

论 著

CT薄层扫描数据辅助3D打印技术在闭合性跟骨骨折临床治疗中的应用价值探讨*

陕西省延安市人民医院骨外科
(陕西 延安 716000)刘治桓 吴浩华 王 忻
董 强

【摘要】目的 探讨CT薄层扫描数据辅助3D打印技术在闭合性跟骨骨折临床治疗中的应用价值。**方法** 选取2017年4月至2018年2月我院收治的闭合性跟骨骨折患者23例,采用CT薄层扫描数据辅助3D打印技术打印1:1比例实体模型,记录患者3D快速成型时间、临床资料与3D打印模型模拟手术一致性,评估患者手术后6个月时踝关节功能情况。**结果** 23例患者1:1骨折模型3D快速成型时间为2.3~4.9小时,平均骨折模型3D快速成型时间(3.36±0.36)小时;手术时间59~97min,平均手术时间(74.36±10.36)min。手术中实际应用螺钉长度及个数与3D打印模型模拟手术中一致,手术后,23例患者均未出现切口软组织感染、复位丢失等情况。手术后第6个月AOFAS评分优秀者14例(60.86%),良8例(34.78%),尚可1例(4.34%),23例患者整体踝关节功能恢复良好,优良率为95.65%。**结论** CT薄层扫描数据辅助3D打印技术可帮助临床早期进行闭合性跟骨骨折手术模拟及方案制定,提高手术精度与安全性。

【关键词】 CT薄层扫描数据; 辅助3D打印技术; 闭合性跟骨骨折; 临床治疗; 应用价值

【中图分类号】 R445.3; R61

【文献标识码】 A

【基金项目】 陕西省自然科学发展项目(编号: XZ-4223)

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2019.11.046

通讯作者: 董 强

Application Value of 3D Printing Technology Assisted by Data of CT Thin-layer Scanning in the Clinical Treatment of Closed Calcaneal Fractures*

LIU Zhi-heng, WU Hao-hua, WANG Xin, et al., Department of Orthopaedic Surgery, Yan'an People's Hospital, Yan'an 716000, Shaanxi Province, China

[Abstract] Objective To explore the application value of 3D printing technology assisted by data of CT thin-layer scanning in the clinical treatment of closed calcaneal fractures.

Methods 23 patients with closed calcaneal fractures admitted to our hospital from April 2017 to February 2018 were selected. CT thin-layer scan data was used to assist the 3D printing technology to print solid model with 1:1 scale. The 3D rapid molding time and consistency between clinical data and simulated surgery of 3D printed model of patients were recorded, and the function of ankle was evaluated after operation for 6 months. **Results** The 3D rapid molding time of 23 patients in fracture model with 1:1 scale was 2.3~4.9 hours, and the average 3D rapid molding time of fracture model was (3.36±0.36) hours. The operation time was 59~97 min, and the average operation time was (74.36±10.36) min. The length and number of screws used actually in the operation were consistent with those in the simulation of 3D printed model. After the operation, 23 patients had no infection of incision in soft tissue and loss of reduction. After surgery for 6 month, the AOFAS score of 14 cases was excellent (60.86%), AOFAS score of 8 cases was good (34.78%), and AOFAS score of 1 case was passable (4.34%). The recovery of overall ankle was good in 23 patients, and the excellent and good rate was 95.65%. **Conclusion** The 3D printing technology assisted by data of CT thin-layer scanning can help the early clinical simulation of closed calcaneal fractures and help make the plan to improve the accuracy and safety of surgery.

[Key words] Data of CT Thin-layer Scanning; Assisted 3D Printing Technology; Closed Calcaneal Fracture; Clinical Treatment; Application Value

跟骨骨折为临床骨科常见骨折类型,手术成为骨折患者的常用治疗手段,可及时帮助患者恢复。跟骨解剖学结构较为复杂和濒临组织骨骼韧带软组织关系密切,在手术中临床对于跟骨骨折的诊断和处理较为困难,在手术前制定合理、科学的手术方案是保证患者手术成功的重要环节^[1-3]。CT可在短时间内获得人体一定范围的薄层图像,可从多方位观察骨折部位、类型等情况,为临床制定手术方案提供相关影像学资料,但普通CT图像缺乏立体性,无法评估手术器械的结合效能,而3D打印技术解决了这一难题^[4]。为进一步探讨CT薄层扫描数据辅助3D打印技术在闭合性跟骨骨折临床治疗中的应用价值,本研究收集23例跟骨骨折患者的临床资料及影像学资料进行相关分析,现报道内容如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2017年4月至2018年2月我院收治的闭合性跟骨骨折患者23例。23例跟骨骨折患者中,男性患者15例,女性患者9例,年龄17~73岁,平均年龄(46.15±6.42)岁;23患者均具有明确外伤史:交通事故伤6例,坠落伤8例,意外摔伤或重物砸伤骨折3例,运动及其他伤6例。其中左侧跟骨骨折者11例,右侧跟骨骨折者12例。

