doi:10.11659/jjssx.07E018011

·临床研究·

3D 打印体外建模辅助微创治疗复杂骨盆骨折

刘 盾,李 磊,陈兴春,朱建华,徐 洲,赵 瑛 [重庆市第九人民医院创伤中心(骨科病区),重庆 400700]

[摘 要] **目的** 探讨 3D 打印体外建模辅助微创治疗复杂骨盆骨折的临床疗效。**方法** 选择 2016 年 4 月至 2017 年 6 月采用 3D 打印体外建模辅助治疗的 18 例复杂骨盆骨折病例,记录手术时间及术中出血量,术后通过 X 射线片、CT 及 Matta 评分标准评估骨折复位情况,通过 Majeed 功能评分评估功能恢复情况。**结果** 手术时间 80~160 min,平均(120±23.1)min;术中出血量75~160 mL,平均(113.6±29.1)mL;切口长度 7~14 cm,平均(9.3±1.8)cm。18 例患者均获随访 12~24 个月,平均 15.8 个月。根据 Matta 评分标准,骨折复位:优 12 例,良 4 例,可 2 例,优良率 88.9%。术后 6 个月使用 Majeed 评分标准评定功能恢复情况,结果显示:优 13 例,良 4 例,可 1 例,优良率 94.4%。所有患者随访期间无内固定松动、断裂等并发症发生。**结论** 采用 3D 打印体外建模辅助治疗复杂骨盆骨折可使手术操作更加精准及微创,减少并发症的发生,有利于患者术后康复。

[关键词] 骨盆骨折;3D 打印;内固定;体外建模;微创;三维重建

[中图分类号] R683.3 [文献标识码] A [收稿日期] 2018-07-03

3D printing in vitro modeling for minimally invasive treatment of complex pelvic fractures

LIU Dun, LI Lei, CHEN Xing-chun, ZHU Jian-hua, XU Zhou, ZHAO Ying [Trauma Center (Department of Orthopedics Ward), Ninth People's Hospital of Chongqing, Chongqing 400700, China]

Abstract: Objective To explore the clinical effect of 3D printing in vitro modeling for minimally invasive treatment of complex pelvic fractures. **Methods** From April 2016 to June 2017, 18 cases of complex pelvic fractures were treated by 3D printing in vitro modeling were selected. The operation time and intraoperative bleeding volume were recorded. Fracture reduction was evaluated by X-ray, CT and Matta scores, and functional recovery was assessed by Majeed score. **Results** All 18 patients were followed up for 12 to 24 months, with an average of 15.8 months. The operation time of 18 patients was 80~160 minutes, with an average of (120±23.1) minutes; the amount of bleeding was 75~160 mL, with an average of (113.6±29.1) mL; the length of incision was 7~14 cm, with an average of (9.3±1.8) cm. According to the Matta score, the fracture reduction was excellent in 12 cases, good in 4 cases, fair in 2 cases, the excellent and good rate was 88.9%. Majeed score was used to evaluate functional recovery 6 months after operation, the results showed that 13 cases were excellent, 4 cases were good and 1 case was fair, the excellent and good rate was 94.4%. No complications such as internal fixation loosening or breakage occurred during the follow-up period. **Conclusion** For complex pelvic fractures, 3D printing in vitro modeling assisted minimally invasive surgery can make the operation more precision with less trauma, reduce the incidence of complications, and speed up the recovery of patients.

Keywords: pelvic fracture; 3D printing; internal fixation; in vitro modeling; minimal invasive; 3D reconstruction

[基金项目] 重庆市北碚区应用开发计划项目(2016-16)

[通信作者] 赵 瑛,E-mail:zhaozhao0223@163.com

[21] De Martino I, Gulotta LV. The effect of obesity in shoulder arthroplasty outcomes and complications[J]. Orthop Clin North Am, 2018, 49(3): 353-360. doi:10.1016/j.ocl.2018.02.010.

