

· 临床论著 ·

3D 打印辅助开放复位内固定移位型髌臼骨折[△]

周东, 苏郁, 吴舒婷, 王磊, 刘斯辉, 李铖嵩, 郭卫中*

(福建医科大学附属闽东医院, 福建宁德 355000)

摘要: [目的] 探讨3D打印技术在移位型髌臼骨折开放复位内固定中的应用价值。[方法] 回顾性分析2018年1月—2022年06月收治的32例髌臼骨折患者的临床资料。根据医患沟通结果, 16例应用3D打印技术(3D组), 16例应用传统技术(传统组)。比较两组围手术期、随访及影像结果。[结果] 3D组手术时间[(203.4±47.2) min vs (248.2±72.1) min, $P<0.05$]、切口总长度[(22.8±8.9) cm vs (31.3±12.9) cm, $P<0.05$]、透视次数[(7.3±1.8) 次 vs (12.3±3.6) 次, $P<0.05$]、术中失血量[(587.5±401.9) ml vs (885.0±417.7) ml, $P<0.05$]、输血量[(132.8±154.4) ml vs (436.9±546.5) ml, $P<0.05$]、下地行走时间[(5.8±1.1) d vs (8.4±2.2) d, $P<0.05$]均显著优于传统组。随访时间平均(23.5±10.1)个月, 3D组患者术后完全负重活动时间显著早于传统组[(89.1±3.8) d vs (94.6±4.9) d, $P<0.05$]。术后随时间推移, 两组患者VAS评分、髌伸屈及内外旋ROM、Harris评分均显著改善($P<0.05$)。3D组的VAS[术后1个月, (3.5±1.5) vs (5.3±1.0), $P<0.05$; 术后6个月, (1.6±1.4) vs (3.4±1.3), $P<0.05$]、Harris评分[术后1个月, (56.4±5.3) vs (51.1±8.1), $P<0.05$; 术后6个月, (78.1±5.1) vs (72.8±4.8), $P<0.05$]均差异显著优于传统组。相应时间点两组髌伸屈及内外旋ROM和末次随访时VAS、Harris评分的差异均无统计学意义($P>0.05$)。影像方面, 3D组骨折复位质量显著优于传统组($P<0.05$)。两组间骨折愈合时间差异无统计学意义($P>0.05$)。末次随访, 3D组Tönnis髌OA分级显著优于传统组($P<0.05$), 两组均无股骨头坏死发生。[结论] 3D打印辅助治疗移位型髌臼骨折, 具有手术时间短、创伤小、出血少、辐射暴露少、复位质量好、康复快、髌关节功能恢复快、并发症少的优点。

关键词: 移位型髌臼骨折, 3D打印, 术前手术模拟, 开放复位内固定

中图分类号: R683.3 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478(2023)18-1670-06

3D printing assisted open reduction and internal fixation of displaced acetabular fractures // ZHOU Dong, SU Yu, WU Shu-ting, WANG Lei, LIU Si-hui, LI Cheng-song, GUO Wei-zhong. Mindong Hospital, Fujian Medical University, Ningde 355000, China

Abstract: [Objective] To evaluate the value of 3D printing technology in open reduction and internal fixation (ORIF) of displaced acetabular fractures. [Methods] Clinical data of 32 patients with acetabular fracture admitted from January 2018 to June 2022 were retrospectively analyzed. According to the results of doctor-patient communication, 16 patients had ORIF performed by using 3D printing simulation preoperatively (3D group), while the 16 patients received traditional ORIF (traditional group). The perioperative, follow-up and imaging consequences were compared between the two groups. [Results] The 3D group proved significantly superior to the traditional group in terms of operation time [(203.4±47.2) min vs (248.2±72.1) min, $P<0.05$], total incision length [(22.8±8.9) cm vs (31.3±12.9) cm, $P<0.05$], fluoroscopy times [(7.3±1.8) vs (12.3±3.6) times, $P<0.05$], intraoperative blood loss [(587.5±401.9) ml vs (885.0±417.7) ml, $P<0.05$], blood transfusion volume [(132.8±154.4) ml vs (436.9±546.5) ml, $P<0.05$] and ambulation time [(5.8±1.1) days vs (8.4±2.2) days, $P<0.05$]. All patients in both groups were followed up for a mean of (23.5±10.1) months, and the 3D group resumed full weight-bearing activity significantly earlier than the traditional group [(89.1±3.8) days vs (94.6±4.9) days, $P<0.05$]. The VAS scores, hip flexion-extension and internal-external rotation ROM, and Harris scores significantly improved over time in both groups ($P<0.05$). The 3D group was significantly better than the traditional group in terms of VAS score [1 month postoperatively, (3.5±1.5) vs (5.3±1.0), $P<0.05$; 6 months postoperatively, (1.6±1.4) vs (3.4±1.3), $P<0.05$], Harris score [1 month after surgery, (56.4±5.3) vs (51.1±8.1), $P<0.05$; 6 months after surgery, (78.1±5.1) vs (72.8±4.8), $P<0.05$], nevertheless there were no significant differences between the two groups in hip flexion-extension and internal-external rotation ROM at any matching time points, and VAS and Harris scores at the latest follow-up ($P>0.05$). Regarding to imaging, the 3D group was significantly better than the traditional group in fracture reduction quality ($P<0.05$). Although there was no significant difference in fracture

