

# 基于 3D 打印技术辅助逆向耻骨上支外侧髓内拉力螺钉置钉个性化导向模板的初步研制

郑轶,袁欣华,王伟斌,庞清江

(宁波市第二医院创伤骨科,浙江 宁波 315010)

**【摘要】** 目的:观察利用数字化导向模板技术和 3D 打印制作的个体化逆向耻骨上支外侧髓内拉力螺钉导向模板的可行性。方法:回顾性选择 1 例骨盆骨折患者,男性,23 岁,分型为 LC II 型骨折。根据 CT 薄层扫描数据输入 3D 打印机打印 1:1 骨盆模型,Mimics 等软件设计钉道并通过逆向工程软件设计数字化导向模板,3D 打印导板固定模型后置入直径 2.0 mm 克氏针,通过影像学观察其准确性。结果:3D 打印的骨盆模型及数字化个性化导向定制的手术导向板能够满足耻骨上支外侧骨折置钉的要求,克氏针置入后经 X 线及 CT 证实与手术设计一致,导板与骨性标志贴合良好。结论:基于 3D 打印技术的个性化导向模板可实现逆向耻骨上支外侧髓内拉力螺钉置钉的精确置入,并且可以节省手术时间及减少患者及医护人员的射线暴露次数。

**【关键词】** 3D 打印; 模板; 个体化; 耻骨上支; 骨折

DOI:10.3969/j.issn.1003-0034.2017.01.015

**Preliminary development of drill template-assisted placement of reverse intramedullary lag screw for superior ramus of pubis using three dimensional print technique** ZHENG Yi, YUAN Xin-hua, WANG Wei-bin, and PANG Qing-jiang. Department of Traumatology and Orthopaedics, Ningbo No.2 Hospital, Ningbo 315010, Zhejiang, China

**ABSTRACT Objective:** To investigate the feasibility of a drill template for the placement of reverse intramedullary lag screws on the outside of the pubis based on digital design and 3D printing technology. **Methods:** The preoperative CT images of a 23-year-old male patient with pelvic fracture were collected retrospectively. According to the Young and Burgess classification, the type of pelvic fracture was LC II with the 3D printing technology. The data was reconstructed by 3D imaging reconstruction software to produce 1:1 three dimensional model. The screw channel and the individual drill template was designed by the softwares of Mimics 10.01 and Geomagic 12, the accuracy of a drill template was observed by X-rays and CT scans after the placement of 2.0 mm K-wires in the three dimensional template fixed on the model. **Results:** Three dimensional pelvic model and digital, individual drill template could meet the requirement of the placement of reverse intramedullary lag screw for the treatment of superior ramus of pubis fracture. K-wire was placed and the accuracy of screw placement was confirmed using the X-ray and CT scanning. Template and the corresponding anatomical landmark fitted well. **Conclusion:** With the assistance of the individual design and 3D printing technology, the accurate placement of superior ramus of pubis fracture screws can be realized. This technology is helpful to reduce the operation time and X-ray exposure of the patients and doctors.

**KEYWORDS** Three dimensional print; Template; Individual; Superior ramus of pubis; Fractures

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2017, 30(1):64-67 www.zggszz.com

逆向耻骨上支螺钉固定因具有良好的生物力学性能成为常用的耻骨上支骨折内固定方法之一<sup>[1]</sup>。因骨盆毗邻结构复杂而重要,手术置钉的要求高、难度大,相关的手术并发症时有发生,若螺钉的置入位置不佳,会引起骨盆神经、血管损伤,甚至危及生命<sup>[2-4]</sup>。手术的要在于置入螺钉必须通过狭小的骨

性通道。然而目前遇到的难题是由于个体的耻骨上支解剖学存在差异,难以做到统一化置钉。依据患者的具体情况进行个性化置钉是发展方向。基于近几年快速成形技术,3D 打印技术不断发展,为骨盆的创伤提供精确化、个性化的置钉方案提供条件<sup>[5]</sup>。3D 打印有助于制定个性化手术方案,精确控制手术范围,减少术中透视<sup>[6-7]</sup>。本研究旨在设计并制作逆向耻骨上支外侧髓内拉力螺钉手术导向模板,依据患者既往资料建立骨盆三维模型,使耻骨上支外侧的通道可视化,通过三维重建软件及逆向工程技术,结合 3D 打印机设计制作个性化导向模板并进行预试

基金项目:宁波市科技富民惠民项目(编号:2015C50034)

