

• 国外来访者报告 •

3D 打印技术在创伤骨科的应用

高向阳

DOI: 10.3969/j.issn.1673-7083.2019.04.002

2018年11月21日,在第十一届COA学术会议前一天举行的AO创伤报告会上,泰国曼谷医院的Phiphobmongkol Vajara教授应邀作了“3D打印技术在创伤骨科的应用”的演讲,通过临床病例阐述了3D打印技术在髌臼骨折及锁骨骨折手术中的实际应用过程。现经Vajara教授同意,将他的报告整理成文,呈现给大家以供分享。

1 髌臼骨折

髌臼骨折手术治疗极具挑战性,对于年轻的创伤骨科医生尤其如此。作为关节内骨折,解剖复位、坚强内固定及术后早期活动对髌臼骨折手术治疗不可或缺。问题是,髌臼三维结构十分复杂,螺钉置入的骨性通道狭窄,且患者之间髌臼形状变异很大,骨盆和髌臼周围的软组织较为丰富,骨折块暴露困难,螺钉置入角度受限,而术中骨折复位需要使用各种器械,进一步限制了手术视野(图1)。这就需要术前仔细计划,选择最佳暴露途径和复位方法(图2),如能模拟手术过程则更理想。从这个角度讲,3D打印技术的应用就显得尤为重要。应用3D打印技术可以制作反映骨折真实情况的模型,一方面能帮助骨科医生准确评估骨折类型,完善术前计划,正确选择手术入路并制定安全置入内固定物的策略(图2a);另一方面能利用3D打印的骨折模型进行模拟手术,演练复位顺序和方法,规划置入螺钉位置、方向及长度,还可以对固定钢板进行准确塑形,甚至可以根据患者髌臼形态定制带有导向器的个性化钢板,为手术成功提供保证。研究表明,将3D打印技术应用到髌臼骨折可以缩短手术时间,减少术中透视次数及手术并发症发生率,从而改善髌臼骨折患者临床预后。

Vajara教授用以下病例来说明3D打印技术在髌臼骨折切开复位内固定中的应用。患者伤后X线片显示左侧髌臼双柱粉碎性骨折(下页图3a),骨



图1 髌臼骨折螺钉通道狭窄,术中暴露困难 右侧髌臼双柱骨折,经髂腹股沟入路行切开复位内固定,术中图片显示切口内复位器材拥挤的情景

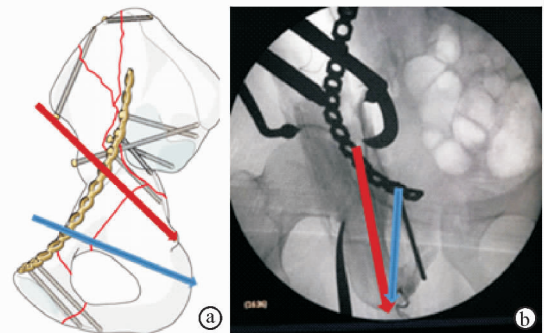


图2 制定术前计划 a. 髌臼双柱骨折切开复位钢板内固定术前计划示意图,显示2枚关键螺钉位置,红色为后柱螺钉,蓝色为髌臼下螺钉 b. 术中透视影像显示髌臼骨折复位并用骨盆复位钳及球头顶棒临时维持复位,箭头显示规划的螺钉位置,红色为后柱螺钉,蓝色为髌臼下螺钉

盆CT三维重建影像显示骨折形态非常复杂(下页图3b),但右侧骨盆结构正常,遂将右侧骨盆影像进行镜像翻转,用以制作髌臼解剖复位后的左侧半骨

盆模型(图 3c),利用此模型可确定手术使用的骨盆低切迹钢板长度,并对它进行准确塑形,模拟复位后钢板在髌骨上的位置,用克氏针经钢板近端及远端螺孔将钢板固定在骨盆上,根据骨折形态规划关键螺钉位置和打入方向、长度:经钢板从后向前第 6 个

螺孔置入后柱螺钉,从前向后第 5 个螺孔置入髌臼下螺钉(图 3c),方向如图 3c 箭头所示。术中在透视监控引导下(图 3d 左)按照术前计划逐一实施各手术步骤,既方便又准确,能保证术后螺钉位置与术前规划一致(图 3d 右)。

