、术中透视次数均短于或少于常规组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 2 组患者骨折愈合时间、术后 6 个月 Rasmussen 评分、末次随访时 HSS 评分比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。**结论** 3D 打印技术应用于复杂胫骨平台后外侧骨折患者的腓骨头上入路治疗中, 可以优化手术方案, 缩短手术时间, 减少术中出血量和透视次数。

关键词: 3D 打印; 骨折; 胫骨平台; 腓骨头上入路; 内固定

中图分类号: R 683.42; R 687.3; R 319 文献标志码: A 文章编号: 1672-2353(2024)05-017-04 DOI: 10.7619/jcmp.20232950

Clinical application of 3D printing technology in the treatment of complex posterolateral tibial plateau fractures using the suprafibular approach

LIU Bo, CAO Guanghua, ZHANG Wenxi, YANG Dong,
JIANG Hui, QIAO Zhijun

(Department of Orthopedics, Liyang People's Hospital in Jiangsu Province, Liyang, Jiangsu, 213300)

Abstract: **Objective** To investigate the clinical application value of 3D printing technology in the treatment of complex posterior lateral tibial plateau fractures using the suprafibular approach. **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 67 patients with complex posterior lateral tibial plateau fractures treated with the suprafibular approach. Patients were divided into 3D printing group (35 cases) and conventional group (32 cases) based on whether 3D printing simulation surgery was used preoperatively. The operation time, intraoperative blood loss, and intraoperative fluoroscopy frequency were compared between the two groups. Postoperative complications such as incision infection, popliteal vessel injury, and common peroneal nerve injury were observed. Fracture healing time was recorded during follow-up, and Rasmussen scores were evaluated at 6 months postoperatively. The Hospital for Special Surgery (HSS) knee function score was assessed during the final follow-up. **Results** The follow-up duration for 67 patients was 14 to 22 months. One patient in each group developed postoperative incision infection, and no complications such as popliteal vessel injury, common peroneal nerve injury, or deep venous thrombosis of the lower extremity occurred. The operation time, intraoperative blood loss, and intraoperative fluoroscopy frequency were significantly lower in the 3D printing group than in the conventional group ($P < 0.05$). There were no significant differences in fracture healing time, Rasmussen scores at 6 months postoperatively, and HSS scores during the final follow-up between the two groups ($P > 0.05$). **Conclusion** The application

of 3D printing technology in the treatment of complex posterior lateral tibial plateau fractures using the suprafibular approach can optimize surgical plans, shorten operation time, and reduce intraoperative blood loss and fluoroscopy frequency.

Key words: 3D printing; fracture; tibial plateau; suprafibular approach; internal fixation

胫骨平台后外侧骨折约占所有胫骨平台骨折的 15%^[1]。由于腓骨头、腓窝血管、腓总神经及膝关节后外侧复合体的影响,胫骨平台后外侧骨折的暴露和有效固定一直是骨折治疗中的难点^[2]。腓骨头上入路治疗简单胫骨平台后外侧骨折的效果良好^[1,3],但目前临床上鲜有关于该入路治疗复杂胫骨平台后外侧骨折的报道。近年来,3D 打印技术辅助治疗关节周围复杂骨折取得了良好疗效^[4]。本研究探讨 3D 打印技术在腓骨头上入路治疗 Schatzker V/VI 型累及后外侧平台的复杂胫骨平台骨折中的应用价值,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析溧阳市人民医院 2017 年 7 月—2022 年 2 月收治的 67 例累及后外侧平台的

Schatzker V/VI 型复杂胫骨平台骨折患者的临床资料,根据是否使用 3D 打印技术辅助手术将患者分为 3D 打印组 35 例和常规组 32 例。纳入标准:① Schatzker V/VI 型胫骨平台骨折患者;② 经 CT 检查证实胫骨平台后外侧骨折者;③ 接受腓骨头上入路结合胫骨近端解剖锁定板手术治疗者;④ 年龄>18 岁者。排除标准:① 开放性骨折或陈旧性骨折患者;② 膝关节畸形或既往有胫骨平台骨折史患者;③ 合并患肢重要血管、腓总神经损伤或严重内科疾病者;④ 既往存在膝关节功能障碍、术后不能配合康复治疗、不能配合随访者。2 组患者性别、年龄、致伤原因、胫骨平台 Schatzker 分型等比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),见表 1。本研究经溧阳市人民医院医学伦理委员会审核批准,所有患者对研究知情同意并签署手术同意书。

表 1 2 组患者一般资料比较[n(%)]($\bar{x}\pm s$)

