

· 临床研究 ·

3D 打印重建钢板联合后柱螺钉固定髋臼四方区骨折

辛陆军, 王黎明, 王翔, 李达, 陈三优

(焦作煤业集团有限责任公司中央医院骨科五区, 河南焦作 454000)

摘要: [目的] 探讨 3D 打印重建钢板联合后柱螺钉治疗髋臼四方区骨折的临床疗效。[方法] 回顾性分析 2019 年 1 月—2022 年 1 月本院采用 3D 打印设计辅助治疗的 25 例四方区髋臼骨折患者的资料, 评价临床及影像结果。[结果] 25 例患者手术时间平均 (156.8±26.3) min, 术中出血量平均 (791.1±163.4) ml。所有患者均获随访, 随访时间平均 (21.1±6.9) 个月。与术后 1 个月相比, 术后 3 个月和末次随访时, 患者 Merled Aubigne-Postel 评分 [(10.6±1.9), (13.1±1.9), (17.0±1.6), $P<0.001$]、髋伸屈 ROM [(84.8±13.1)°, (105.5±13.5)°, (127.0±12.1)°, $P<0.001$]、髋内-外旋 ROM [(23.6±2.9)°, (39.6±3.1)°, (51.9±2.7)°, $P<0.001$] 均显著增加。影像方面, 术后 Matta 影像学评价无显著变化 ($P>0.05$), 末次随访时, 骨折均愈合, 愈合时间平均 (13.7±1.4) 周。[结论] 基于 3D 打印设计重建钢板联合后柱螺钉治疗髋臼四方区骨折可获得满意的临床疗效。

关键词: 3D 打印设计, 髋臼骨折, 四方区, 重建钢板, 拉力螺钉

中图分类号: R683.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 22-2106-04

Reconstruction plate combined with posterior column lag screw based on 3D printing design for fixation of acetabular quadrilateral plate fractures // XIN Lu-jun, WANG Li-ming, WANG Xiang, LI Da, CHEN San-you. The Fifth Division, Department of Orthopaedic, Central Hospital, Jiaozuo Coal Industry Group Co., LTD., Jiaozuo, Henan 454000, China

Abstract: [Objective] To investigate the clinical consequence of 3D printing design for reconstruction plate combined with posterior column lag screw in the treatment of acetabular quadrilateral plate fractures. [Methods] A retrospective study was done on 25 patients who had acetabular quadrilateral plate fractures fixed with reconstruction plate combined with posterior column lag screw based on 3D printing design in our hospital from January 2019 to January 2022. The documents regarding to clinical and imaging conditions were evaluated. [Results] All the 25 patients had operation performed smoothly with the average operation time of (156.8±26.3) min and the average intraoperative blood loss of (791.1±163.4) ml, were followed up for an average of (21.1±6.9) months. As time went from the point 1 month after operation, 3 months postoperatively to the last follow-up, the Merled Aubign-Postel score [(10.6±1.9), (13.1±1.9), (17.0±1.6), $P<0.001$], hip flexion-extension range of motion (ROM) [(84.8±13.1)°, (105.5±13.5)°, (127.0±12.1)°, $P<0.001$], hip internal-external rotation ROM [(23.6±2.9)°, (39.6±3.1)°, (51.9±2.7)°, $P<0.001$] were significantly increased. As for imaging, there was no significant change in Matta grade at the last follow-up compared with that immediately after operation ($P>0.05$). All patients had fractures healed, with healing time of (13.7±1.4) weeks on an average. [Conclusion] The 3D printed reconstruction plate combined with posterior column lag screw does achieve satisfactory clinical outcomes for acetabular quadrilateral plate fractures.