[22] Myers JB, Oyama S, Clarke JP. Ultrasonographic assessment of humeral retrotorsion in baseball players: a validation study[J]. Am J Sports Med, 2012, 40(5): 1155-1160. doi: 10.1177/0363546512436801.

[23] Vlachopoulos L, Carrillo F, Dünner C, et al. A novel method for the approximation of humeral head retrotorsion based on Three-Dimensional registration of the bicipital groove[J]. J Bone Joint Surg Am, 2018, 100(15): e101(1)-e101(8). doi: 10.2106/JBJS.17.01561.

[24] Rosas S, Law TY, Kurowicki J, et al. Trends in surgical management of proximal humeral fractures in the Medicare population: a nationwide study of records from 2009 to 2012[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2016, 25(4): 608-613. doi: 10.1016/j.jse.2015.08.011.

[25] 李杰文,肖立军,陈文贵,等. 肱骨近端粉碎骨折人工半肩关节置换的临床研究[J]. 河北医学, 2013, 19(4): 576-578. doi:10.3969/j.issn.1006-6233.2013.04.038.

[26] Kaisidis A, Pantos PG, Heger HA, et al. Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of three and four part fractures of the proximal humerus in patients older than 75 years old[J]. J Acta Orthop Belg, 2014, 80(1): 99-105. doi:10.1097/BPO.0b013e3182933c69.

[27] Zarkadas PC, Throckmorton T, Dahm DL, et al. Patient reported activities after shoulder replacement: total and hemiarthroplasty[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2011, 20(11): 273-280. doi:10.1016/j.jse.2010.06.007.

(编辑:左艳芳)

骨盆骨折多由高能量的外伤所致,其致残率高达50%~60%,常常并发严重的并发症(如失血性休克),病死率高达10%[1-2]。切开复位内固定术是治疗骨盆骨折的经典术式,但因其复杂的解剖结构导致外科手术难度大大增加[3]。精确的钢板和螺钉放置需要术者了解骨盆的三维解剖结构,术前X射线片及CT只能从二维层面显示骨折形态。传统的手术需要尽量暴露骨折位置,这增加了创伤、术中出血量及手术时间等,甚至还会因为术中骨折位置暴露不佳导致骨折复位不理想。目前越来越多学者更倾向于使用微创治疗骨盆骨折[4-8]。使用3D打印技术辅助骨科医师进行个性化手术方案设计,可进行更为精确的手术操作,以利于手术的微创化,减少患者手术创伤及手术时间,减少伤残并发症的发生,促进患者术后康复。重庆市第九人民医院2016年4月至2017年6月采用3D打印体外建模辅助微创治疗复杂骨盆骨折18例,获得了满意的疗效,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料

本组18例骨盆骨折患者,其中男11例,女7例;年龄24~56岁,平均(43.9±8.56)岁;致伤原因:车祸伤12例,高坠伤5例,严重挤压伤1例;骨盆骨折分型(Tile分型):B型12例,C型6例。所有患者术前均进行骨盆前后位、入口位、出口位X射线片及CT三维重建检查。

纳入标准:①骨盆骨折时间不超过2周;②术前骨折分析为Tile B型或C型;③术后随访时间大于等于12个月;④患者自愿参加,对研究过程完全知情同意并签署知情同意书。

排除标准:①骨盆骨折时间超过2周;②病理性骨折;③骨折分型为Tile A型;④合并严重内科疾病不适宜手术;⑤不配合治疗或不能按时随访。

1.2 手术方法

通过CT室采集患者骨盆CT扫描数据,将数据输入到Mimics 14.0软件中,然后开始建模,创建三维模型。最后将数据调整后输入打印机,应用3D打印技术按1:1比例打印出骨折模型。