Fund program:Supported by Ningbo Science and Technology Enriching People Project(No. 2015C50034)

通讯作者:郑轶 E-mail:15967868807@163.com

Corresponding author:ZHENG Yi E-mail:15967868807@163.com

验,验证在导向模板的辅助下是否可精确置入导针。

## 1 临床资料

2015 年 10 月 4 日,1 例 23 岁男性患者,因高处坠落而致骨盆骨折,分型为 LC II 型(图 1a)。患者伤后 2 h 入院,入院后用 64 排螺旋 CT 扫描(西门子、德国)骨盆数据。扫描条件:电压 120 kV,电流 150 mA,层厚 1 mm。影像科进行骨盆三维重建(图 1b),CT 数据以 DICOM 格式存储。

## 2 方法

### 2.1 耻骨上支髓内拉力螺钉的钉道设计

应用 Pro/E 软件制作模拟直径 2.0 mm 克氏针,通过选择基准平面,定量选择克氏针的直径(2 mm)和长度(95 mm),通过 Pro/E 软件的拉伸功能绘制模拟克氏针,以 STL 格式进行保存。在 Mimics 软件 Medcad 模块中运用配准工具进行螺钉的虚拟置入,通过旋转和平移功能精确移动虚拟克氏针的位置。通过布尔计算将克氏针的患侧模型融为一体(图 1c,1d)。

### 2.2 3D 模型的打印

将 DICOM 的影像学数据导入 Mimics 10.01 软件中(Materialise, Belgium),通过对导入图像的筛选,蒙板编辑,阈值的精确提取,图像的填充和分割以及光顺处理和缩减三角面片建立完整的骨盆三维重建模型。将骨盆的三维重建模型以 STL 格式进行保存导入 3D 打印机,材料为液态树脂(图 1e)。

### 2.3 设计并打印耻骨上支外侧髓内拉力螺钉置入导板

导板的设计:逆向耻骨上支外侧髓内拉力螺钉导向模板(专利号:ZL201620072547.7)以耻骨结节所在平面为参考点,导向模板与耻骨结节紧密贴合,能够准确定位逆向耻骨上支外侧 1/2 髓内拉力螺钉的入射位置和角度。定位导板的贴合面上具有与耻骨外侧面结构相适配的圆滑凸面,定位板上设有至少 3 个定位孔,定位板的中部设有导向孔,所述导向孔上连接有导向管,所述导向管的轴线与患侧耻骨上支骨折的中心通道相适配。定位孔的直径为 1 mm,导向孔的直径 2.5 mm,长度 4~6 cm。

### 2.4 导板的打印

将 STL 格式的骨盆 CT 和模拟克氏针的数据导入逆向工程软件 Geomagic12 软件(Geomagic, USA)中,通过三维结构的观察对模拟克氏针的位置进行微调达到精确定位。提取患侧耻骨结节所在的骨性表面数据,将其反向增厚 2 mm 后,建立与其形态一致、弧度匹配的导向模板,形成具有患侧耻骨上支外侧髓内拉力螺钉的个性化模板(图 1f,1g),将数据以 STL 格式导入 3D 打印机中,应用光敏树脂材料进行