Key words: 3D printing design, acetabular fracture, quadrilateral plate, reconstruction plate, lag screw

髋臼骨折通常由高能量创伤导致, 关节面解剖复位和坚强内固定能够减少创伤性关节炎的发生, 是治疗髋臼骨折的金标准^[1-3]。髋臼四方区位于骨盆深面, 构成髋臼的内侧壁, 连接髋臼前后柱, 骨质薄、骨折多为粉碎性, 因此难以获得坚强内固定, 是创伤骨科最具有挑战性的外科手术之一^[3]。目前, 髋臼四方区骨折的手术入路以及内固定方法尚无统一标准, 是临床研究的热点问题^[2-6]。3D 打印技术是近年来兴起的热门技术, 其在骨盆骨折的诊断和治疗应用中取

得了迅速的发展与应用^[7]。相比传统的影像学资料, 3D 打印骨折实体模型能够提供更直观、更丰富的临床信息, 在术前手术规划及内固定选择等方面均能发挥积极作用^[8]。本研究通过回顾性分析临床资料, 探讨基于 3D 打印设计重建钢板联合后柱螺钉治疗髋臼四方区骨折的临床疗效。

1 临床资料

1.1 一般资料

回顾性分析本院骨科 2019 年 1 月—2022 年 1 月收治的 25 例累及四方区髌臼骨折患者的临床资料, 所有患者年龄 >18 岁, 髌臼四方区骨折 >5 mm。排除骨折时间 >3 周、开放性或病理性骨折、合并股骨头或股骨颈骨折、既往存在髌关节骨关节炎或股骨头坏死。25 例患者中, 男 18 例, 女 7 例, 年龄 29~70 岁, 平均 (54.1±10.9) 岁。致伤因素: 高处坠落伤 10 例, 车祸伤 9 例, 骑车摔伤 3 例, 重物砸伤 3 例。合并其他部位骨折 7 例, 肺部挫伤 4 例, 头面部皮肤挫伤或骨折 4 例, 腹部脏器闭合性损伤 6 例。骨折分型: 双柱骨折 13 例, 前方伴后半横形骨折 6 例, “T” 形骨折 4 例, 前柱骨折 2 例。入院后严密观察生命体征和其他复合伤情况, 血液动力学不稳定患者进行输血、补液等对症治疗, 患肢行骨牵引, 依诺肝素抗凝, 在伤后 6~10 d 行手术治疗。

本研究获得焦作煤业集团有限责任公司中央医院伦理委员会批准, 患者术前均签署知情同意书。

1.2 手术方法

术前 3D 模型重建: 术前行前后位和 Judet 位骨盆 X 线片、骨盆薄层 CT 平扫, 依据 CT 数据 3D 打印出高分子树脂髌臼骨折实体模型, 利用健侧骨盆数据镜像翻转打印出患侧骨盆骨折前实体模型。在 3D 打印实体模型上规划手术入路及骨折复位固定过程, 参考骨折前骨盆模型预弯重建钢板、确定固定螺钉, 尤其是后柱拉力螺钉。

患者全身麻醉后取平卧位, 采用腹直肌旁切口逐层切开, 在精索与腹膜间到达四方区内侧面, 骨膜下剥离显露四方区, 在髂外血管束和髂腰肌之间显露弓状缘上方和髌窝。显露骨折块后, 顶棒或点式复位钳向外侧推挤内移的四方区, 直视四方区和坐骨大切迹间斜骨折线对位情况, 判断是否解剖复位, 复位后选用术前预弯 2.7 mm 或 3.5 mm 系统钢板 (山东威高公司生产) 置于四方区内侧, 钻孔、螺钉固定。在髂外血管束和髌腰肌之间显露并复位前方骨折, 以四方区上横行骨折线复位判断前柱复位, 预弯 3.5 mm 系统钢板置于真骨盆前缘, 从耻骨结节至髌髌关节处髌骨钻孔拧入远近端螺钉固定, 在髌耻粗隆近端螺钉孔钻入直径为 2.5 mm 克氏针, 方向为小骨盆环内面指向坐骨棘方向, 通过食指触摸坐骨棘作为克氏针方向, 术中透视骨盆正位、闭孔斜位和髌骨斜位, 证实克氏针未进入关节腔, 骨折及髌臼复位良好, 拔出克氏针, 钻入长 7~9 cm (直径 3.5 mm) 皮质骨螺钉固定后柱, 骨折固定牢固后冲洗, 四方区内侧和皮下均置 1 根负压引流管。