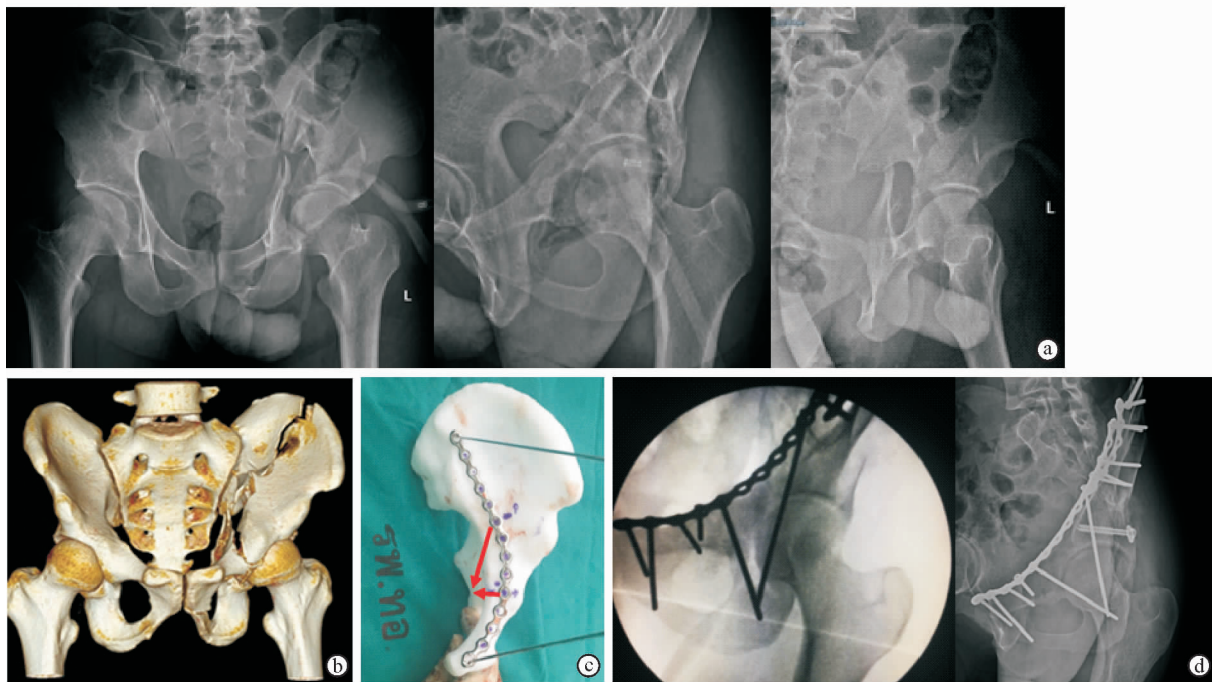


图 3 3D 打印技术辅助髌臼骨折切开复位内固定 a. 术前骨盆前后位、闭孔斜位和髌骨斜位 X 线片显示左侧髌臼双柱骨折 b. 术前骨盆 CT 三维重建影像显示右侧骨盆、髌臼完全正常 c. 利用右侧骨盆髌臼影像进行镜像翻转,并 3D 打印髌臼复位后的左侧半骨盆模型,图中显示将塑形钢板安置到位,箭头分别表示后柱螺钉(上方)和髌臼下螺钉(下方)位置、方向及角度 d. 术中透视影像(左)和术后闭孔斜位 X 线片(右)显示钢板、后柱螺钉及髌臼下螺钉位置与术前规划一致

2 髌关节置换后翻修术

除了髌臼骨折切开复位内固定外,3D 打印技术还可以改善髌关节置换术,尤其髌关节置换后翻修术的临床结果。Vajara 教授同样通过病例介绍进行阐述。患者男性,73 岁,30 年前左髌部因受伤而行全髌关节置换术,10 年前左髌部出现轻度疼痛,5 年前疼痛加重并出现左侧下肢短缩,3 个月前疼痛剧烈难忍而求诊。骨盆前后位 X 线片显示左侧髌关节假体周围严重骨缺损,假体松动明显(图 4a),这在 CT 三维重建影像上显示得尤为清楚(图 4b)。针对此病例,可供选择的治疗方案有 2 种:①手术翻修,进行异体骨结构性植骨重建髌臼,加大髌臼杯,用钽块加强;②暂不行翻修术,观察随访。Vajara 教授选择对患者行异体骨结构性植骨全髌置换翻修术。手术关键在于如何让移植的异体骨与骨缺损部位完美贴合,这需要仰仗 3D 打印技术。手术分期进行:先取出髌关节假体(图 4c),用异体骨移植重建髌臼,愈合后再择期完成全髌关节置换术。由于患侧髌关节假体导致 CT 影像产生伪影,无法作为 3D 打印的模板,只能将健侧

