

3D 打印技术在严重骨盆髌臼骨折内固定手术中的应用

黄迪超¹, 张雁儒^{2,3}, 李海洋¹, 吴志军¹, 李明^{1*}

(1.宁波市第六医院 创伤骨科, 浙江 宁波 315040; 2.宁波大学 医学院, 浙江 宁波 315211;

3.河南理工大学 骨科研究所, 河南 焦作 454001)

摘要: 通过采集严重骨盆髌臼骨折患者的薄层 CT 扫描数据, 在 Mimics 中进行图像编辑、三维重建及分析总结, 探讨 3D 打印技术在严重骨盆髌臼骨折内固定手术中的应用。结果表明, 3D 打印技术有利于术前进行手术设计、术前预弯钢板, 有利于判断畸形及术中在确定截骨部位、复位的关键标记以及判断复位质量。3D 打印技术具有快速性、高仿真性、高成功率及通用性意义, 具有推广价值。

关键词: 3D 打印; 骨盆骨折; 髌臼骨折; 手术

中图分类号: R687.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2019) 06-0011-05

3D 打印(3D printing)又称快速成型(Rapid Prototyping, RP)技术, 是一种以数字模型文件为基础, 运用粉末状金属或塑料等粘合材料, 通过逐层打印方式制造物体的技术^[1]。根据计算机模拟出来的三维模型, 再通过 3D 打印来创建复杂的三维实体。近年来, 随着医学影像技术的发展, 3D 打印技术在颅面和整形外科的临床应用处于领先地位^[2]。全球 3D 打印行业的产品和服务收入超过 40 亿美元, 并且增长迅速, 其中 13.1%属于医疗行业^[3]。3D 打印技术也是近年来骨外科领域的研究热点, 在创伤骨科、脊柱外科、关节外科的应用逐年增加。通过患者的 CT 和 MRI 等图像数据, 利用三维图形图像技术为患者“量体裁衣”定制个性化治疗方案, 制作个性化的实体模型、植入物和辅助装置, 可以有效地解决临床治疗问题^[4]。

骨盆髌臼局部生理解剖复杂, 被肌肉组织、重要的血管神经、盆腔脏器组织包裹, 手术显露困难, 复位和内固定困难。对于粉碎严重的骨盆髌臼骨折, 手术中损伤骨折附近的重要血管神经和脏器的几率较高^[5-6], 为了降低手术创伤, 提高手术复位和内固定的效果, 使用 3D 打印技术进行术前的模拟手术具有重要作用。本文回顾了 3D 打印技术

在骨盆髌臼骨折内固定手术中的应用, 为学者和临床医生提供参考。

1 3D 打印技术在骨盆髌臼骨折手术中的优势

制定术前计划是所有骨折治疗的核心原则, 尤其是骨盆髌臼骨折。骨盆髌臼结构复杂, 形态不规则, 利用传统的二维影像学资料来进行术前计划显得略有些抽象, 而 3D 打印模型是一种操作简单又十分实用的工具(图 1)。

1.1 术前模拟手术操作

1.1.1 手术复位

对于复杂的骨盆髌臼骨折, 四边体及臼顶的复位一直是难点, 但通过 3D 打印模型可以有效计划复位方法^[7]。使用与病人 1:1 比例的 3D 骨盆髌臼模型, 可精确地观察到骨折线的位置以及骨折线周围碎骨片的形态, 有助于分析关键骨块的移位, 更好地保护骨折线附近重要血管神经结构, 辅助手术医生制定最佳的手术复位方案。

1.1.2 手术内固定

对于需要内固定的患者, 医生们可以在患者的 3D 骨盆髌臼模型上寻找最佳内固定物的固定位置, 预演螺钉固定的方向、角度以及长度(图 2), 防

收稿日期: 2019-07-04.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 宁波大学医学院院校联合基金(浙江省病理生理学技术研究重点实验室开放基金)(201903)。

第一作者: 黄迪超(1990—), 男, 浙江宁波人, 博士/住院医师, 主要研究方向: 骨科相关解剖及生物力学。E-mail: hsdichaohuang@163.com