术后第 1 d 开始功能锻炼, 低分子肝素皮下注射预防静脉血栓形成, 术后引流量 <30 ml/d 拔出引流管。

1.3 评价指标

记录手术时间、出血量及术中、术后并发症情况。采用 Merled Aubigne-Postel 评分^[11]、髌伸屈 ROM、髌内-外旋 ROM 评价临床效果。Merled Aubigne-Postel 满分为 18 分, 其中 18 分为优, 15~17 分为良, 13~14 分为可, <13 分为差。行影像学检查, 记录骨折 Letourne1-Judet 分型^[9], 按 Matta 标准评估骨折复位情况^[10], 关节面骨折移位 <1 mm 为解剖复位 (优), 2~3 mm 为满意复位 (良), >3 mm 为不满意复位 (差), 记录骨折愈合情况。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 资料呈正态分布时采用单因素方差分析, 两两比较采用 LSD 法, 资料呈非正态分布时, 采用秩和检验。等级资料采用 Kendall 检验。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围术期结果

25 例患者手术时间 110~200 min, 平均 (156.8±26.3) min, 术中出血量 600~1 200 ml, 平均 (791.1±163.4) ml。术中出现腹膜破裂 3 例, 经即刻修补、术后禁食水等对症治疗后痊愈。术后 1 例患者出现切口脂肪液化, 经局麻清创缝合痊愈。术后 2 例患者出现闭孔神经麻痹, 内收肌无力, 术后 3 个月神经功能恢复。术后 3 例患者出现小腿肌间静脉血栓, 经抗凝治疗后好转, 无切口感染者, 未发现腹直肌功能障碍者。所有患者均获随访, 随访时间 13~36 个月, 平均 (21.1±6.9) 个月。随访结果见表 1。术后随时间推移, 患者 Merled Aubigne-Postel 评分^[11]、髌伸屈 ROM、髌内-外旋 ROM 均显著增加 (P<0.05)。

2.2 影像评估

影响评估结果见表 1。与术后 1 个月相比, 术后 3 个月及末次随访时, Matta 影像学评价无显著变化: 解剖复位 16 例, 满意复位 7 例, 不满意复位 2 例, 优良率 92.0%。末次随访时, 骨折均愈合, 骨折愈合时间 12~16 周, 平均 (13.7±1.4) 周。末次随访时所有患者均可自行行走。随访期间无骨不连、钢板断裂骨折再移位、异位骨化、股骨头坏死等并发症。典型病例见图 1。

表 1. 25 例患者临床及影像资料比较

Table 1. Clinical and auxiliary test data of the 25 patients

指标	术后 1 个月	术后 3 个月	末次随访	P 值
Merled Aubigne-Postel 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	10.6 \pm 1.9	13.1 \pm 1.9	17.0 \pm 1.6	<0.001
髋伸屈 ROM ($^{\circ}$, $\bar{x} \pm s$)	84.8 \pm 13.1	105.5 \pm 13.5	127.0 \pm 12.1	<0.001
髋内-外旋 ROM ($^{\circ}$, $\bar{x} \pm s$)	23.6 \pm 2.9	39.6 \pm 3.1	51.9 \pm 2.7	<0.001
影像 Matta 评级 (髋, 优/良/可/差)	16/7/2	16/7/2	16/7/2	1.000
骨折线 (髋, 清晰/模糊/愈合)	25/0/0	0/25/0	0/0/25	<0.001