髌臼的 3D 影像进行镜像翻转,以此为据打印制作左侧半骨盆模型,一期手术时将模型消毒以备术中应用(图 4d)。手术取出髌关节假体,清理瘢痕组织和不完全的骨质,修整残端,形成髌臼及邻近髌骨骨缺损。根据骨缺损形态在半骨盆模型上进行标记,用骨刀切除多余部位,确保半骨盆模型与患者骨盆髌臼骨缺损完全一致(图 4e 左)。以此为模板,精准切割移植的异体骨(图 4e 右),保证异体骨移植放置到位后患侧骨盆能恢复原来的解剖结构和形态。然后按照髌臼双柱骨折内固定原则用钢板将移植的异体骨整体固定在髌骨上重建髌臼(图 4f)。在股骨近侧残端与髌臼之间置入载有抗生素的骨水泥间隔器,既预防感染,又为二次手术置入股骨侧假体保留足够的空间(图 4g)。关闭切口后结束手术,根据患者恢复情况择期行二次手术。二次手术行髌关节置换时,考虑到移植重建的髌臼近端、远端异体骨与宿主之间连接的稳定性可能不足以支撑,Vajara 教授决定使用 Burch-Schneider 笼型结构(图 4h)加强并接纳髌臼假体。术中用骨刀将 Burch-Schneider 笼形结构翼部嵌插在坐