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.18.07

△基金项目:福建省自然科学基金项目(编号:2020J011339)

作者简介:周东,主治医师,研究方向:创伤骨科,(电话)18359185890,(电子信箱)18359185890@139.com

*通信作者:郭卫中,(电话)13850389007,(电子信箱)wzguo@aliyun.com

healing time between the two groups ($P>0.05$), the 3D group was significantly superior to the traditional group in Tonnis grade for hip osteoarthritis at the latest follow-up ($P<0.05$), whereas with no femoral head necrosis in anyone in both groups. **[Conclusion]** 3D printing assisted ORIF of displaced acetabular fractures has the advantages of shortening operation time, decreasing trauma, reducing bleeding and X-ray radiation exposure, improving reduction quality and rapid recovery of hip function with fewer complications.

Key words: displaced acetabular fractures, 3D printing technique, preoperative surgical simulation, open reduction and internal fixation

近年来,随着人口老龄化,髌臼骨折的患病率呈上升趋势^[1, 2]。在过去的 25 年里,60 岁以上患者髌臼骨折的发生率增加了 2.4 倍^[3],这可能与老年患者骨质疏松及损伤机制不同有关。老年患者在日常生活中更容易遭受站立摔伤、高处坠落等低能量创伤,而年轻患者更容易遭受高能量创伤^[3]。股骨头坏死和创伤性关节炎是髌臼骨折的主要并发症,股骨头坏死常发生于髌臼骨折脱位后,在低能量创伤的老年患者中很少发生,移位的髌臼骨折需要解剖复位,以防止创伤性关节炎的发生。髌臼骨折的治疗是复杂的,取决于许多因素,包括年龄、功能状态、骨折类型、脱位程度、相关损伤和手术经验,髌臼骨折的手术治疗适应证正在迅速扩大和发展^[4-9]。切开、解剖复位和内固定为保存关节提供了最好的机会,并降低了创伤性关节炎的风险^[10-13]。由于髌臼骨折为关节内骨折,需要达到解剖复位和坚强固定,对术者的手术技术要求较高。随着 3D 打印技术在骨科临床中的不断应用,作者通过 3D 打印技术打印出 1:1 等比例的骨盆 3D 模型,可直观地观察髌臼骨折形态,进行术前计划,并充分指导手术过程。本研究对 2018 年 1 月—2022 年 6 月收治的 32 例移位型髌臼骨折患者资料进行回顾性分析,旨在探讨 3D 打印技术在开放复位内固定治疗移位型髌臼骨折中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准:(1)单侧新鲜髌臼骨折;(2)影像显示髌臼骨折移位 $>5\text{ mm}$ (图 1a, 1b);(3)采用手术治疗,并获得完整随访。

排除标准:(1)开放性髌臼骨折;(2)双侧髌臼骨折;(3)陈旧性髌臼骨折;(4)严重器质性疾病,伴有全身感染患者;(5)严重骨质疏松;(6)合并下肢血管疾病。

1.2 一般资料

回顾性分析 2018 年 1 月—2022 年 6 月收治的移位型髌臼骨折的患者,共 32 例符合上述标准,纳入

本研究。根据医患沟通结果,16 例应用 3D 打印技术(3D 组);16 例应用传统技术(传统组)。两组一般资料见表 1,两组患者年龄、性别、BMI、损伤至手术时间、侧别、骨折分型^[10]的差异均无统计学意义($P>0.05$)。本研究已获得宁德市闽东医院医学伦理委员会批准{[2019]宁闽医伦理审字第(0419-4)号},所有患者均知情同意并签署知情同意书。