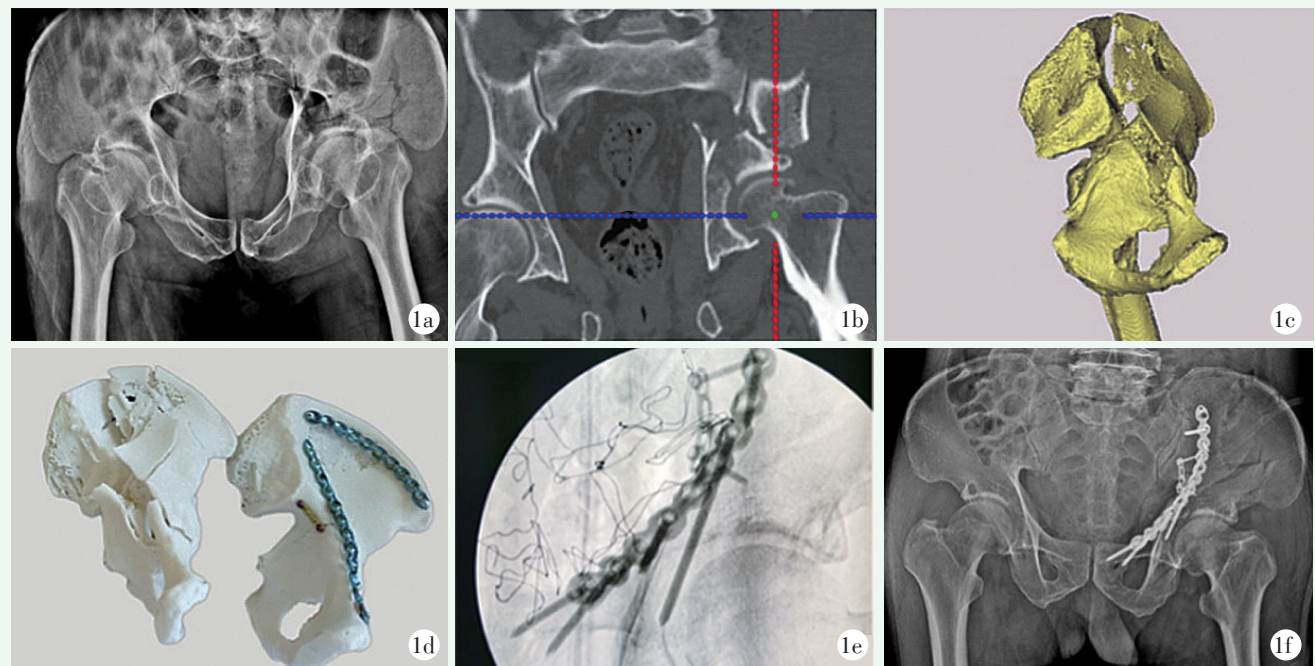


图 1. 患者男性, 65 岁。1a, 1b: 术前 X 线片和 CT 示右侧髋臼骨折; 1c: 骨盆 CT 三维重建; 1d: 3D 打印髋臼骨折模型和镜像模型钢板, 模拟术中固定; 1e: 术中透视固定复位情况; 1f: 术后复查骨折解剖复位, 内固定位置良好。

Figure 1. A 65-year-old male. 1a, 1b: Preoperative X ray and CT showed fractures of the right acetabulum; 1c: CT 3D reconstruction of the pelvis; 1d: 3D printing of acetabular fracture model and mirror model plate to simulate intraoperative fixation; 1e: Intraoperative fluoroscopic view of the fractures reduced and fixed; 1f: Postoperative X ray revealed anatomical reduction of the fracture with internal fixation implants in good position.