1.2 方法

1.2.1 CT薄层扫描: CT设备采用西门子公司64排螺旋CT, 被检者采取仰卧位, CT扫描范围包括整个足部。扫描参数: 管电压120KV, 管电流200mA, 层厚1mm, 准直器为 2.0×1.0 , 根据患者个人图像情况调整窗宽、窗位。扫描数据进行刻录DVD光盘处理, 在安装图形工作站、医学三维重建软件Mimics14.0进行数据处理, 应用美国MakerBot公司3D, 准备后续3D模型打印。

1.2.2 CT三维重建及3D打印: 骨折薄层CT扫描数据传入后台计算机工作站, 调整阈值进行三维重建, 重建技术包括容积显示技术(volume rendering technique, VR)、曲面重建(curved planar reformatting, CPR)、最大密度投影法(maximum intensity projection, MIP)等, 也可根据患者个人情况进行光滑调整, 选择修正编辑后可将相邻骨块分离为独立掩码模块, 获取患者骨折三维模型(见图1)。随后将三维重建数据变化为STL形式, 将数据放入3D打印机软件MakerBot, 调整打印方位, 点击开始打印按钮, 获得仿真1:1骨折模型。

1.2.3 骨折模型模拟手术: 获得仿真1:1骨折模型后, 临床医生根据模型骨折情况, 选择钢板, 初步进行钢板植入位置选择, 同时可对植入钢板进行形态预处理, 对于植入螺钉方向、数据进行记录, 讨论最终方案。

1.3 手术及随访 至最终手术时, 将模拟手术中最佳钢板位置、预塑形钢板、螺钉方向和长度等参数应用于实际手术, 完成内置入。记录手术时间, 手术后常规处理并对23例患者进行定期随访、复查, 随访

方式包括电话、短信、微信随访、回院复查等。手术后第6个月采用美国足踝外科学会(AOFAS Ankle Hindfoot Scale, AOFAS)评分评估患者手术后踝关节功能情况^[5]: 优: AOFAS90~100分; 良: AOFAS75~89分; 尚可: AOFAS50~74分; 差: <AOFAS50分。优良率=优+良。

1.4 统计学方法 本研究均采用SPSS18.0统计软件对所有数据进行检验, 正态计量采用($\bar{x} \pm s$)进行统计描述; 计数资料等资料采用率和构成比描述, 以 $P < 0.05$ 为数据差异具体统计学意义。

2 结果

2.1 23例患者3D快速成型时间、手术时间 23例患者1:1骨折模型3D快速成型时间为2.3~4.9小时, 平均骨折模型3D快速成型时间(3.36 ± 0.36)小时; 手术时间59~97min, 平均手术时间(74.36 ± 10.36)min, 见表1。

2.2 23例患者手术后踝关节功能恢复情况 手术中实际应用螺钉长度及个数与3D打印模型模拟手术中基本一致, 手术后, 23例患者均未出现切口软组织感染、复位丢失等情况(见图1-2)。手术后第6个月AOFAS评分优者14例(60.86%), 良8例(34.78%), 尚可1例(4.34%), 23例患者整体踝关节功能恢复良好, 优良率为95.65%。

3 讨论

事实上, 跟骨解剖学位置较

为复杂, 作为人体主要支撑部位, 跟骨与毗邻韧带、软组织相互影响, 及时明确骨折部位对患者尽早接受手术复位、固定治疗意义重大, 常规手术治疗跟骨骨折手术时间较长, 在手术方案选择中, 需要进行辅助检查以获取更多有效资料^[6]。

X线是骨折的首选检查手段, 但X线平片本质为一类二维图像, 缺乏直观及立体感, 对于空间及高度的观察存在局限性, 而CT扫描弥补了X线平片的不足, CT成像主要利用精确准直的X线束, 成像时间短, 在跟骨骨折患者检查中, CT不受层面外组织结构影响、无重叠投影、后期可对图像进行薄层重建等优势, 后重建成像技术可立体评估骨折的损伤程度, 同时有效诊断复杂骨折^[7]。CPR及VR是CT后期成像中常见的处理技术, CPR的图像优势在于可对任意体积元资料进行相关重组, VR优势则为二维视图至三维视图的转变, 能够360°观察被检部位, 通过结合两者的图像, 可进行骨折及相邻骨块情况评估, 但有学者认为, CT薄层重建在制定出最合适的个性化手术方案及风险处置方案中, 存在缺乏现实性因素, 如无法与手术器械进行相关契合模拟预操作, 而3D打印技术可弥补该不足^[8]。

3D打印技术是在计算机操作下, 根据被打印物体实际扫描数据, 通过材料的精确3D立体堆积, 在短时间内快速制造等比例或任意比例的复杂形状, 该技术以广泛运用于临床治疗^[9]。徐冰冰^[10]等学者采用3D打印术前设计和内镜技术应用于颧骨颧弓骨折