组别	n	性别		年龄/岁	致伤原因			Schatzker 分型		受伤至手术时间/d
		男	女		交通伤	高处坠落伤	摔伤	V 型	VI 型	
常规组	32	17(53.1)	15(46.9)	48.1±10.8	15(46.9)	10(31.2)	7(21.9)	20(62.5)	12(37.5)	8.0±1.6
3D 打印组	35	21(60.0)	14(40.0)	48.3±10.2	17(48.6)	9(25.7)	9(25.7)	22(62.9)	13(37.1)	8.2±1.6

1.2 术前准备及模拟手术

患者入院后,予石膏托或支具固定患肢,消肿、镇痛、抗凝等治疗,完善膝关节正侧位 X 线片、膝关节 CT、MRI 检查。3D 打印组:根据术前骨折 CT 检查结果,应用 Mimics 软件重建骨折模型,使用 3D 打印机打印 4:1 骨折模型;术前仔细观察 3D 打印模型,明确骨折块位置、大小、移位方向,预估需要复位、固定的骨折块;选择胫骨平台外侧解剖锁定板模拟手术,确定接骨板的最佳放置位置和螺钉植入的方向与长度。

1.3 手术方法

患者接受全身麻醉或椎管内麻醉,患肢使用气囊止血带。由于胫骨内侧平台骨折多为大块骨折劈裂,骨折类型相对简单,很少有关节面压缩,一般先行后内侧切口处理内侧平台。做后内侧切口,逐层切开,保护鹅足腱,暴露内侧平台,复位后选择塑形后的锁定重建板或“T 型”锁定接骨板固定内侧平台。外侧腓骨头上入路切口起于膝关节

外侧副韧带前缘,膝关节间隙上方 2 cm 左右,弧形经过 Gerdy 结节,平行于胫骨结节外侧约 1 cm 向远端延伸,切口近端根据术中情况可沿外侧副韧带前缘向近端扩大暴露范围。逐层切开,纵行切开髂胫束,骨膜下剥离,从半月板下方横行切开膝关节外侧关节囊与半月板冠状韧带,以薇乔缝线固定外侧半月板,将半月板向近端牵开,根据半月板损伤情况进行修整或部分切除。膝关节屈曲 60°,内翻内旋膝关节,将外侧副韧带、腓肌腱向后牵拉,通过关节间隙观察胫骨平台后外侧骨折情况。清理腓骨小头上方软组织,预留接骨板位置。切口远端沿胫骨外侧骨面骨膜下剥离胫前肌。从胫骨平台关节面下方用骨刀开窗,直视下撬拨复位塌陷的关节面,同种异体骨植骨,然后用细克氏针临时固定关节面。常规组:根据经验将胫骨平台外侧解剖锁定板尽量向后放置于腓骨头上方,然后植入关节面下排钉,C 型臂透视下确认接骨板及螺钉位置。3D 打印组:将锁定接骨

板按照术前3D打印模拟时找准的解剖标记放置于腓骨头上方,胫骨平台后外侧骨折通过排筏螺钉固定。反复冲洗切口,将外侧半月板连同关节囊缝合固定,外侧切口内放置负压引流管1根,修补髂胫束,依次对位缝合皮下组织及皮肤。

对胫骨平台骨折复位后前交叉韧带止点骨块复位较差的患者,行髌下纵行小切口,纵行切开髌韧带,膝关节屈曲位暴露骨块,直视下清理骨折端后复位,经胫骨前内侧使用前交叉韧带定位器在撕脱骨块两侧钻孔形成骨隧道,以爱惜邦缝线将撕脱骨块连同前交叉韧带环绕固定,缝线经骨隧道收紧后打结固定。

1.4 术后处理

术后实施预防感染、消肿、镇痛、抗凝等干预措施,24 h引流量小于20 mL时拔除引流管,复查膝关节正侧位X线片及膝关节CT,嘱患者出院后前3个月每个月门诊复查,此后每2~3个月复查1次,术后6周内进行无负重膝关节0°~90°屈伸功能锻炼,之后根据骨折愈合情况指导患者逐步加强功能锻炼。

1.5 观察指标

记录2组患者手术时间、术中出血量、透视次数;观察2组患者手术相关并发症发生情况,包括切口感染、腓血管损伤、腓总神经损伤、下肢深静

脉血栓等;随访观察2组患者骨折复位丢失情况及骨折愈合时间;术后6个月,采用Rasmussen评分评价胫骨平台骨折复位情况;末次随访时,采用美国特种外科医院(HSS)评分评价膝关节功能。

