

3D打印导板结合数字化技术治疗复杂距骨骨折

胡翰生, 颜连启, 陶玉平, 陈鹏涛, 周岳来, 王骅, 方永超, 卢志华*

(江苏省苏北人民医院骨科, 江苏 扬州 225000)

摘要:目的 探索应用3D打印导板结合数字技术辅助手术治疗复杂距骨骨折的方法。方法 选取2013年1月至2017年6月收治的复杂距骨骨折病例15例, 男性13例, 女性2例; 年龄16~57岁, 平均年龄36.8岁。将患者的薄层CT扫描数据导入Mimics软件, 构建距骨骨折的三维模型。在Solidworks软件中建立螺钉的三维数字模型导入Mimics, 模拟手术入路、复位、固定骨折块, 设计、打印导板。术中根据数字技术模拟的方案选择入路、复位骨折, 根据螺钉导板选择合适的螺钉和角度固定骨折。术后将骨折复位内固定结果与术前方案比较, 随访患者远期踝关节功能, 评价3D打印结合数字技术治疗复杂距骨骨折的效果。结果 15例患者解剖复位10例, 良好3例, 可2例。螺钉安放与术前设计基本一致, 无螺钉误入关节、长度合适。美国足踝外科协会(American orthopaedic foot and ankle society, AOFAS)踝-后足评分: 优9例, 良4例, 可2例。结论 3D打印结合数字技术为复杂距骨骨折的术前设计、术中植入螺钉提供了直观、有效的手段, 能提高手术内固定的精确性。

关键词: 距骨骨折; 数字技术; 3D打印技术

文章编号: 1008-5572(2019)05-0411-03

中图分类号: R683.42

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文献标识码: B



Application of 3D-printed Drill Guide and Digital Technologies in the Treatment of Complex Talus Fractures

Hu Hansheng, Yan Lianqi, Tao Yuping, et al

(Subei People's Hospital, Yangzhou 225001, China)

Abstract: Objective To explore the application of combining 3D-printed drill guide and digital technology in the treatment of complex talus fractures. **Methods** Thin-section CT data of 15 cases of talus fractures were obtained and imported into Mimics (Materialise's interactive medical image control system), and three-dimensional (3D) models of fractures were reconstructed. The mean age was 36.8 (16~57) years, and there were 13 males and 2 females. Solidworks files of screws were drawn and imported into Mimics. Virtual reduction and internal fixation were performed in Mimics, which served as a guidance for operation in surgical approach, reduction, appropriate screw and angle of fixation. 3D drill guides were designed and exported to Maker Bot Replicator Z18 3D printer, where 3D drill guides were printed. The postoperative X-ray were compared with digital models and the efficacy of combining 3D-printed drill guide and digital technologies was assessed. Long-term function of ankle joint was followed-up. **Results** Anatomic reduction was achieved in 10 cases, good reduction in 3 cases, fair reduction in 2 cases. The positions of internal fixation were very closed to preoperative planning. No screws penetrated into ankle joints and the lengths of screws are suitable. According to the AOFAS Ankle Hindfoot Scale, 9 cases were excellent, 4 cases were good and 2 cases were fair. **Conclusion** The 3D-printed drill guide and digital technologies provides an effective means for preoperative design, surgery simulation and accurate fixation of complex talus fractures.

Key words: talus fractures; digital technology; 3D printing technology

距骨骨折临床少见, 仅占全身骨折的1%, 足部骨折的3%~6%^[1], 而复杂的距骨更少见, 但是其并发症发生率高, 且严重影响踝关节功能^[2-3]。这是由于距骨形态不规则, 且被胫腓骨、跟骨、舟骨包绕, 显露困难, 复位、固定难度更大, 且多数医生诊治距骨骨折经验不多, 仅依靠X线片和普通CT三维重建难以迅速明确手术入路和复位固定方式的选择, 导致术中易出现剥离过多、血运破坏甚至螺钉误入关节。我们通过3D打印导板结合数字化模拟踝关节截骨入路、复