表1 23例患者3D快速成型时间、手术时间

类别	例数	范围	平均值
3D快速成型时间(h)	23	2.3~4.9	3.36 ± 0.36
手术时间(min)	23	59~97	74.36 ± 10.36



图1 术前CT薄层外侧重建图像示患者跟骨骨折。图2 术后复位后外侧面。

复位固定手术的可行性及效果，在术前行CT扫描后将数据转化为STL格式后，打印骨折模型和镜像模型在模型，结果发现术前3D模型手术设计降低了内镜辅助下行颧弓骨折复位固定术的难度，提高了手术精准度，避免了头皮冠状切口，创伤小。既往学者采用3D打印手术导板结合桥接内固定系统异型块治疗股骨复杂骨折，术后1个月随访见股骨骨折部均出现明显骨痂生长^[11]。Warden评分均为2分，认为3D打印手术导板结合桥接内固定系统异型块技术可顺利完成股骨全长骨折固定，骨折段达到生物学固定。

本组研究应用CT薄层扫描数据辅助3D打印技术在闭合性跟骨骨折中进行了手术治疗，于23例患者手术前，进行了CT薄层扫描，获取重建技术后，辅助3D打印技术打印1:1比例实体模型，根据1:1比例实体模型骨折情况，临床医生根据模型骨折情况，选择钢板，初步进行钢板植入位置选择，同时可对植入钢板进行形态预处理。实际手术中，应用螺钉长度及个数与3D打印模型模拟手术中基本一致，3例患者均未出现切口软组织感染、复位丢失等情况，表明CT薄层扫描数据辅助3D打印技术在帮助临床进行方案制定可靠性较高。CT在初步选择修

正编辑的基础上，可逐个将相邻骨块分离，将患者整个跟骨分为独立掩码模块，即后在计算机后台将获得的三维重建数据，转化为STL形式，即可进行模型打印，3D模型相对于单纯重建技术图像的优势在于在虚拟图像与现实骨折情况之间架设了一座桥梁，可缩短下级医师的学习曲线，本组研究中，23例患者1:1骨折模型3D快速成型时间为2.3~4.9小时，平均骨折模型3D快速成型时间 (3.36 ± 0.36) 小时，平均手术时间 (74.36 ± 10.36) min，23例患者整体踝关节功能恢复良好，优良率为95.65%，CT薄层扫描辅助3D打印技术能进一步表明优化模拟手术与实际术中钢板良好匹配率，降低临床医生对谷歌分型、空间形态认知不足率，缩短手术操作时间^[12]。

综上所述，CT薄层扫描数据辅助3D打印技术可帮助临床早期进行闭合性跟骨骨折手术模拟及方案制定，提高手术精度与安全性。

参考文献

[1] 管志海,王勤业,常小波,等.聚甲基丙烯酸甲酯骨水泥注射治疗跟骨SandersⅢ型骨折的生物力学测试[J].中国组织工程研究,2018,22(2):178-182.

[2] Johnson B N, Lancaster K Z, Hogue I B, et al. 3D printed nervous system on a chip[J]. Lab on A Chip, 2016, 16(8): 1393-1400.

[3] 赵润栓, 刘欢, 吴站蓉, 等. 男女各年龄段体重指数与腰椎骨密度之间的相关性研究[J]. 预防医学情报杂志, 2018, 33(5): 106-108.

[4] 张琛, 张丽霞, 李杰. 多层螺旋CT对老年复杂骨关节骨折的显像效果及分型诊断研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2017, 15(2): 146-148.

[5] 李永, 崔书君, 温翠玲. 成人活动性继发性肺结核复查中640层容积CT低剂量扫描的临床应用[J]. 国际呼吸杂志, 2017, 37(6): 418-421.

[6] Mi Shengli, Du Zhichang, Xu Yuanyuan, et al. The crossing and integration between microfluidic technology and 3D printing for organ-on-chips[J]. Journal of Materials Chemistry B, 2018, 6(39): 1039.

[7] 钟平勇, 张宇, 杨洪吉. 基于CT扫描的肝脏三维可视化系统在精准肝脏外科中的应用进展[J]. 实用医院临床杂志, 2016, 13(3): 141-143.

[8] 杨广杰, 陈有, 王永胜, 等. 多层螺旋CT三维重建技术在股骨颈骨折手术中的应用研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2017, 15(6): 139-141.

[9] 马腾, 魏代好, 秦悦, 等. 常规影像学结合3D打印技术在复杂胫骨平台骨折治疗中的应用[J]. 宁夏医科大学学报, 2017, 39(12): 132-134.

[10] 徐冰冰, 李雅南, 来庆国, 等. 3D打印术前设计和内镜辅助在颧骨颧弓骨折复位固定术中的应用[J]. 中国口腔颌面外科杂志, 2018, 15(1): 44-47.

[11] 林钢, 李鹏, 彭国瑞, 等. 数字化结合3D打印技术辅助复杂骨盆骨折的手术设计[J]. 中国临床解剖学杂志, 2016, 34(3): 293-297.

[12] Murphy S V, Atala, Anthony. 3D bioprinting of tissues and organs[J]. Nature Biotechnology, 2014, 32(8): 773-785.

(本文编辑: 汪兵)

【收稿日期】2019-01-13