1.6 统计学分析

采用SPSS 23.0统计学软件分析数据,符合正态分布的计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,比较采用独立样本 t 检验,计数资料以 $[n(\%)]$ 表示,比较采用 χ^2 检验或Fisher确切概率法, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

本研究中,患者随访时间14~22个月,2组平均随访时间差异无统计学意义($P > 0.05$);2组各有1例患者发生术后切口感染,经扩创、创面负压吸引治疗后好转,所有患者未发生腓血管损伤、腓总神经损伤、下肢深静脉血栓等并发症;3D打印组患者手术时间、术中出血量、透视次数均短于或少于常规组,差异有统计学意义($P < 0.05$);2组患者随访过程中未见骨折复位丢失、骨不连情况;2组患者骨折愈合时间、术后6个月Rasmussen评分、末次随访HSS评分比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),见表2。

表2 2组患者手术相关指标及术后随访资料比较 $(\bar{x} \pm s)[n(\%)]$

组别	<i>n</i>	随访时间/月	手术时间/min	术中出血量/mL	透视次数/次	切口感染	骨折愈合时间/周	Rasmussen 评分/分	HSS 评分/分
常规组	32	16.9 ± 1.8	113.3 ± 22.5	248.1 ± 31.9	8.8 ± 1.5	1(3.1)	14.7 ± 1.1	15.8 ± 1.6	87.3 ± 5.1
3D打印组	35	16.4 ± 1.4	100.1 ± 18.1*	197.4 ± 25.0*	6.7 ± 1.3*	1(2.9)	14.5 ± 1.0	16.2 ± 1.7	88.6 ± 5.7

HSS: 美国特种外科医院;与常规组相比,* $P < 0.05$ 。

典型病例:26岁女性,因车祸发生右胫骨平台骨折,具体治疗过程见图1。

3 讨论

胫骨平台后外侧骨折是骨科的治疗难点之一,由于缺少后侧壁的骨性支撑,后外侧平台骨折的暴露、复位以及固定均十分困难。目前,胫骨平台后外侧骨折的手术入路和内固定方式选择尚无共识^[5-6],一般取决于手术医师的临床经验。常用的手术入路可分为截骨入路和非截骨入路,后者包括直接后外侧入路、改良Carlson入路、后内侧“倒L”入路等^[7-9],其主要缺点是暴露范围有限,胫前动脉、腓总神经及膝关节后外侧复合体损伤风险较高。股骨外侧髁或腓骨头截骨等截骨入路^[10-11]虽可有效增加手术暴露范围,但截骨会造

成医源性损伤,存在截骨骨不连和腓总神经、后外侧复合体损伤等风险。目前,多种自行设计的接骨板已被证实可改善后外侧平台骨折的支撑固定效果^[3, 12-15],但尚未在临床得到推广使用。目前,临床最常用的接骨板是胫骨近端外侧锁定接骨板,如何使其更有效地固定后外侧平台并维持复位是临床手术的难点之一。

腓骨头上入路由于操作简单方便,安全有效,血管神经损伤风险低,学习曲线短,近年来已被广泛用于胫骨平台后外侧骨折的治疗^[3, 14-15]。研究^[14]表明,选用腓骨头上入路时,将膝关节屈曲60°内翻内旋可直视整个外侧胫骨平台关节面进行复位。本研究所有患者于直视下复位,既保证了后外侧平台关节面的复位质量,也是2组患者术后Rasmussen评分和HSS膝关节功能评分无显



A、B: 术前膝关节正侧位 X 线片; C: 术前膝关节 CT 三维重建; D: 术前膝关节 CT 平扫; E: 术前膝关节后外侧平台矢状位重建; F: 术前膝关节中部矢状位重建显示前交叉韧带止点骨块撕脱情况; G: 术前胫骨平台 3D 打印; H、I: 术前 3D 打印模拟手术, 确定接骨板放置位置和螺钉方向与长度; J、K: 术后膝关节正侧位片; L、M: 术后膝关节 CT 提示骨折复位良好, 接骨板、螺钉位置良好; N、O: 术后 3 个月膝关节屈伸功能示意图。

图 1 典型病例治疗过程

著差异的主要原因。但由于腓骨头上入路没有各类截骨入路直接, 暴露范围有限, 复位难度大, 且无法使用接骨板后外侧正面支撑固定, 当胫骨平台后外侧壁严重粉碎或骨块明显移位时, 胫骨近端解剖锁定板的“排钉”式侧方支撑固定强度欠佳, 存在术后骨折复位丢失的风险^[16-17]。