3D打印模型辅助手术设计:直视下将3D打印骨折模型进行复位,必要时克氏针临时固定,选用合适长度钢板预弯使形状与骨折部位一致,直视下打入相应螺钉并逐一测深,记录钢板位置及螺钉位置、长度,确认螺钉置入安全区域。再依钢板位置对照解剖入路确认手术切口。患者取仰卧位,全麻成功后采用术前计划的手术切口逐层切开皮肤、皮下组织,纵劈腹白线并将腹直肌向两侧牵开,必要时可将腹直肌从止点上方断开以显露充分。将伤侧下腹壁肌、髂外血管及股神经等向前外牵拉,将盆腔脏器向后内牵拉,可充分显露从耻骨联合到骶髂关节的真骨盆缘部分。注意仔细探查闭孔血管与髂外血管之间的交通支,即死亡之冠,并予以仔细结扎,以免出现难以控制的出血。如合并高位髂骨骨折可通过髂窝辅助切口治疗。仔细对骨折部分进行骨膜下剥离,可通过顶棒、骨盆复位钳提拉钳夹等方式进行复位。必要时可向股骨颈内置入斯氏钉,连接T形柄并向外提拉,以帮助髋臼骨折复位。骨折复位满意后,将术前已经预塑形的钢板放置在预定的位置,逐一打入相应螺钉进行固定。

术后常规使用抗生素预防感染,并根据骨科大手术后血栓预防指南常规预防深静脉血栓,术后隔日换药,注意伤口护理,视伤口情况拆线。术后2~3 d开始被动髋关节功能锻炼,并逐渐增加活动度;根据骨折愈合情况指导逐步负重功能锻炼。

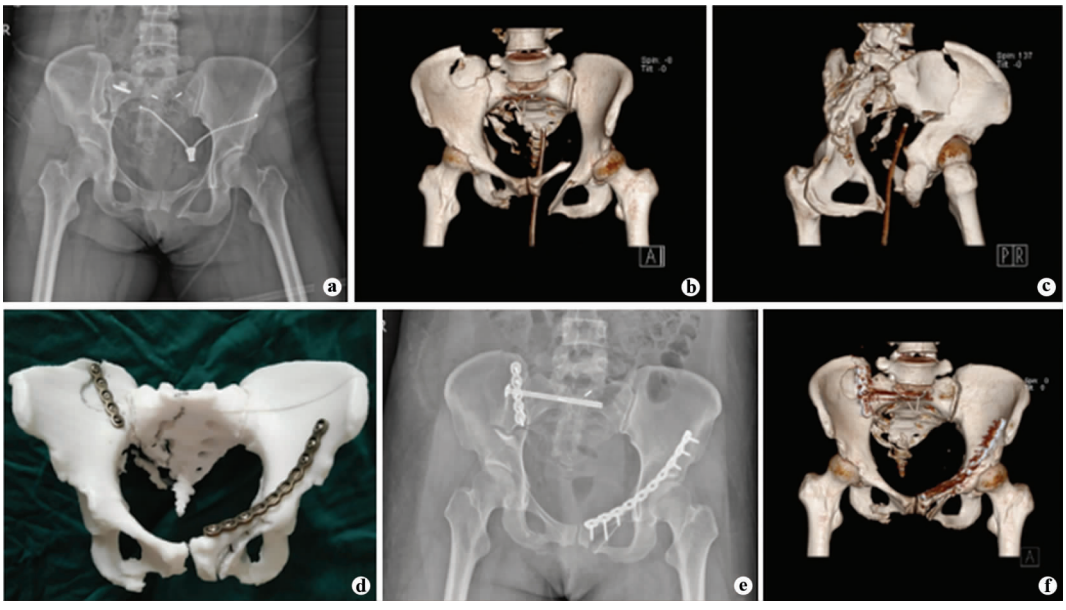
1.3 疗效评价

记录手术时间、术中出血量及切口长度等指标。术后常规行骨盆X射线及CT平扫检查。术后1、2、3、6、12个月门诊复查骨盆X射线片,评价骨折复位及功能恢复情况。骨折复位情况按照Matta标准进行评价[7];术后功能恢复情况采用Majeed功能评价系统进行评价[8]。