表 1 两组患者术前一般资料与比较

Table 1 Comparison of preoperative general documents between the two groups

指标	3D 组 (n=16)	传统组 (n=16)	P 值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	50.5 \pm 12.5	53.7 \pm 10.5	0.442
性别(例,男/女)	14/2	16/0	0.154
BMI(kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	23.1 \pm 1.6	23.4 \pm 0.8	0.557
损伤至手术时间(d, $\bar{x} \pm s$)	9.0 \pm 2.2	7.4 \pm 2.2	0.056
侧别(例,左/右)	8/8	6/10	0.492
J-L 分型(例)			0.187
T 形	4	2	
横行	1	1	
双柱	4	2	
前柱后半横	1	1	
前壁	0	1	
前柱	1	2	
后壁	4	7	
后柱	1	0	

1.3 手术方法

3D 组:采用 3D 打印技术 1:1 等比例打印骨盆三维物理模型(图 1c),在实物模型上进行体外模拟手术,模拟骨折复位,确定钢板螺钉最佳位置、钢板预弯程度、螺钉长度、螺钉数量和方向、螺钉进入角度等一系列术前模拟手术(图 1d)。术中依照术前体外模拟手术设计的方案开展手术操作,根据骨折类型确定手术入路后采用合适的体位,包括前方髂腹股沟入路、后方 Kocher-Langenbeck(K-L)入路和前后联合入路。前侧入路显露髌臼前壁、前柱和四边体,