虽然腓骨头上入路手术是在直视下复位, 但对于复杂胫骨平台后外侧骨折患者而言, 当后外侧平台整体或大面积粉碎、塌陷时, 缺少后侧壁的骨性标记, 术中很难判断关节面需要抬起的高度、胫骨平台的后倾角度。此外, 术中反复撬拨复位容易损伤后方软组织铰链, 出现关节面损伤、后侧壁骨块分离加重, 导致接骨板难以维持复位, 影响固定效果。3D 打印技术可使手术医师对复杂胫骨平台后外侧骨折有更立体的空间认识, 对骨折形态、骨块翻转、骨块间嵌顿情况和塌陷的大小、位置、深度等有更直观的了解, 从而判断术中需要复位的高度和角度, 明确骨折复位顺序、骨块复位程度, 减少术中不必要的软组织剥离及反复撬拨复位造成的医源性损伤。术前模拟手术时, 选择腓骨头上入路和合适的接骨板, 找到接骨板、螺钉的最佳植入位置, 使接骨板与胫骨平台尽量

服贴, 可确保解剖板的最后方 2 枚关节面“排钉”有效支撑和固定后外侧胫骨平台骨折。患者术后有计划地实施循序渐进的功能锻炼, 也是取得良好手术疗效的关键。

综上所述, 3D 打印技术应用于复杂胫骨平台后外侧骨折患者的腓骨头上入路治疗中, 可以优化手术方案, 缩短手术时间, 减少术中出血量和透视次数。但本研究为回顾性病例分析, 随访时间短(不能反映后续创伤性关节炎发生情况), 且 3D 打印模型模拟手术与实际手术操作有一定差距, 故后续研究应开展前瞻性随机对照试验, 对患者进行长期随访, 并积极提高模拟手术的精确性。

参考文献

- [1] RUDRAN B, LITTLE C, WIIK A, *et al.* Tibial plateau fracture: anatomy, diagnosis and management[J]. Br J Hosp Med, 2020, 81(10): 1-9.
- [2] 肖争争. 腓骨近端骨折对胫骨平台后外侧髁骨折手术预后的影响[D]. 蚌埠: 蚌埠医学院, 2021.
- [3] HU S J, CHEN S Y, CHANG S M, *et al.* Treatment of isolated posterolateral tibial plateau fracture with a horizontal belt plate through the anterolateral supra-fibular-head approach[J]. Biomed Res Int, 2020, 2020: 4186712.

- [13] 徐小元, 丁惠国, 李文刚, 等. 肝硬化肝性脑病诊疗指南 (2018 年, 北京) [J]. 中华胃肠内镜电子杂志, 2018, 5 (3): 97-113.
- [14] YANG Y, LIANG X Q, YANG S R, *et al.* Preoperative prediction of overt hepatic encephalopathy caused by transjugular intrahepatic portosystemic shunt [J]. *Eur J Radiol*, 2022, 154: 110384.
- [15] SHARMA B C, MAHARSHI S. Prevention of hepatic encephalopathy recurrence [J]. *Clin Liver Dis*, 2015, 5 (3): 64-67.
- [16] GAZDA J, COLA S D, LAPENNA L, *et al.* The impact of transjugular intrahepatic portosystemic shunt on nutrition in liver cirrhosis patients: a systematic review [J]. *Nutrients*, 2023, 15 (7): 1617.
- [17] PRAKTIKNJO M, ABU-OMAR J, CHANG J, *et al.* Controlled underdilation using novel VIATORR? controlled expansion stents improves survival after transjugular intrahepatic portosystemic shunt implantation [J]. *JHEP Rep*, 2021, 3 (3): 100264.
- [18] CASADABAN L C, PARVINIAN A, MINOCHA J, *et al.* Clearing the confusion over hepatic encephalopathy after TIPS creation: incidence, prognostic factors, and clinical outcomes [J]. *Dig Dis Sci*, 2015, 60 (4): 1059-1066.
- [19] DENG M, NG S W Y, CHEUNG S T, *et al.* Clinical application of Albumin-Bilirubin (ALBI) score: the current status [J]. *Surgeon*, 2020, 18 (3): 178-186.
- [20] KIM H J, LEE H W. Important predictor of mortality in patients with end-stage liver disease [J]. *Clin Mol Hepatol*, 2013, 19 (2): 105-115.
- [21] ZOU D L, QI X S, ZHU C H, *et al.* Albumin-bilirubin score for predicting the in-hospital mortality of acute upper gastrointestinal bleeding in liver cirrhosis: a retrospective study [J]. *Turk J Gastroenterol*, 2016, 27 (2): 180-186.
- [22] RONALD J, WANG Q, CHOI S S, *et al.* Albumin-bilirubin grade versus MELD score for predicting survival after transjugular intrahepatic portosystemic shunt (TIPS) creation [J]. *Diagn Interv Imaging*, 2018, 99 (3): 163-168.
- [23] LIN X R, GAO F, WU X X, *et al.* Efficacy of albumin-bilirubin score to predict hepatic encephalopathy in patients underwent transjugular intrahepatic portosystemic shunt [J]. *Eur J Gastroenterol Hepatol*, 2021, 33 (6): 862-871.
- [24] 李朝先. 前白蛋白、ALBI、CONUT 评分对肝硬化 EGVB 患者 TIPS 术后肝性脑病的预测价值评估 [D]. 昆明: 昆明医科大学, 2022.
- [25] FONIO P, DISCALZI A, CALANDRI M, *et al.* Incidence of hepatic encephalopathy after transjugular intrahepatic portosystemic shunt (TIPS) according to its severity and temporal grading classification [J]. *Radiol Med*, 2017, 122 (9): 713-721.
- (本文编辑: 陆文娟 钱锋)