位、内固定手术, 指导术中入路选择、骨折复位、螺钉的精准安放, 探索3D打印导板结合数字化技术辅助距骨骨折手术治疗中的途径和方法。

1 资料与方法

1.1 距骨骨折的三维建模与模拟复位 选取2013年1月至2017年6月收治的复杂距骨骨折病例15例, 男13例, 女2例; 年龄16~57岁, 平均年龄36.8岁。15例患者均为距骨颈部骨折, 其中Hawkin's II型11例, III型4例。高处坠落

基金项目: 扬州自然科学基金青年人才项目(YZ2016109); * 本文通讯作者: 卢志华

胡翰生, 颜连启, 陶玉平, 等. 3D打印导板结合数字化技术治疗复杂距骨骨折[J]. 实用骨科杂志, 2019, 25(5): 411-413.

伤 8 例,车祸外伤 6 例,运动损伤 1 例。合并内踝骨折 1 例。

1.2 方法 使用 64 螺旋 CT 对所有病例进行距骨薄层扫描,扫描数据以 DICOM 格式导入至交互式医学影像处理软件 Mimics 10.1 系统中。经过阈值分割、区域增长等操作,分别构建包括内踝、外踝、跟骨以及距骨各骨折块的三维模型。通过对去除内踝、外踝、跟骨观察距骨骨折块的分布、移位情况,分析骨折块对位关系并利用三维旋转、平移的功能对骨折块进行模拟复位,利用二维和三维图像检测复位结果。

按照不同螺钉的直径,在 solidwork 软件内建立不同长度的螺钉模型,螺钉模型长度与术中一致按 2 mm 递增。在复位后的距骨骨折三维模型上,用 Mimics 三维测量功能测量拟安放螺钉的长度、最佳角度、进钉点,以 STL 格式导入 Mimics 软件中进行模拟内固定,并模拟内踝、外踝截骨,观察不同的截骨方案对显露、复位骨折端和内固定的帮助,据此设计最佳手术入路。根据最佳手术入路处距骨表面形态设计螺钉最佳进钉点,导出导板的 STL 文件,用 3D 打印机打印出 3D 导板,消毒后备用。术中根据术前设计入路显露、复位骨折,按预定距骨骨性解剖标志安放 3D 导板,钻孔、放置螺钉,按术前设计的安全角度植入对应长度的螺钉。

1.3 术后评价 按预定方案完成手术后复查 X 线片,观察骨折复位情况,并与术前设计的螺钉位置进行比较,以评价数字模拟手术和 3D 打印导板的准确性。骨折愈合后按美国足踝外科协会(American orthopaedic foot and ankle society, AOFAS)踝-后足评分标准评定。

2 结 果

15 例患者根据数字化模拟手术结果,6 例采用经内踝截骨入路;4 例采用内外侧双切口;3 例采用内侧单一切口;2 例采用内侧小切口撬拨复位,后方切口植入空心钉。患者均在术中成功应用 3D 打印导板置入螺钉,术后 1 周内复查 X 线片,解剖复位 10 例,复位良好 3 例,复位可 2 例,螺钉长度、角度与术前计划一致性良好,无螺钉误入关节。所有患者均获得随访,随访时间 8~36 个月,平均 16.5 个月。踝关节功能按 AOFAS 踝-后足评分标准评价,优 9 例,良 4 例,可 2 例。随访期内患者骨折均愈合,未观察到患者发生距骨坏死、塌陷、骨不愈合、严重创伤性关节炎、皮肤软组织坏死、骨髓炎等并发症。

典型病例为一 19 岁男性患者,高处坠落至距骨颈部粉碎性骨折。术前 CT 显示为 Hawkin's III 型。术先在 Mimics 交互式手术模拟模块中模拟骨折复位,设计固定骨折的螺钉导板,并输出至 3D 打印机打印成 3D 导板。手术中根据 3D 导板置入克氏针导针,术后复查 X 线片显示骨折复位良好,螺钉位置满意。手术前后影像学资料见图 1~3。