导板的打印。

### 2.5 预试验验证导向模板的准确性

将打印出的导向模板置于患侧耻骨结节所在的平面的相应位置,验证逆向耻骨上支外侧髓内拉力螺钉手术导板的准确性和贴合性(图 1h)。

## 3 结果

**3.1 骨盆模型、钉道设计以及手术导向模板的制备**  
本例患者的骨盆模型的打印时间、钉道设计及手术导向模板的时间分别为 24、2 和 1 h,总费用约 6 000 元人民币。

### 3.2 预试验的结果

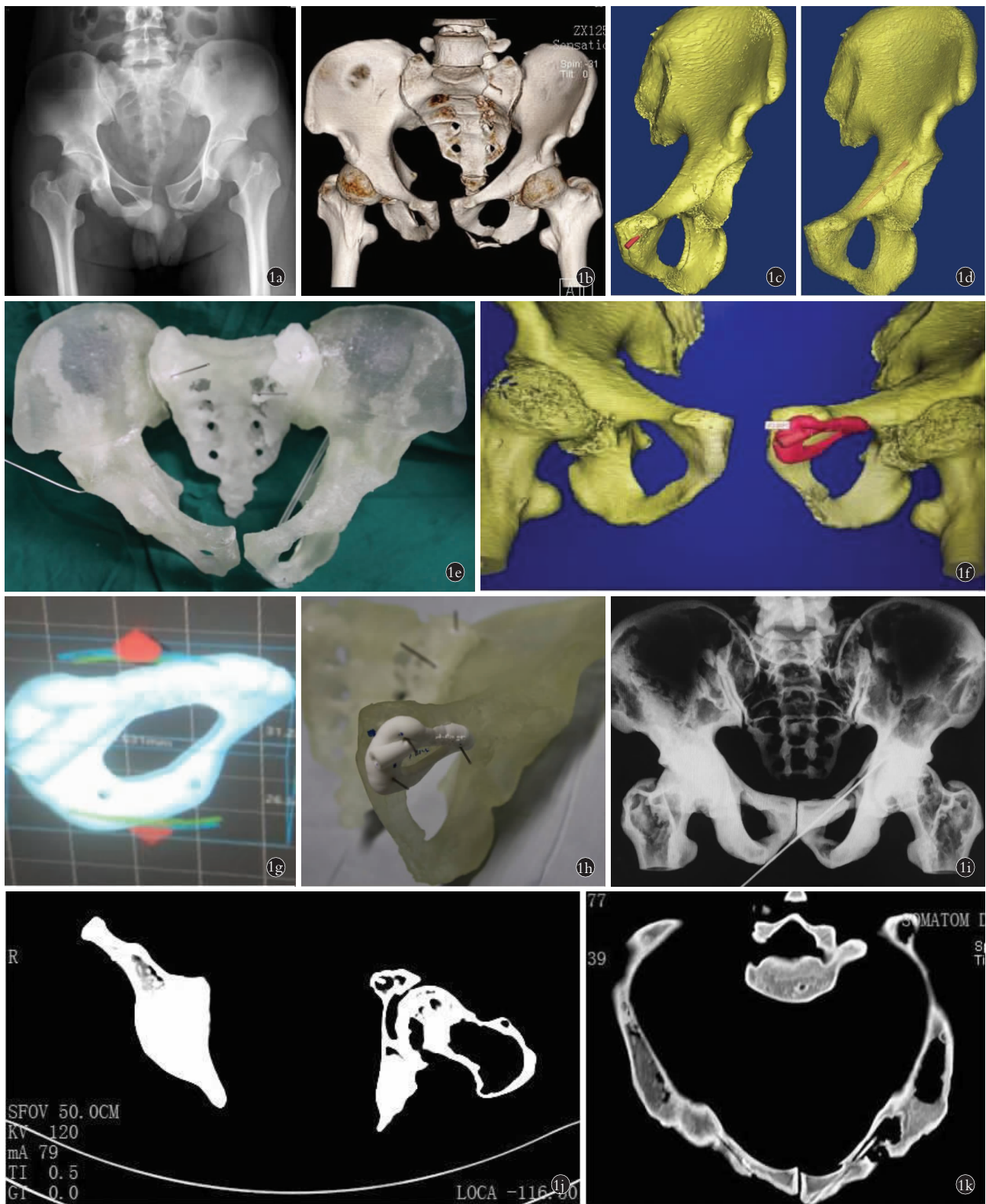
预试验的结果显示所设计的逆向耻骨上支外侧髓内拉力螺钉手术导板与患侧耻骨结节所在平面良好贴合(图 1h),预试验 X 线(图 1i)、CT 扫描冠状位(图 1j)及横断位(图 1k)显示通过模板导向孔置入直径 2.0 mm 的克氏针均位于患侧耻骨上支外侧的骨性钉道内。

## 4 讨论

耻骨上支的解剖结构复杂,具有个体差异性,三维空间结构复杂,术前置入逆向耻骨上支拉力螺钉需要反复观察,测量有关的进针点及进钉角度,术中需要借助 C 形臂 X 线机在不同体位下反复透视,学习曲线长,医护人员和患者易长时间暴露射线<sup>[8-10]</sup>。本研究采用快速成形技术,结合三维重建技术和逆向工程原理精确设计导向手术模板,预试验未对钉道进行调整一次置入患侧耻骨上支三维模型,结果显示该手术导板具有良好的解剖贴合性和准确性。

耻骨上支为耻骨体水平向前内下方延伸而成,基底粗大肥厚,呈三棱柱状,向内下方逐渐变为扁平状,形态极不规则<sup>[11]</sup>。对于耻骨上支外侧 1/2 骨折,通常选择进钉点为耻骨结节凸起处下方 0.5~1.0 cm 处,通过数字解剖学测量,螺钉与矢状面夹角变化范围为(36.12±2.76)°~(43.38±3.30)°,无性别差异,同时理论上螺钉的最大直径平均为 11 mm,长度 96 mm,男性和女性之间差异有统计学意义<sup>[12]</sup>。