(上接第 20 面)

- [4] 刘波, 曹光华, 张文玺, 等. 3D 打印辅助治疗后 Pilon 骨折的效果观察 [J]. *实用临床医药杂志*, 2022, 26 (17): 10-14.
- [5] 朱富康, 吴骥鸿, 黄玉成, 等. 胫骨后外侧平台骨折的常用手术入路 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (16): 1478-1482.
- [6] 严力风, 罗从风. 后外侧胫骨平台骨折内固定治疗研究进展 [J]. *国际骨科学杂志*, 2022, 43 (4): 202-205.
- [7] 孔祥如, 单宇宙, 杨春, 等. 经骨隧道微创复位 Judd 螺钉与后外侧入路锁定钢板支撑固定治疗单纯胫骨平台后外侧骨折的疗效比较 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2022, 24 (11): 935-942.
- [8] 吴晓峰, 高峰, 钱平康, 等. 改良 Carlson 入路在累及后外侧柱胫骨平台骨折手术治疗中的应用 [J]. *创伤外科杂志*, 2022, 24 (9): 665-670.
- [9] YANG X H, PAN M M, HE H L, *et al.* Feasibility of the modified inverted L-shaped approach for posterolateral tibial plateau fracture: a retrospective study [J]. *Medicine*, 2022, 101 (40): e31057.
- [10] DURIGAN J R, MORAES C M S, HAMRA P, *et al.* Depression fractures of the posterolateral tibial plateau: treatment by lateral femoral epicondyle osteotomy approach [J]. *Injury*, 2023, 54 (Suppl 6): 110620.
- [11] CHEN L, XIONG Y, YAN C C, *et al.* Fibular neck osteotomy approach in treatment of posterolateral tibial plateau fractures: a retrospective case series [J]. *Med Sci Monit*, 2020, 26: e927370.
- [12] 余进伟, 陈豪杰, 郭甲瑞, 等. 经腓骨颈截骨入路新型胫骨平台外侧环状接骨板治疗胫骨平台后外侧骨折 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2022, 36 (9): 1103-1107.
- [13] YAN B J, HUANG X T, XU Y X, *et al.* A novel locking buttress plate designed for simultaneous medial and posterolateral tibial plateau fractures: concept and comparative finite element analysis [J]. *Orthop Surg*, 2023, 15 (4): 1104-1116.
- [14] 储旭东, 徐瑞生, 詹德平, 等. 腓骨头上方入路联合自制解剖钢板在胫骨平台后外侧髁骨折中的应用 [J]. *实用骨科杂志*, 2020, 26 (6): 504-507, 538.
- [15] LU Y, BAI H N, WANG Q, *et al.* The study of biomechanics and finite element analysis on a novel plate for tibial plateau fractures via anterolateral supra-fibular-head approach [J]. *Sci Rep*, 2023, 13 (1): 13516.
- [16] 齐向阳, 林锦秀, 尹德超, 等. 前外侧联合后内侧入路与腓骨头截骨入路治疗累及胫骨平台后外侧平台骨折的疗效分析 [J]. *中国骨与关节杂志*, 2021, 10 (8): 618-623.
- [17] SHEN Q J, ZHANG J L, XING G S, *et al.* Surgical treatment of lateral tibial plateau fractures involving the posterolateral column [J]. *Orthop Surg*, 2019, 11 (6): 1029-1038.
- (本文编辑: 陆文娟 钱锋)