*通信作者: 李明(1971—), 男, 山东潍坊人, 硕士/主任医师, 主要研究方向: 创伤骨科。E-mail: angells6@163.com

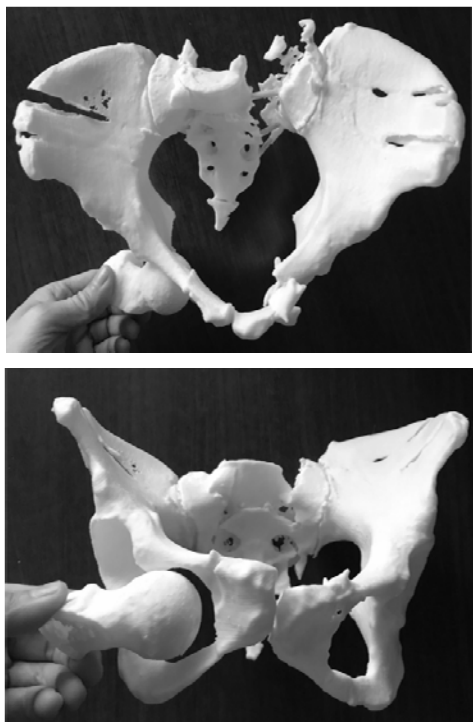


图1 骨盆骨折病人术前3D打印模型

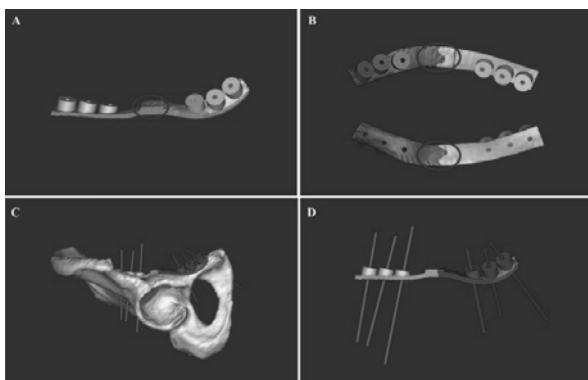


图2 术者术前预演螺钉固定方向、角度及长度

止无效和低效固定,避免复杂骨折病人术中因内固定材料尺寸、形态等不匹配而造成的骨折复位及内固定失败^[8-9],同时也可为骨科医生骨折复位固定的操作过程提供一定的便利,缩短手术时间,减少术中出血,降低术后并发症的发生率,最大程度地恢复病人骨与关节功能,提高病人术后的生活质量。

在依据患者的3D骨盆髋臼模型上寻找最佳内固定物的固定位置,并完成预演螺钉固定的方向、角度以及长度利用等术前准备工作后,骨科医生可将所选定的内固定材料在患者3D骨折模型上进行初步的模拟手术,其基本过程包括利用选定的

内固定材料在3D模型上进行复位、内固定、术后评估等步骤^[10],目的在于预判手术的操作难度及难点,对复位效果及内固定牢靠程度进行初步评估^[11]。既可以熟悉之后正式手术的操作流程,减少正式手术的操作时间和术中伤害,同时亦可以提前发现手术中可能遇到的一些难以预见问题,提前做好防范措施。目前,我们团队在一些复杂骨折患者,特别是复杂的骨盆及髋臼骨折中,已开始逐步运用此技术,目前已有近100例成功案例,这些患者均取得了良好的治疗效果,其术后功能恢复情况及术后并发症的发生率均要明显优于传统治疗方法组的患者。图3展示的是我科一例髋臼四方区骨折患者的术前的模拟手术过程。

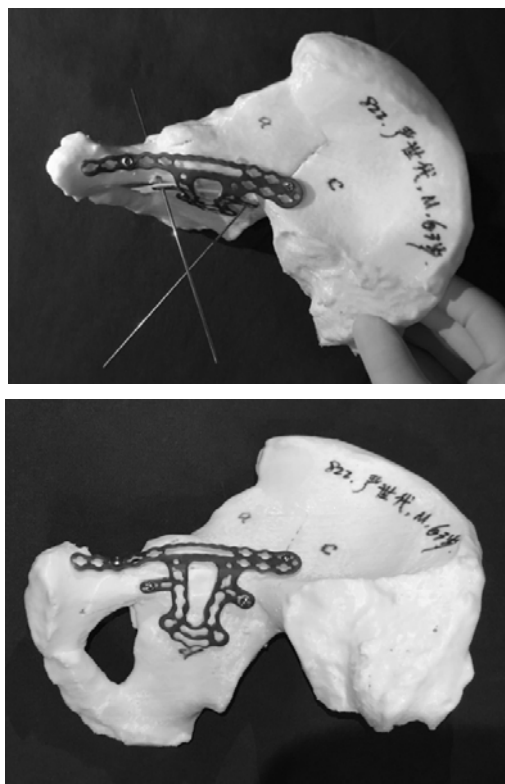


图3 髋臼四方区骨折的3D打印模型及模拟手术实验

1.2 术前预弯钢板

在术前预演手术时,术者可以在患者的骨盆髋臼模型上对钢板进行预弯塑形,Lalit等^[12]在5例骨盆髋臼骨折手术中使用定制的重建钢板,大大提高了手术的效率。这样既可以保障钢板与骨骼的贴服(图4),也能避免在术中花费大量时间和精力重建钢板的塑形,大大缩短手术时间,降低术中出血量,减少切口暴露时间,减少伤口感染几率,