2 结果

18例患者均顺利完成手术,手术时间80~160 min,平均(120±23.1)min;术中出血量75~160 mL,平均(113.6±29.1)mL;切口长度7~14 cm,平均(9.3±1.8)cm。所有患者手术时机为伤后5~18 d,平均(9.4±3)d;均获随访12~24个月,平均(15.8±4)个月。术后常规行骨盆影像学检查,并根据Matta评分标准进行评估:优12例,良4例,可2例,优良率88.9%。术中使用钢板螺钉与手术计划基本一致。术后6个月使用Majeed评分标准对患者进行功能评定,优13例,良4例,可1例,优良率94.4%。术后患者切口均甲级愈合,无切口感染发生。18例患者骨折均骨性愈合,愈合时间3~6个月,平均4.3个月。所有患者随访期间无内固定松动、断裂等并发症发生。

典型病例:患者女,46岁,因车祸伤致髋部疼痛2 h为主诉入院,结合辅助检查诊断:Tile C型骨盆骨折。伤后1周在3D打印体外建模辅助下微创行骨盆骨折手术治疗,手术过程顺利,术后患者恢复满意(图1)。



a:术前正位 X 射线片;b:术前正位 CT 三维重建;c:术前侧位 CT 三维重建;d:术前 3D 打印模型及提前预弯钢板;e:术后正位 X 射线片;f:术后正位 CT 三维重建

图 1 典型病例影像资料

3 讨论

骨盆骨折均由创伤导致,一些低能量创伤引起的骨盆骨折比较稳定,移位不明显者可给予保守治疗,大多数患者预后良好;但一些由高能量创伤引起的不稳定性骨盆骨折,其病残率和病死率非常高,致伤原因大多为交通事故、高处坠落和严重挤压伤等,这类骨折则需要手术处理[1,9-11]。关于手术治疗不稳定性骨盆骨折,其手术方式有外固定支架固定及切开复位钢板内固定等[12]。外固定支架固定可以在急性期提供骨盆的临时稳定性,达到缓解疼痛的目的,具有手术创伤小等优点,但外固定支架固定仅能起到增加稳定性的作用,并不能对骨折进行较好的复位,而且容易出现钉道感染等[13]。切开复位钢板内固定术可在直视下对骨折进行有效的复位,并植入钢板起到固定的作用。切开复位内固定手术入路常用的有经耻骨联合入路、髂腹股沟入路、改良 Stoppa 入路等[14-16]。不管何种手术入路,都具有手术创伤大、操作复杂、并发症多、术后康复慢等缺点,还需要在术中临时预弯钢板,导致手术耗时大大延长,而且放置钢板螺钉时还有损伤重要血管、神经等危险[17-18]。随着科学技术的进步,3D 打印技术已逐渐应用于医学领域,3D 打印技术可根据三维重建 CT 的影像制作出 1∶1的模型,有利于医生在术前制定详细的手术计划,并进行钢板预弯,这大大缩短了手术时间,减少了手术创伤,提高了手术精确度,还可达到更加微创完成手术的目的[19]。

在 3D 打印技术应用于医学领域以前,关于手术治疗骨盆骨折有多种入路方式,其中以经典的髂腹股沟入路和改良 Stoppa 入路为主要方式[15-16]。Ismail 等[20]采用 Stoppa 入路和髂腹股沟入路治疗骨盆骨折,结果显示 Stoppa 入路在术中出血量、手术时间等方面均优于髂腹股沟入路。Ma 等[21]进行了一项随机对照试验,也得出相似的结论,表明 Stoppa 入路是一种更为安全、有效、微创的手术入路方式。但 Stoppa 入路仍有自身的不足,如对后柱骨折的显露不够充分,有血管神经损伤的风险,有时不能较好地直视复位及固定,随着骨科医师对手术技术的精进和手术效果预期值的不断提高,如何进行更为微创、精准的手术逐渐被关注。本研究采用 3D 打印体外建模辅助微创治疗骨盆骨折,通过术前模拟手术操作,制定个性化手术方案,确定手术入路切口的选择,精准复位骨折,提前预弯钢板,甚至精确到每一颗螺钉的位置、方向及长度,明显降低了手术难度,减少手术时间及出血,降低并发症的发生率,并还能缩短手术医师的学习曲线。本组 18 例患者均顺利完成手术,未发生血管神经损伤、钢板断裂、螺钉拔出等并发症,表明通过 3D 打印体位建模辅助微创治疗骨盆骨折,有助于钢板螺钉的精确植入,并通过术前手术计划可以做到手术更加微创、耗时更少、术中出血量更少等,术后 Matta 和 Majeed 评分优良率均良好。