充分剥离腹直肌显露耻骨上支；直视下整复髌臼骨折，克氏针临时固定。后方入路暴露髌臼后壁和后柱，整复髌臼骨折，克氏针临时固定。并用术前已预

弯好的重建钢板及确定好的内固定物固定依次进行骨折内固定（图 1e, 1f）。

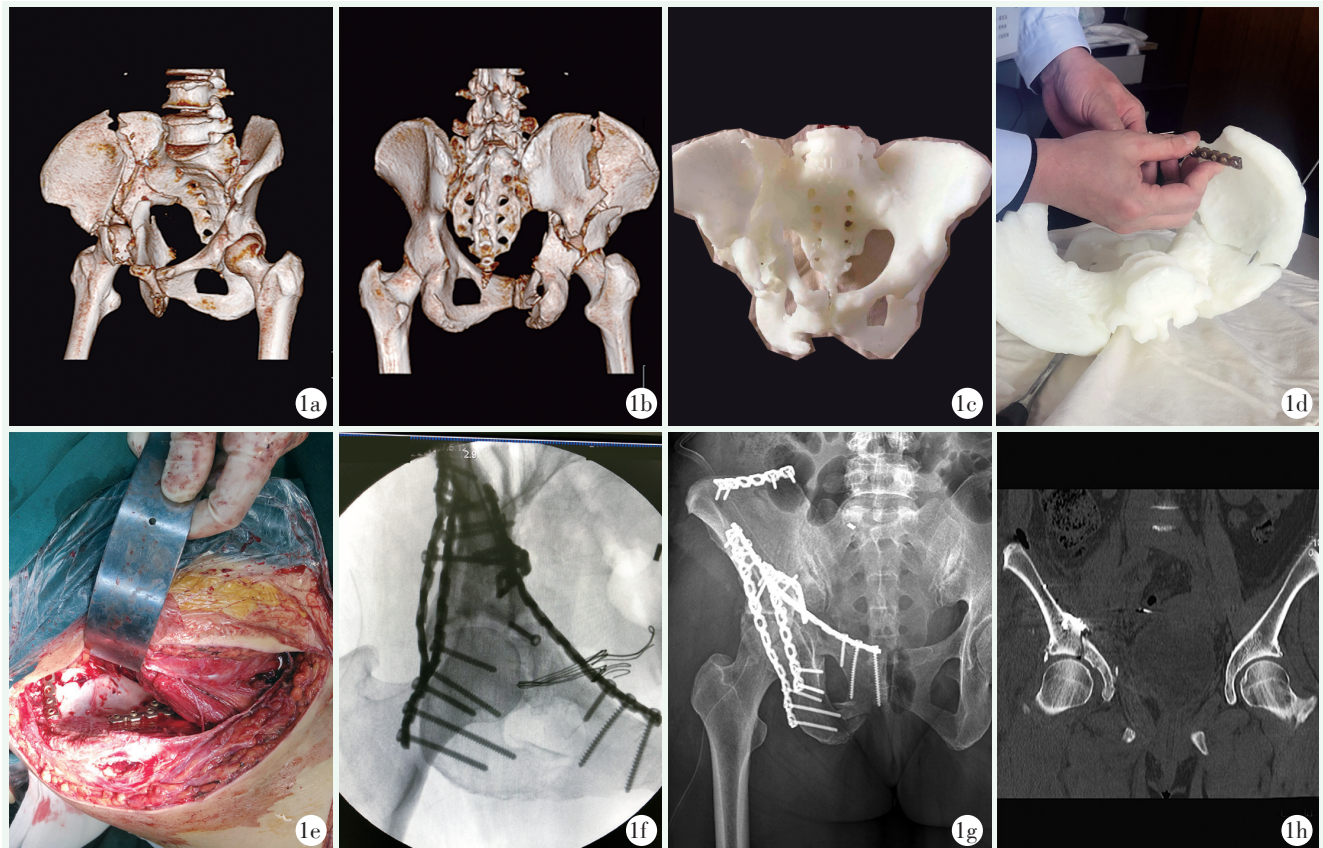


图 1 患者，女，60 岁，交通伤致右髌臼骨折。1a, 1b: 术前骨盆三维 CT 显示右侧髌臼骨折，Judet-Letournel 分型为双柱骨折；1c, 1d: 采用 3D 打印技术 1 : 1 等比例打印患者骨盆三维物理模型，在实物模型上进行模拟手术，模拟骨折复位，确定钢板螺钉最佳位置、钢板预弯程度、螺钉长度、螺钉数量和方向、螺钉进入角度等；1e, 1f: 术中骨折得到满意复位，钢板螺钉精准置入固定，C 形臂 X 线机透视显示内固定物位置良好；1g, 1h: 术后 X 线片及 CT 显示右髌臼骨折复位满意，内固定装置位置良好，螺钉未进入关节内。

Figure 1. A 60-year-old female got right acetabular fracture due to traffic accident. 1a, 1b: Preoperative three-dimensional pelvic CT showed right acetabular fracture, Judet-Letournel classification of double column fractures. 1c, 1d: Preoperative 3D printing technology was used to make a 1 : 1 printed the three-dimensional real model of the patient's pelvis, then, simulation of the operation involving fracture reduction, and determine the optimal position of plate and screws, pre-bend the plates, and select screw in proper length, screw number, direction and screw entry angle. 1e, 1f: During the surgical procedure, the fractures were satisfactorily reduced, the plates and screws were accurately inserted and fixed as fluoroscopy showed. 1g, 1h: Postoperative radiographs and CT showed that the fracture of the right acetabulum was satisfactorily reduced, the position of the internal fixator was good, without screw entering the joint.

传统组：所有患者未应用 3D 打印技术，而是传统开放复位内固定。依据术前影像制定手术方案，手术入路与显露等操作同上，内固定依据术中测量进行选择塑形。

1.4 评价指标

记录围手术期资料，包括手术时间、切口总长度、术中失血量、输血量、透视次数、下地行走时间、住院时间、早期并发症。采用完全负重活动时

间、VAS 评分、髌伸屈活动度（range of motion, ROM）、髌内外旋 ROM、Harris 评分^[14]评价临床效果。行影像检查，采用 Matta 评分标准^[16]评价骨折复位情况，即在正位及 Judet 斜位骨盆 X 线片上测量骨折的移位情况，其中骨折移位 < 1 mm 为解剖复位，Matta 评分为优；1~3 mm 为满意复位，评分为良；> 3 mm 为不满意复位，评分为差。记录骨折复位情况、骨折愈合时间和 Tönnis 髌骨性关节炎分级^[15]。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料均呈正态分布时，两组间比较采用独立样本 *t* 检验，组内时间点间比较采用单因素方差分析；资料呈非正态分布时，采用秩和检验。计数资料采用卡方或校正卡方检验。等级资料两组比较采用 *Mann-whitney U* 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期情况

两组患者均顺利完成手术，3D 组均未发生血管、神经损伤等严重并发症，传统组 1 例发生医源性坐骨神经损伤，1 例发生医源性股外侧皮神经损伤，均予营养神经等处理后，于半年后完全恢复。两组围手术期资料见表 2，3D 组手术时间、切口总长度、透视次数、术中失血量、输血量、下地行走时间均显著优于传统组 ($P < 0.05$)。两组所有患者手术切口均甲级愈合，无切口感染、下肢深静脉血栓形成等并发症。

表 2 两组患者围手术期资料与比较

指标	3D 组 (n=16)	传统组 (n=16)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	203.4±47.2	248.2±72.1	0.046
切口总长度 (cm, $\bar{x} \pm s$)	22.8±8.9	31.3±12.9	0.038
术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	587.5±401.9	885.0±417.7	0.049
术中透视次数 (次, $\bar{x} \pm s$)	7.3±1.8	12.3±3.6	<0.001
输血 [例 (%)]	8 (50.0)	7 (43.8)	0.733
输血量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	132.8±154.4	436.9±546.5	0.040
下地行走时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	5.8±1.1	8.4±2.2	<0.001
切口愈合 (例, 甲/乙/丙)	16/0/0	16/0/0	<i>ns</i>
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	30.8±22.8	28.3±15.8	0.727