从而使患者可以获得良好的术后效果, 并可以进一步改善患者生活质量^[13].

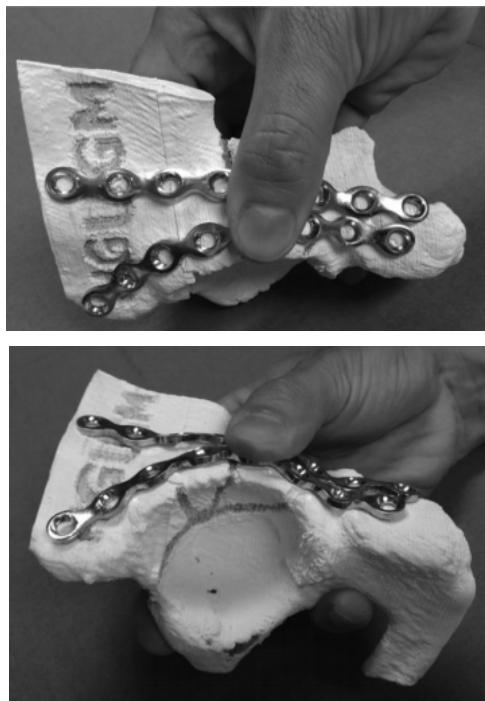


图4 术者术前预弯钢板

1.3 有利于判断畸形

骨盆髌臼的结构特殊, 利用常规的影像学资料判断和理解畸形很困难, 我们平时可以利用常规的二维影像学资料对各个平面的畸形进行量化测量, 但这些测量数据非常抽象, 要在脑海里想象出一个立体的轮廓很困难, 而一个 1:1 的 3D 模型可以让我们更加直观地观看和理解畸形^[14], 对患者的诊断和治疗都十分有帮助.

1.4 有利于术中参考

3D 模型不仅在判断畸形和术前计划中有重要作用, 而且术中在确定截骨部位、复位的关键标记、以及判断复位质量时, 参考术前计划的模型也很有必要.

1.5 有利于临床教学和外科手术培训

外科医生不仅可以确认诊断, 还可以通过直接观察 3D 打印模型来标准化分类, 并提高对复杂骨折的认识, 帮助年轻医生积累经验. 3D 打印技术制作的骨折模型可以帮助医学生更好地理解骨盆复杂的解剖关系, 更加直观、全面地为医学生提供复杂的结构^[14]. 3D 打印模型能成为一种外科教学和临床培训, 是非常有意义的教学工具, 也更有利

于医患之间的沟通^[15-16].

2 3D 打印技术在骨盆髌臼骨折手术中的不足

3D 打印技术似乎给诊疗过程提供了一套近乎完美的解决方案, 但由于技术和设备上的问题, 目前还没有达到普遍应用, 到目前为止, 其临床应用还存在一些问题. 而且, 国家尚未把 3D 打印列入医保, 导致患者的自负医疗费用增加.

2.1 制作成本高

随着近年来技术的发展, 3D 打印机的售价有所下降, 尽管如此, 购置 3D 打印机仍需一笔不小的费用, 再加上相关配套的辅助设备等, 而且这些设备需要专业人员来操作, 许多中、小型的医院很难达到硬件和软件上的要求.

2.2 打印材料

目前用于 3D 打印的材料有很多种, 但是并不都适用于临床. 我国用于临床的 3D 打印内植物缺乏相关的法律法规, 多数还处于实验性的临床初级阶段. 部分术者为了发挥骨盆模型的作用, 将模型消毒后带入手术室作为术中参考, 但是由于模型材料都是高分子材料, 无法进行高温消毒, 若引起术中感染, 则是得不偿失.