本研究所设计的导向模板在设计、制作及应用环节有可能产生误差:(1)三维重建过程中的误差。CT 的扫描层厚,图像的分割技术及操作者对于阈值的提取有可能使模型的精度失真从而导致模板的误差。(2)制作过程中的误差。3D 打印机与 CAD 模型之间的转接可能存在误差,逆向工程软件 Geomagic 设计的导向模板在数据转换时也可能出现信息的丢失从而出现误差。同时,3D 打印机的预热温度,切片的厚度,扫描的方向等也存在信息偏离的风险。(3)应用过程的误差。本次预试验取得良好的置钉效果,但在真实手术操作中,切除的骨性组织量的大小



**图 1** 患者,男,23 岁,左侧耻骨上下支骨折 **1a.** 骨盆正位 X 线片 **1b.** CT 三维重建图像 **1c.** Mimics 10.01 软件模拟置钉 **1d.** 透明视图观察螺钉位置 **1e.** 1:1 3D 模型 **1f.** Geomagic12 软件设计导板示意图 **1g.** Geomagic12 软件设计导板效果图 **1h.** 导板与骨面贴合良好 **1i.** 预试验 X 线示 2.0 mm 克氏针位于左侧耻骨上支骨性钉道内 **1j.** CT 扫描冠状位示克氏针位于钉道内 **1k.** CT 扫描横断位示克氏针位于钉道内

**Fig.1** A 23 years old male patient with the left side of the superior and inferior ramous of pubis fracture **1a.** AP Pelvic X-ray **1b.** Three-dimensional CT image reconstruction **1c.** Screw was set by Mimics 10.01 software in simulation module **1d.** Transparent view of the position of the screws **1e.** 1:1 3D model **1f.** A guide template was designed by Geomagic12 software **1g.** Renderings **1h.** The guide template and the bone surface fitted well **1i.** Pre-test X-ray showed 2.0 mm K-wire was located in the bone screw channel **1j.** CT scan displayed K-wire was located within the screw channel in coronal plane **1k.** Axial CT scan illustrated K-wire located within the screw channel

会影响导板的准确性。这些误差产生的原因与既往研究者的报道相似<sup>[13-14]</sup>。

本方法适用于耻骨上支外侧骨折无移位或者移位不明显,或经过复位达到复位要求的患者。本研究结果显示,以患侧为基础制作的导向模板与骨性标志结构表面贴合良好,钉道位置准确。如果耻骨上支外侧骨折移位明显,可以通过 Mimics 软件的手术模拟复位功能进行复位再行钉道设计或者参照健侧进行导板设计。禁忌证类同常规耻骨上支外侧骨折髓内螺钉置入,包括耻骨上支外侧的粉碎性骨折,断端之间严重分离移位,经手法复位或者复位钳复位无法复位的患者以及病理性骨折的患者<sup>[15]</sup>。而相对禁忌证包括严重骨质疏松症及严重骨代谢疾病患者。

本研究所研制的耻骨上支外侧骨折导向模板具有以下的优势:(1)基于 3D 打印技术实现个体化置钉的原则,置钉准确率高,操作简单,学习曲线短。(2)若应用于临床,术中仅需显露骨性标志(耻骨结节)所在平面,模板贴合后即可精确置钉,手术时间短,可有效减少术中 X 线透视次数,有助于节约医疗资源,保护医护人员。(3)同时对于骨质增生或者先天畸形的难以置钉的患者同样可以置入逆向耻骨上支髓内拉力螺钉。不足之处:(1)目前所设计的导向模板需要对患侧耻骨结节所在平面的软组织精确剥离,剥离范围稍大。(2)模板的设计需要掌握相关的逆向工程软件技术和骨科的相关知识,学习曲线长。(3)3D 模型打印及导板的设计需要昂贵的费用,限制该项技术的推广。(4)同时该项技术尚在初步试验阶段,还未大规模应用于临床,有待临床检验。

应用逆向耻骨上支髓内拉力螺钉导向模板的注意事项:(1)安置导板前需要将耻骨结节所在平面的软组织剥离干净,导板尽可能和骨曲面良好贴合。(2)应用导板置入定位针时推荐应用电钻,以免定位针的摆动而影响导板角度的准确性。