3D 打印技术应用于医学领域已逐渐被大家认可,通过 3D 打印体外建模有利于术者在术前制定详细的手术方案,有助于外科医生对骨折类型进行准确的分型,更加精准的手术。Upex 等[22]采用 3D 打印技术辅

助治疗髋臼骨折病例,在术前通过 3D 打印骨折模型对钢板进行预弯,模拟每颗螺钉的长度,结合骨折特点及周围解剖结构选择最佳手术入路,避免了术中不必要的损伤,大大减少了术中反复预弯钢板和测量螺钉长度的时间,使手术时间明显缩短,结果显示 3D 打印技术辅助治疗复杂骨折是一种十分有效的方式。国内已经有医师尝试利用 3D 打印模型辅助术前手术设计,但仅限于少数病例的科学研究。随着 3D 打印技术的更加成熟,以及费用不断降低,如果能够将 3D 打印模型普及为像 CT 重建一样作为复杂手术的常规术前准备,无疑将极大程度地推进临床医师手术水平提高。

综上所述,采用 3D 打印体外建模辅助治疗复杂骨盆骨折,可使手术操作更加精准及微创,可减少手术创伤及手术时间,有利于患者术后康复及减少并发症的发生。但本研究纳入病例数较少,今后仍需大量相关的高质量的研究来进一步验证 3D 打印体外建模治疗复杂骨折的优势。

[参考文献]

[1] Breuil V, Roux CH, Carle GF. Pelvic fractures: epidemiology, consequences, and medical management[J]. Curr Opin Rheumatol, 2016, 28(4): 442 - 447. doi: 10.1097/BOR.0000000000000293.

[2] Stahel PF, Burlew CC, Moore EE. Current trends in the management of hemodynamically unstable pelvic ring injuries[J]. Curr Opin Crit Care, 2017, 23(6): 511 - 519. doi: 10.1097/MCC.0000000000000454.

[3] Cai L, Zhang Y, Chen C, et al. 3D printing-based minimally invasive cannulated screw treatment of unstable pelvic fracture[J]. J Orthop Surg Res, 2018, 13(1): 71. doi: 10.1186/s13018 - 018 - 0778 - 1.

[4] Schweitzer D, Zylberberg A, Cordova M, et al. Closed reduction and iliosacral percutaneous fixation of unstable pelvic ring fractures[J]. Injury, 2008, 39(8): 869 - 874. doi: 10.1016/j.injury.2008.03.024.

[5] Thakkar SC, Thakkar RS, Sirisreetreerux N, et al. 2D versus 3D fluoroscopy-based navigation in posterior pelvic fixation: review of the literature on current technology[J]. Int J Comput Assist Radiol Surg, 2017, 12(1): 69 - 76. doi: 10.1007/s11548 - 016 - 1465 - 5.

[6] Liu ZJ, Jia J, Zhang YG, et al. Internal fixation of complicated acetabular fractures directed by preoperative surgery with 3D printing models[J]. Orthop Surg, 2017, 9(2): 257 - 260. doi: 10.1111/os.12324.

[7] Matta JM, Tornetta P 3rd. Internal fixation of unstable pelvic ring injuries[J]. Clin Orthop Relat Res, 1996, 329: 129 - 140.