骨里,其上侧用螺钉固定于髌骨上(图4i),髌臼杯用骨水泥固定,股骨假体柄插入股骨近端,用钢缆环扎股骨干以防爆裂,将髌关节复位后常规关闭切口结束

手术。术后X线片显示髌臼前柱及后柱得以重建(图4j),术后3个月患者复查时,行走功能良好,左髌部无明显疼痛。

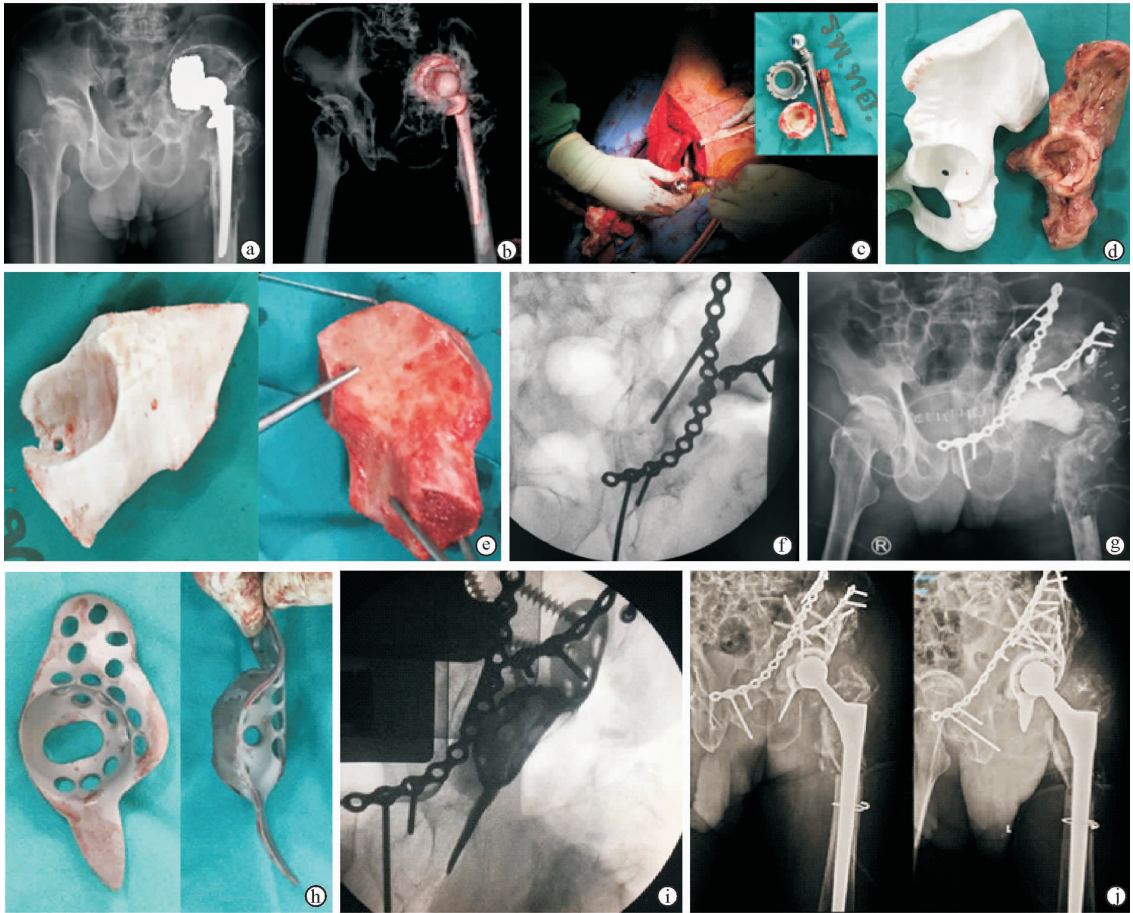


图4 应用3D打印技术辅助髌关节置换后的翻修术 a. 左侧全髌关节置换术后30年髌盆前后位X线片显示左侧髌关节假体松动,假体周围伴有严重骨缺损 b. 术前髌盆CT三维重建影像 c. 一期翻修术中图片,嵌图显示取出的髌关节假体 d. 利用右侧半髌盆CT影像镜像翻转数据打印制作的半髌盆模型 e. 根据真实骨缺损形态进行修整的半髌盆模型,右图为依照半髌盆模型调整后的异体骨块 f. 术中透视影像显示异体骨移植到位并用钢板固定 g. 一期翻修术后髌盆X线片显示髌臼重建及骨水泥间隔器填充结果 h. Burch-Schneider 笼形结构正面(左)和侧面(右)观 i. 术中透视影像显示 Burch-Schneider 笼形结构放置到位并固定 j. 翻修术后正位(左)和闭孔斜位(右)X线片显示全髌关节置换术后的结果

3 锁骨骨折

与髌盆髌臼类似,锁骨三维结构有其特殊性,且个体之间变异较大。锁骨骨折内固定主要挑战在于目前临床应用的解剖钢板并不解剖,增加了骨折复位及固定的难度,而3D打印技术可以很大程度上解决这个临床难题。Vajara教授介绍,在制定术前计划时可以利用特殊工程软件对粉碎的锁骨中段骨折进行虚拟复位,根据复位数据模板3D打印出锁骨骨折复位后的模型和个性化解剖钢板模型,据以规划好螺钉位置及方向。Vajara团队与所在大学的工程师合作,设计制作导向器,利用导向器在骨折畸形愈合部位两端预钻螺钉孔,应用微创接骨板技术(MIPO)置入钢板,用克氏针或螺钉通过预钻孔将钢板固定,利用钢板解剖形状实现骨折间接复位,既矫正锁骨畸形,又

使软组织剥离最小化,提高骨折治疗效果。

Vajara教授介绍了以下锁骨骨折畸形愈合截骨矫正复位内固定病例,以进一步阐释带有导向器的个性化解剖钢板在矫正锁骨骨折畸形愈合中的应用。患者左侧锁骨骨折接受非手术治疗后发生畸形愈合(下页图5a),影响外观及左侧肩关节活动,需手术矫正畸形。术前对双侧锁骨进行CT三维重建,通过镜像翻转利用右侧3D扫描数据打印出左侧锁骨模型,据以打印出完全贴服的个性化解剖钢板(下页图5b)。同时3D打印出畸形愈合的锁骨模型,用特殊工程软件虚拟复位后的粉碎锁骨中段骨折影像,在模型骨畸形部位内外侧锁骨上分别钻出螺钉孔,从而设计出个性化导向器(下页图5b)。术中先暴露畸形愈合部位,利用先前制作的导向器分

别在畸形愈合内侧和外侧锁骨上钻孔(图 5c、5d), 然后截断畸形愈合的锁骨, 在畸形愈合部位内外侧分别作一小切口, 经皮下置入钢板(图 5e), 牵引锁骨两端, 利用解剖钢板进行间接复位, 使畸形骨段两端预先钻好的螺钉孔与相应钢板的螺孔重合, 即实

现间接复位的目标, 从中置入螺钉固定, 并在透视下置入其他螺钉(图 5f), 关闭切口结束手术。术后门诊随访, 患者影像学资料显示锁骨对位对线良好, 截骨部位愈合(图 5g), 手术切口瘢痕不明显(图 5h), 患侧肩关节活动度恢复正常。