3 讨论

髋臼骨折 Letourne1-Judet 分型和 AO 分型以柱和壁的损伤为标志, 未将四方区考虑在内。ElNaha 等^[12] 研究确定了髋臼四方区解剖位置, 但缺乏对骨折整体解剖结构的深入研究。Yang 等^[13] 研究了 208 例四方区骨折患者三维 CT, 按四方区骨折线走向分为 6 种, 为外科医生理解骨折分型、选择手术入路和 design 内固定方式提供帮助。本研究基于 3D 打印设计的重建钢板联合后柱螺钉治疗髋臼四方区骨折, 骨折复位优良率为 92%, 髋关节功能评分优良率为 88%, 优于国内外文献报道的 77.8%^[3] 和 83.3%^[4]。说明该手术方式可以达到骨折的良好复位、坚强内固

定要求, 提高了临床疗效。

四方区位于骨盆深部, 解剖结构复杂, 手术难度极大, 并发症多见^[3, 14]。相比 X 线片和 CT 等影像, 3D 打印实体模型能让医生和患者直观了解骨折的具体情形, 有助于术前制定个体化诊治方案。Cao 等^[15] 荟萃分析 3D 打印技术在治疗髋臼骨折中的价值, 表明 3D 打印技术的应用可减少手术时间、术中失血量, 并发症发生率更低。本研究利用 3D 打印出骨折实体模型, 减少了术中透视次数、手术时间, 提高了复位质量, 大幅缩短治疗复杂髋臼骨折的学习曲线。3D 打印临床应用广泛, 3D 打印定制导板辅助截骨临床应用成熟^[16], 在髋臼松动骨缺损翻修中使用 3D 打印髋臼组件可获得良好的临床疗效^[17]。在本研究中 3D 打印技术主要应用于髋臼骨折实体模型的制

作, 有助于对复杂骨折的理解并做好完善的术前规划。

四方区骨折手术应注意以下问题: (1) 闭孔神经紧贴四方区表面中段下行, 术中应操作轻柔, 避免神经牵拉损伤; (2) 置入后柱拉力螺钉时, 手指感触克氏针穿过四方区骨质, 避免进入骨盆或关节腔; (3) 3D 打印设计提高了内固定精准度, 但术中必要的透视不可避免。

综上所述, 基于 3D 打印设计重建钢板联合后柱螺钉治疗髌臼四方区骨折, 可获得良好的骨折复位, 术后髌关节功能恢复良好, 并发症少, 是临床治疗该类型骨折的有效手术方法之一。但该研究为回顾性研究, 且样本资料偏少, 未设置对照组, 后续将开展前瞻性、大样本的病例对照研究, 为临床决策提供更高等级的文献证据。