[8] Majeed SA. Grading the outcome of pelvic fractures[J]. J Bone Joint Surg Br, 1989, 71(2): 304 - 306.

[9] Tosounidis TI, Giannoudis PV. Pelvic fractures presenting with haemodynamic instability: treatment options and outcomes[J]. Surgeon, 2013, 11(6): 344 - 351. doi: 10.1016/j.surge.2013.07.004.

[10] Tempelaere C, Vincent C, Court C. Percutaneous posterior fixation for unstable pelvic ring fractures[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2017, 103(8): 1169 - 1171. doi: 10.1016/j.otsr.2017.07.024.

[11] Bousbaa H, Ouahidi M, Louaste J, et al. Percutaneous iliosacral screw fixation in unstable pelvic fractures[J]. Pan Afr Med J, 2017, 27: 244. doi: 10.11604/pamj.2017.27.244.11506.

[12] Balbachevsky D, Belloti JC, Doca DG, et al. Treatment of pelvic fractures: a national survey[J]. Injury, 2014, 45: S46 - 51. doi: 10.1016/S0020 - 1383(14)70021 - X.

[13] Hu SB, Xu H, Guo HB, et al. External fixation in early treatment of unstable pelvic fractures[J]. Chin Med J (Engl), 2012, 125(8): 1420 - 1424.

[14] Agarwal Y, Doebele S, Windolf M, et al. Two-leg alternate loading model: a different approach to biomechanical investigations of fixation methods of the injured pelvic ring with focus on the pubic symphysis[J]. J Biomech, 2014, 47(2): 380 - 386. doi: 10.1016/j.jbiomech.2013.11.008.

[15] Zhu L, Wang L, Shen D, et al. Treatment of pelvic fractures through a less invasive ilioinguinal approach combined with a minimally invasive posterior approach[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2015, 16: 167. doi: 10.1186/s12891 - 015 - 0635 - x.

[16] Oh HK, Choo SK, Kim JJ, et al. Stoppa approach for anterior plate fixation in unstable pelvic ring injury[J]. Clin Orthop Surg, 2016, 8(3): 243 - 248. doi: 10.4055/cios.2016.8.3.243.

[17] Rommens PM, Wagner D, Hofmann A. Minimal invasive surgical treatment of fragility fractures of the pelvis[J]. Chirurgia (Bucur), 2017, 112(5): 524 - 537. doi: 10.21614/chirurgia.112.5.524.

[18] Zhou KH, Luo CF, Chen N, et al. Minimally invasive surgery under fluoro-navigation for anterior pelvic ring fractures[J]. Indian J Orthop, 2016, 50(3): 250 - 255. doi: 10.4103/0019 - 5413.181791.

[19] Flugge TV, Nelson K, Schmelzeisen R, et al. Three-dimensional plotting and printing of an implant drilling guide: simplifying guided implant surgery[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2013, 71(8): 1340 - 1346. doi: 10.1016/j.joms.2013.04.010.

[20] Ismail HD, Djaja YP, Fiolin J. Minimally invasive plate osteosynthesis on anterior pelvic ring injury and anterior column acetabular fracture[J]. J Clin Orthop Trauma, 2017, 8(3): 232 - 240. doi: 10.1016/j.jcot.2017.06.007.

[21] Ma K, Luan F, Wang X, et al. Randomized, controlled trial of the modified Stoppa versus the ilioinguinal approach for acetabular fractures[J]. Orthopedics, 2013, 36(10): e1307 - 1315. doi: 10.3928/01477447 - 20130920 - 25.

[22] Upex P, Jouffroy P, Riouallon G. Application of 3D printing for treating fractures of both columns of the acetabulum: Benefit of pre-contouring plates on the mirrored healthy pelvis[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2017, 103(3): 331 - 334. doi: 10.1016/j.otsr.2016.11.021.

(编辑:魏 源)