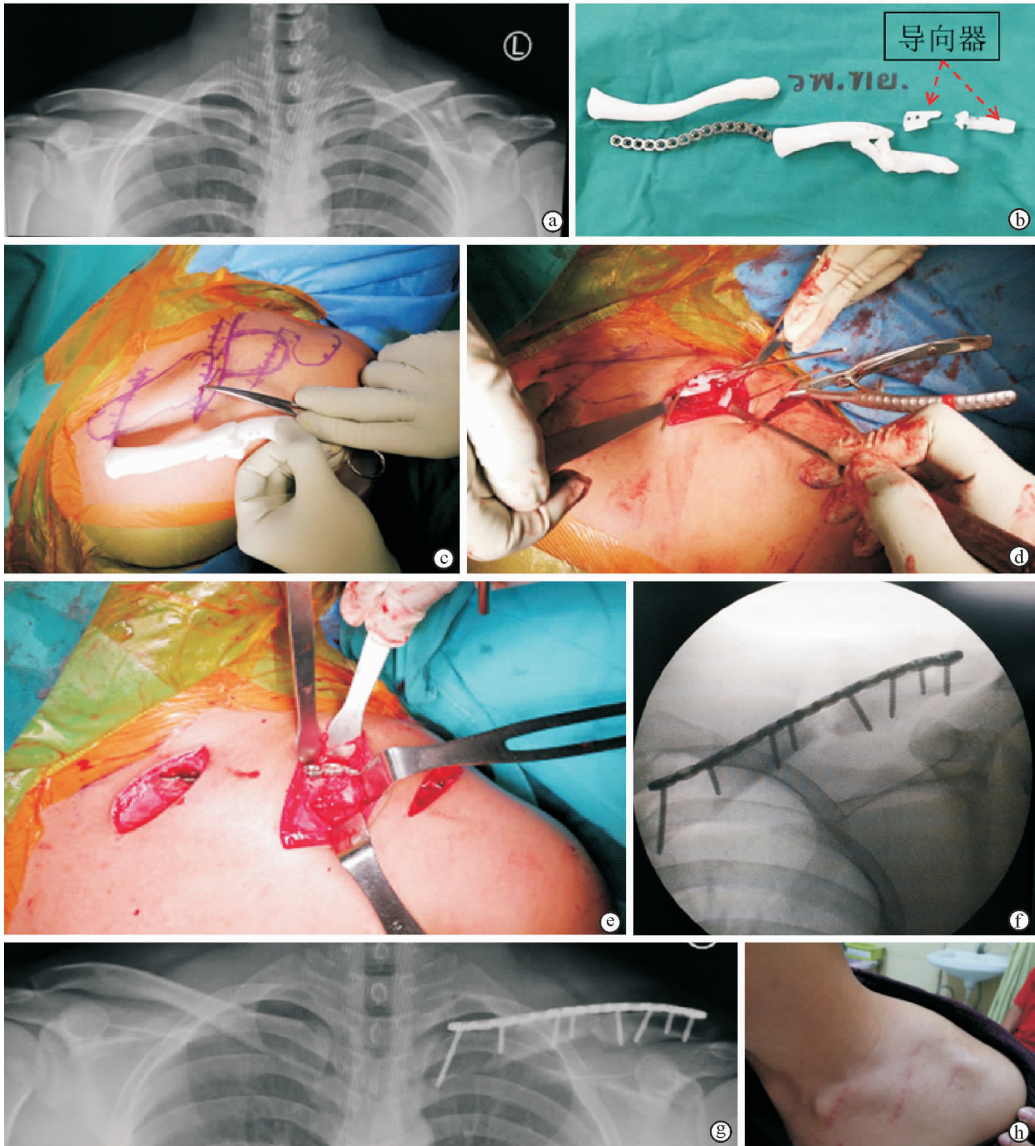


图 5 个性化解剖钢板结合导向器矫正锁骨骨折畸形愈合 a. 外伤致左侧锁骨中段骨折, 行非手术治疗后骨折畸形愈合, 影响外观及左肩关节活动 b. 以健侧锁骨 CT 扫描数据镜像翻转打印出的锁骨模型、个体化解剖钢板、患侧畸形锁骨模型及钻孔导向器 c. 将带有导向孔的畸形锁骨模型与患侧畸形锁骨比较, 确定导向器放置部位 d. 术中照片显示使用导向器在锁骨钻孔 e. 术中照片显示皮肤切口和经皮插入的钢板 f. 术中透视影像显示骨折复位钢板固定完成 g. 术后随访时双侧锁骨正位 X 线片显示骨折愈合 h. 随访时大体照片显示手术瘢痕不明显

4 结语

形状不规则和结构复杂的骨骼如骨盆髋臼、锁骨等骨折复位内固定, 以及骨折畸形愈合进行翻修术时, 需要制定细致、准确的术前计划。CT 三维重建能更立体直观地显示骨折形态, 有助于术者对骨折个性化认知, 更准确地制定术前计划, 甚至可以进行虚拟

复位, 预先设计复位方法和预判复位结果; 3D 打印技术可以制作骨折真实模型, 用于手术步骤预演和排练, 更能制作个体化解剖钢板, 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。

(收稿: 2019-06-05)

(本文编辑: 卢千语)