参考文献

- [1] Tannast M, Najibi S, Matta JM. Two to twenty-year survivorship of the hip in 810 patients with operatively treated acetabular fractures [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2012, 94 (17): 1559-1567. DOI: 10.2106/JBJS.K.00444.
- [2] Farid YR. Cerclage wire-plate composite for fixation of quadrilateral plate fractures of the acetabulum: a checkrein and pulley technique [J]. *J Orthop Trauma*, 2010, 24 (5): 323-328. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181e90bbe.
- [3] Sen RK, Tripathy SK, Aggarwal S, et al. Comminuted quadrilateral plate fracture fixation through the iliofemoral approach [J]. *Injury*, 2013, 44 (2): 266-273. DOI: 10.1016/j.injury.2012.11.002.
- [4] 黄振飞, 陈开放, 于凌佳, 等. 新型解剖锁定钢板在髌臼前、后柱合并四方区骨折中的应用 [J]. *中华骨科杂志*, 2017, 37 (5): 263-268. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2017.05.002.
Huang ZF, Chen KF, Yu LJ, et al. The applications of a novel acetabulum anatomic locking plate for both column and quadrilateral surface fractures [J]. *Chinese Journal of Orthopaedics*, 2017, 37 (5): 263-268. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2017.05.002.
- [5] 陈康, 黄振飞, 崔巍, 等. 高位髂腹股沟入路治疗累及四方区髌臼骨折 [J]. *中华骨科杂志*, 2014, 34 (7): 723-729. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2014.07.005.
Chen K, Huang ZF, Cui W, et al. The superior-ilioinguinal approach: a new approach beyond the classical ilioinguinal or modified Stoppa approach [J]. *Chinese Journal of Orthopaedics*, 2014, 34 (7): 723-729. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2014.07.005.
- [6] Wu H, Shang R, Liu X, et al. A novel anatomically pre-contoured side-specific titanium plate versus the reconstruction plate for quadrilateral plate fractures of the acetabulum: a propensity-matched cohort study [J]. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15 (1): 172. DOI: 10.1186/s13018-020-01659-w.
- [7] 张赫, 张泽林, 蔡振存. 3D 打印在骨盆骨折的应用进展 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (6): 520-523, 528. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.06.08.
Zhang H, Zhang ZL, Cai ZC. Application progress of 3D printing in pelvic fracture [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2023, 31 (6): 520-523, 528. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.06.08.
- [8] Bagaria V, Chaudhary K. A paradigm shift in surgical planning and simulation using 3Dgraphy: experience of first 50 surgeries done using 3D-printed biomodels [J]. *Injury*, 2017, 48 (11): 2501-2508. DOI: 10.1016/j.injury.2017.08.058.
- [9] Letournel E. Acetabulum fractures: classification and management [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1980, 151 (151): 81-106.
- [10] Matta JM, Tornetta P 3rd. Internal fixation of unstable pelvic ring injuries [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1996, 329 (329): 129-140. DOI: 10.1097/00003086-199608000-00016.
- [11] 严广斌. Merle D'Aubigne and Postel 评分系统 [J]. *中华关节外科杂志: 电子版*, 2014, 8 (6): 50. DOI: CNKI:SUN:ZHGJ.0.2014-06-034.
Yan GB. Merle D'Aubigne and Postel scoring system [J]. *Chinese Journal of Joint Surgery (Electronic Edition)*, 2014, 8 (6): 50. DOI: CNKI:SUN:ZHGJ.0.2014-06-034.
- [12] ElNahal WA, Abdel Karim M, Khaled SA, et al. Quadrilateral plate fractures of the acetabulum: proposition for a novel classification system [J]. *Injury*, 2018, 49 (2): 296-301. DOI: 10.1016/j.injury.2017.11.041.
- [13] Yang Y, Zou C, Fang Y. A study on fracture lines of the quadrilateral plate based on fracture mapping [J]. *J Orthop Surg Res*, 2019, 14 (1): 310. DOI: 10.1186/s13018-019-1318-3.
- [14] 王治栋, 王振恒, 陈广东, 等. 骨盆前壁锁定钢板固定累及方形区的髌臼骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (6): 555-558. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.06.16.
Wang ZD, Wang ZH, Chen GD, et al. Anterior locking plate for internal fixation of acetabular fractures involving quadrilateral area [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2022, 30 (6): 555-558. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.06.16.
- [15] Cao J, Zhu H, Gao C. A systematic review and meta-analysis of 3D printing technology for the treatment of acetabular fractures [J]. *Biomed Res Int*, 2021, 2021: 5018791. DOI: 10.1155/2021/5018791.
- [16] 崔勇, 连峰, 秦海燕, 等. 数字与 3D 打印个体化导板髌骨和股骨模拟截骨 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (23): 2175-2178. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.23.15.
Cui Y, Lian F, Qin HY, et al. Individualized guiders for iliac and proximal femoral osteotomies on digital and 3D-printed models [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2020, 28 (23): 2175-2178. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.23.15.
- [17] 李科伟, 王爱国, 王少华, 等. 3D 打印髌臼组件在髌臼松动骨缺损翻修的应用 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 9 (14): 1330-1332. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.14.19.
Li KW, Wang AG, Wang SH, et al. 3D printed acetabular components used in revision hip arthroplasty for acetabular cup loosening combined with bone defect [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2021, 9 (14): 1330-1332. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.14.19.

(收稿: 2024-01-24 修回: 2024-06-17)

(同行评议专家: 李杰, 王忠仁, 林东)

(本文编辑: 郭秀婷)