2.3 制作过程相对复杂

3D 打印技术被称为快速成型技术, 与传统制造工艺相比, 3D 打印技术更加便捷、准确. 但在临床应用时必须以患者的 CT 或 MRI 数据为依据, 再使用相应软件将患者的二维影像资料建立三维模型, 最终通过打印机获得 3D 模型, 整个过程复杂且时间较长. 且 3D 打印机根据其打印物体的大小和精度, 制作时间也从几小时到几天不等, 这也限制了 3D 打印技术的广泛应用, 特别是一些急诊手术^[13]. 而对于择期手术的患者, 也就意味着需要延长住院时间, 造成不必要的麻烦.

2.4 模型与术中

3D 模型及手术预演与实际手术情况有所出入. 范磊等^[14]利用 3D 打印技术对 21 例骨盆髌臼患者术中所需使用的接骨板在术前进行了预弯, 并用预弯钢板在模型上实施了模拟手术. 研究结果表明, 利用 3D 打印技术术前预弯钢板和模拟手术虽然能有效缩短复杂骨盆髌臼骨折的手术时间, 减少术中出血和损伤. 但在术中, 由于骨折部位软组织

织受到牵拉,手术体位的摆放以及各部位复位顺序等因素的影响,有7例患者术前预弯的钢板与实际骨折复位后情况不符,需要术中重新塑形,在一定程度上增加了手术操作时间及难度,甚至有可能造成手术失败及预后不理想等严重的后果。

2.5 缺乏相应的临床标准和临床诊疗指南

在3D打印技术应用于骨盆髌臼骨折才刚刚发展起来的今天,我国的法律法规尚缺乏成文技术规范、人文伦理和政策法规等方面的支持,大多数应用仍处于试验性的临床初级阶段,可供临床参考的病例数不多,涉及到的理论和法律法规问题仍然处于探索阶段。

此外,我们必须记住,3D打印是对放射性批量研究的2D解释的补充,而不是替代。

3 3D打印技术在骨盆髌臼骨折领域中的应用前景

由高能量损伤导致的严重骨盆髌臼骨折,其类型复杂,多数合并有其他部位或脏器的并发伤或多发伤,创伤致畸致残率高。严重的患者可合并盆腔脏器的损伤,从而导致创伤失血性休克。由于骨盆周围软组织结构的限制,周围毗邻大量重要的血管神经,加之骨折部位较深,骨盆髌臼骨折的手术风险极高,术中出血量大^[16]。总结国内外现有文献,我们可以发现,对形状不规则和结构复杂的骨盆髌臼骨折复位内固定手术预先制定细致、准确的术前计划,一方面可以进行虚拟复位,使术者对骨折有更准确的个性化认知并精确制定术前计划。另一方面,3D打印技术可以制作骨折真实模型,方便手术步骤预演和排练,提前定制个体化解剖钢板,提高内固定准确性,有利于微创技术应用,改善骨折治疗整体效果。

目前,计算机辅助三维重建的应用已初步证明,通过使用Stoppa方法可以精确描绘螺钉放置的安全和危险区域以提高安全性^[17]。Yu等^[18]通过术前64排薄层CT检测数据导入计算机系统,构建骨盆3D实物模型,并在模型上设计个性化解剖内固定物,提前思考和演练手术入路和设计内固定物,成功地治疗2例骨盆髌臼骨折患者,并取得了良好的疗效。赵飞等^[19]对32例Tile分型c型骨盆髌臼骨折患者(其中14例应用3D骨折模型指导手

术,18例应用传统CT片指导手术治疗)的术后1a、10a及随访时的骨折愈合情况进行了回顾分析,发现使用3D打印骨折模型指导手术能有效提高患者的远期疗效,同时还可以在很大程度上减少远期并发症。

因此,对于涉及关节面或自然复杂的骨折,运用3D打印技术打印手术部位的模型,在骨盆髌臼骨折术前预先做好充足的准备,考虑各种可能发生的状况,确定最合适的手术方式、复位方法和种植体放置,为患者定制好精确的手术方案。可以帮助医生为患者制定详尽的术前技术,缩短手术操作时间,减少术中出血量,降低手术风险,防治并发症,提高患者预后恢复水平。在3D打印技术飞速发展的今天,相信目前所遇到的困难都会迎刃而解,骨盆髌臼骨折的诊疗会更为准确、高效。

参考文献:

- [1] 郭鹏年,董乐乐,左强. 3D打印技术在创伤骨科中的临床应用[J]. 中国数字医学, 2015, 10(6):45-47.
- [2] McGurk M, Amis A A, Potamianos P. Rapid prototyping techniques for anatomical modelling in medicine[J]. Annals of the Royal College of Surgeons of England, 1997, 79(3):169-174.
- [3] Caffrey T, Wohlers T. Additive manufacturing state of the industry[J]. Manufacturing Engineering, 2016, 156(5):45-52.
- [4] 邱雪,吴荷玉,刘红,等. 3D打印技术在创伤骨科个性化治疗应用的发展[J]. 当代护士:综合版, 2016(1): 184-185.
- [5] Berg E E, Chebuhar C, Bell R M. Pelvic trauma imaging: A blinded comparison of computed tomography and roentgenograms[J]. Journal of Trauma, 1996, 41(6):994-1007.
- [6] 方文. X线平片和CT在诊断骨盆创伤中作用的比较[J]. 国外医学:创伤与外科基本问题分册, 1997(3):61-65.
- [7] 张国明,周东生,贺宇,等. 3D打印技术在复杂髌臼骨折治疗中的应用[J]. 中华创伤骨科杂志, 2016, 18(4): 306-311.
- [8] 练旭辉,陈忠,叶文钦. 螺旋CT三维及多平面重建在骨盆髌臼骨折中的临床应用[J]. 中国医学影像技术, 2005(5):105-107.
- [9] 范磊,王云华,王伯尧. 3D打印个体化治疗方案在复杂肩胛骨骨折中的应用[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2018, 15(1):38-41.
- [10] 朱春冀,雷大林,刘应旭. 3D打印个体化模板在骨科

- 手术中的应用[J]. 中国卫生产业, 2015, 259(32):139-141.
- [11] 王德伟, 赵英伟. 3D 打印技术在骨盆髌臼骨折诊疗中应用进展[J]. 创伤外科杂志, 2018, 20(1):84-87.
- [12] Lalit M, Abhishek M, Gaurang A, et al. 3D printing in designing of anatomical posterior column plate[J]. Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma, 2018(9): 151-156.
- [13] Chana-Rodríguez F, Mañanes R P, Rojo-Manaute J, et al. 3D surgical printing and pre contoured plates for acetabular fractures[J]. Injury, 2016, 47(11):2507-2511.
- [14] 范磊, 何斌, 王伯尧. 3D 打印个性化治疗方案在骨盆髌臼骨折中的应用[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2018, 15(2):54-57.
- [15] 周可, 毕大卫. 3D 打印技术在骨盆髌臼骨折诊治中的应用现状与存在问题[J]. 中医正骨, 2016, 28(11):74-76.
- [16] 胡学峰, 洪建明, 刘敏, 等. 快速成型技术在骨盆、髌臼骨折治疗中的应用研究[J]. 江西医学院学报, 2007, 47(5):56-58.
- [17] Zhang S, Su W h, Luo Q, et al. Measurement of the “safe zone” and the “dangerous zone” for the screw placement on the quadrilateral surface in the treatment of pelvic and acetabular fractures with stoppa approach by computational 3D technology[J]. BioMed Research International, 2014, 2014:386950-386955.
- [18] Yu A W, Duncan J M, Daurka J S, et al. A feasibility study into the use of three-dimensional printer modelling in acetabular fracture surgery[J]. Advances in Orthopedics, 2015, 2015:617046-617049.
- [19] 赵飞, 李岩, 毕龙, 等. 3D 打印骨折模型辅助治疗复杂骨盆髌臼骨折的长期随访研究[J]. 中华创伤杂志, 2016, 32(11):967-973.

Application of internal fixation for severe pelvic acetabular fracture with 3D printing technique

HUANG Dichao¹, ZHANG Yanru^{2,3}, LI Haiyang¹, WU Zhijun¹, LI Ming^{1*}

(1.Department of Orthopedics, Ningbo No.6 Hospital, Ningbo 315040, China; 2.Medical School, Ningbo University, Ningbo 315211, China; 3.Institute of Orthopedics, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454001, China)

Abstract: The application of 3D printing in internal fixation of severe pelvic acetabular fracture was investigated in the current study. Thin-layer CT scan data of patients with severe pelvic acetabular fractures were collected and analyzed by image editing and three-dimensional reconstruction in Mimics. 3D printing is helpful for preoperative surgical design, prebending of plate prior to operation, and judge of deformity. The site of the osteotomy, the key marker of reset and the judge of reset quality could thus be determined intraoperatively. 3D printing has the advantages of rapidity, high simulation, high success rate and universality.

Key words: 3D printing; pelvic fracture; fracture of acetabulum; operation

(责任编辑 章踐立)