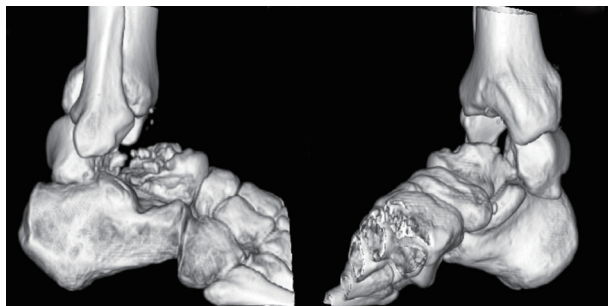


图 1 术前 CT 示 Hawkin's III 型距骨粉碎性骨折

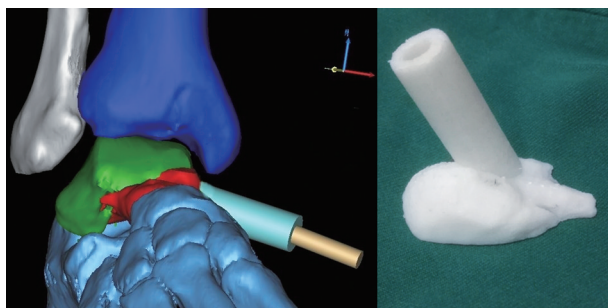


图 2 术前数字化模拟手术图及 3D 打印导板大体照

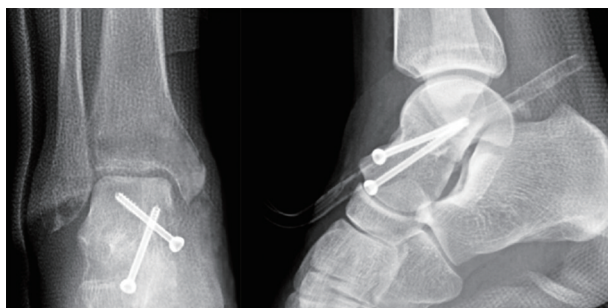


图 3 术后 X 线片示骨折复位、固定良好

3 讨 论

距骨连接下肢与足,在足踝活动和力学传递中具有重要功能。其形状不规则,韧带附着、毗邻关节众多,解剖较足部其他骨更复杂。且距骨 60%~70% 的区域为关节软骨所覆盖,骨折几乎均会累及承重关节面,复位要求高。但因其血液供应集中于距骨颈部,不允许广泛的剥离,因此术中显露范围受限。是否需要通过截骨来扩大手术显露?如何在有限的显露窗口内判断骨折块的旋转、移位方向和复位、固定方法,需丰富的临床经验和空间想象力。而由于复杂距骨骨折发生率相对较少,不同类型的骨折的致伤机制、复位、固定方法有各自个性化特点,所以对于复杂的距骨骨折而言,解剖复位难度大,学习曲线较长。如何合理选择内、外踝截骨线的位置,也基本根据术者个人或参考其他医师的经验,缺乏患者个体化的客观依据。另外由于距骨形态不规则,复位固定时如螺钉长度、角度选择不当,发生螺钉误入踝关节更会导致灾难性后果。Stone 等^[2]统计了 1 527 例接受手术治

疗的距骨骨折患者的随访资料,发现其总体并发症率达到19.5%;而Buckwalter等^[3]则发现在复杂的距骨骨折患者中,术后距骨坏死或创伤性关节炎的发生率竟然高达41%。数字化技术能通过模拟手术直观的比较不同截骨方式对骨折块显露的范围,确定螺钉植入的最佳位置和长度,而3D打印导板技术能使术前模拟手术的结果,转化为在真实手术中可以实施术前计划的工具,并已在脊柱骨折、关节置换等手术中证实了其有效性^[4-5]。因此,已有少数学者开始探索数字化技术在距骨骨折治疗中的临床应用方法^[6-8]。