#### 参考文献

- [1] Laflamme GY, Delisle J, Rouleau D, et al. Lateral compression fractures of the superior pubic ramus with intra-articular extension[J]. J Bone Joint Surg Br, 2009, 91(9): 1208-1212.
- [2] Ron G, Epstein D, Ben-Galim P, et al. Extra-peritoneal pressure packing without external pelvic fixation: a life-saving stand-alone surgical treatment[J]. J Emerg Trauma Shock, 2015, 8(4): 181-187.
- [3] Shui X, Ying X, Mao C et al. Percutaneous screw fixation of crescent fracture-dislocation of the sacroiliac joint[J]. Orthopedics, 2015, 38(11): e976-982.
- [4] 张英泽, 李明. 骨盆骨折诊断与治疗的重要性[J]. 中国骨伤, 2011, 24(2): 95-98.  
ZHANG YZ, LI M. Importance of diagnosis and treatment of pelvic fractures[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2011, 24(2): 95-98. Chinese.
- [5] 胡维界, 刘峰, 张军钰. 计算机辅助设计与快速成形技术在复杂髌臼骨折切开复位内固定术中的应用[J]. 中国骨伤, 2016, 29(4): 302-305.  
HU WJ, LIU F, ZHANG JY. Application of computer-aided design and rapid prototyping for open reduction and internal fixation of complex acetabular fractures[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2016, 29(4): 302-305. Chinese with abstract in English.
- [6] He HY, Zhang JY, Mi X, et al. Rapid prototyping fortissue-engineered bone scaffold by 3D printing and biocompatibility study[J]. Int J Clin Exp Med, 2015, 8(7): 11777-11785.
- [7] Mowry SE, Jammal H, Myer C 4th, et al. A novel temporal bone simulation model using 3D printing techniques[J]. Otol Neurotol, 2015, 36(9): 1562-1565.
- [8] Firoozabadi R, Stafford P, Routt M. Risk of spermatic cord injury during anterior pelvic ring and acetabular surgery: an anatomical study[J]. Arch Bone Jt Surg, 2015, 3(4): 269-273.
- [9] Courtney PM, Taylor R, Scolaro J, et al. Displaced inferior ramus fractures as a marker of posterior pelvic injury[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2014, 134(7): 935-939.
- [10] Dienstknecht T, Müller M, Sellei R, et al. Screw placement in percutaneous acetabular surgery: gender differences of anatomical landmarks in a cadaveric study[J]. Int Orthop, 2013, 37(4): 673-679.
- [11] 王庆贤, 张英泽, 潘进社, 等. 耻骨上支逆行拉力螺钉内固定的应用解剖学研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 2005, 23(6): 617-619.  
WANG QX, ZHANG YZ, PAN JS, et al. Applied anatomy of retrograde lag screw internal fixation in the superior ramus of pubis[J]. Zhongguo Lin Chuang Jie Pou Xue Za Zhi, 2005, 23(6): 617-619. Chinese.
- [12] 杨勇, 王磊, 王福川, 等. 耻骨上支骨折髓内螺钉进钉通道的数字解剖学研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 2013, 31(4): 397-401.  
YANG Y, WANG L, WANG FC, et al. Digital anatomical study of the superior pubic ramus screw channel[J]. Zhongguo Lin Chuang Jie Pou Xue Za Zhi, 2013, 31(4): 397-401. Chinese.
- [13] 胡勇, 袁振山, 谢辉, 等. 快速成型导向模板辅助下寰枢椎椎弓根螺钉置钉的偏差因素分析[J]. 中华创伤杂志, 2013, 29(10): 946-954.  
HU Y, YUAN ZS, XIE H, et al. Deviation factors of posterior atlantoaxial transarticular screw placement assisted by rapid prototyping drill templates[J]. Zhonghua Chuang Shang Za Zhi, 2013, 29(10): 946-954. Chinese.
- [14] 穆卫庐, 常军英, 贾东昭, 等. 3D 打印手术导板引导骶髂螺钉置入的手术技术介绍[J]. 中华骨科杂志, 2015, 35(7): 767-773.  
MU WL, CHANG JY, JIA DZ, et al. Surgical technique of iliosacral screws placement guided by 3D printing template in sacral fractures[J]. Zhonghua Gu Ke Za Zhi, 2015, 35(7): 767-773. Chinese.
- [15] Starr AJ, Nakatani T, Reinert CM, et al. Superior pubic ramus fractures fixed with percutaneous screws: what predicts fixation failure[J]. J Orthop Trauma, 2008, 22(2): 81-87.