我们通过3D打印导板结合数字化技术辅助手术治疗复杂距骨骨折的临床实践,证明了此技术路线的可行性和有效性,并体会到应用此技术与传统手术相比具有以下优势:a)通过术前数字化技术分析骨折块分布和移位的特点,比较不同截骨方案的显露范围、复位方法和内固定计划,可以有效缩短手术时间,明确是否需要截骨和如何截骨,合理剥离需显露部分的软组织,减少手术创伤,从而降低距骨坏死的发生率。b)通过模拟手术术前即可比较不同的克氏钉入钉点对复位、固定的影响,选择最有利的撬拨复位位置,从而提高术中复位效率。c)模拟不同长度、角度的螺钉植入,并通过mimic软件的透视功能观察螺钉与距骨各骨块、关节面的位置关系,从而确定骨折固定牢靠且安全的进钉角度和长度,再据此设计、打印个性化3D导板。术中按个性化3D导板植入螺钉,可显著缩短选择进钉角度和长度的时间,提高精确度,减少螺钉未有效固定骨折块和进入踝关节风险,降低手术失败和医源性踝关节损害的可能性。d)减少术中透视的时间和伤害,由于术中复位骨折后直接按个性化3D导板植入螺钉,熟练后基本可以一次成功,避免了术中反复透视调整螺钉导针,节约时间的同时,减少了医患双方的射线损伤和患者术中失血。e)有利于总结经验,学术交流,比较术中复位、内固定实际放置位置与术前计划的差别,总结制作、应用3D打印导板的技巧,均可在术后重现手术计划到实施过

程,有利于学术交流。

本研究探索并证明了3D打印导板结合数字化技术治疗复杂距骨骨折的可行性和实用价值,但由于复杂距骨骨折临床发病率相对较低,本组研究病例数较少,受此局限,此技术的安全性仍需进一步研究加以证实。另外,3D打印导板必须紧贴骨性解剖标记,所以置入软组织下方时仍需剥离进钉点的部分软组织,制作导板对打印机精度和打印材料的要求较高,所以此技术的具体应用方式、优缺点也需要继续深入探索。

参考文献:

- [1] 胡畔,何锦泉,张英泽.距骨颈骨折治疗进展[J].中华骨科杂志,2013,33(4):419-422.
- [2] Stone MA, Flato RR, Pannell W, et al. Operatively treated talus fractures: Complications and survivorship in a large patient sample[J]. J Foot Ankle Surg, 2018, 57(4): 737-741
- [3] Buckwalter VJ, Westermann R, Mooers B, et al. Timing of surgical reduction and stabilization of talus fracture-dislocations[J]. Am J Orthop (Belle Mead NJ), 2017, 46(6): E408-E413.
- [4] 邓佳燕,吴超,林旭,等.3D导航模板在治疗寰枢椎骨折辅助置钉中的应用[J].实用骨科杂志,2018,24(4):350-353.
- [5] 贺统,李凡,杨晶,等.数字化3D打印截骨导向器在全膝关节置换术中的应用研究[J].实用骨科杂志,2018,24(4):310-313.
- [6] 张艳东,刘奕蓉,赵国志,等.成人距骨数字化计算机三维模型解剖学测量及对个性化治疗的意义[J].中国组织工程研究,2012,16(35):6466-6470.
- [7] 张玺,何锦泉,陈雁西,等.基于数字化技术建立距骨颈骨折螺钉固定安全通道的研究[J].中华骨科杂志,2014,34(5):572-581.
- [8] 李玉泉,曾参军,李涛,等.3D打印技术辅助儿童陈旧性距骨骨折的应用[J].中国数字医学,2016,11(3):75-77.

收稿日期:2018-09-03

作者简介:胡翰生(1974—),男,主任医师,江苏省苏北人民医院骨科,225000。

(上接第410页)

- [18] Salonen A, Lahdes-Vasama T, Mattila VM, et al. Pitfalls of femoral Titanium Elastic Nailing[J]. Scand J Surg, 2015, 104(2): 121-126.
- [19] Canavese F, Marengo L, Andreacchio A, et al. Complications of elastic stable intramedullary nailing of femoral shaft fractures in children weighing fifty kilograms (one hundred and ten pounds) and more[J]. Int Orthop, 2016, 40(12): 1-8.

- [20] Andreacchio A, Alberghina F, Marengo L, et al. Pediatric tibia and femur fractures in patients weighing more than 50 kg (110 lb): mini-review on current treatment options and outcome[J]. Musculoskelet Surg, 2019, 103(1): 23-30.
- [21] 潘骏,武焱森,薛恩兴,等.弹性髓内钉固定治疗大龄儿童股骨转子下骨折[J].中医正骨,2010,22(1):33-34.

收稿日期:2019-01-26

作者简介:齐昊(1989—),男,在读研究生,海南医学院第一附属医院,570100。