2.2 随访结果

所有患者随访平均 (23.5 ± 10.1) 个月，随访过程中，3D 组 1 例髌部疼痛加剧，影像证实为创伤性骨关节炎，无需行翻修手术者。传统组中 2 例髌部疼痛加剧，影像证实为髌白囊性变，无需行翻修手术者。

两组患者随访资料见表 3，3D 组患者术后完全负重活动时间显著早于传统组 ($P < 0.05$)。术后随时间推移，两组患者 VAS 评分均显著降低 ($P < 0.05$)；

而髌伸屈 ROM、髌内外旋 ROM、Harris 评分显著增加 ($P < 0.05$)。术后 1、6 个月，3D 组的 VAS、Harris 评分差异显著优于传统组 ($P < 0.05$)，末次随访时两组间 VAS、Harris 评分差异无统计学意义 ($P > 0.05$)；相应时间点两组间髌伸屈 ROM、髌内外旋 ROM 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表 3 两组患者随访资料 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

Table 3 Comparison of follow-up data between the two groups

指标	3D 组 (n=16)	传统组 (n=16)	P 值
完全负重活动时间 (d)	89.1±3.8	94.6±4.9	<0.001
VAS 评分 (分)			
术后 1 个月	3.5±1.5	5.3±1.0	<0.001
术后 6 个月	1.6±1.4	3.4±1.3	<0.001
末次随访时	0.6±0.7	1.1±1.1	0.096
P 值	<0.001	<0.001	
髌伸屈 ROM (°)			
术后 1 个月	121.6±4.7	119.6±7.3	0.365
术后 6 个月	132.3±6.3	131.3±10.2	0.756
末次随访时	147.5±11.3	148.2±12.5	0.871
P 值	<0.001	<0.001	
髌内外旋 ROM (°)			
术后 1 个月	78.5±4.4	76.7±5.5	0.310
术后 6 个月	87.4±5.8	85.4±7.3	0.412
末次随访时	94.0±5.5	92.2±8.1	0.466
P 值	<0.001	<0.001	
Harris 评分 (分)			
术后 1 个月	56.4±5.3	51.1±8.1	0.037
术后 6 个月	78.1±5.1	72.8±4.8	0.004
末次随访时	89.2±3.0	87.3±3.8	0.118
P 值	<0.001	<0.001	

2.3 影像评估

3D 组术后影像见图 1g, 1h。两组患者影像测量结果见表 4，术后影像显示 3D 组骨折复位质量显著优于传统组 ($P < 0.05$)。两组间骨折愈合时间差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。随术后时间推移，3D 组 Tönnis 髌 OA 分级稍有加重，但差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)，而传统组 Tönnis 髌 OA 分级显著加重 ($P < 0.05$)；术后 1、6 个月，两组间 Tönnis 髌 OA 分级差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)，末次随访时 3D 组 Tönnis 髌 OA 分级显著优于传统组 ($P < 0.05$)，两组均无股骨头坏死发生。

表 4 两组患者影像资料与比较
Table 4 Comparison of imaging data between the two groups

指标	3D 组 (n=16)	传统组 (n=16)	P 值
骨折复位质量 [例 (%)]			0.031
优	14 (87.5)	10 (62.5)	
良	2 (12.5)	4 (25.0)	
差	0	2 (12.5)	
骨折愈合时间 [例 (%)]			0.270
<12 周	2 (12.5)	1 (6.3)	
12~16 周	13 (81.3)	12 (75.0)	
≥16 周	1 (6.3)	3 (18.8)	
Tönnis 髋 OA 分级 (例, 0/1/2/3)			
术后 1 个月	16/0/0/0	16/0/0/0	<i>ns</i>
术后 6 个月	15/1/0/0	15/1/0/0	<i>ns</i>
末次随访时	15/0/0/1	9/5/1/1	0.025
P 值	0.600	0.002	
末次随访股骨头坏死 (例, 是/否)	0/16	0/16	<i>ns</i>

3 讨论

由于髋臼解剖结构复杂, 周围血管、神经分布丰富, 组织剥离困难, 出血量大, 因此髋臼骨折手术一直以来都是治疗的难点。3D 打印技术的应用解决了复杂的髋臼骨折手术所面临的诸多困难。术者利用 3D 打印技术了解骨折移位情况, 预先制定手术方案, 使术中操作更加流畅、安全, 骨折复位固定精准可靠, 减少了组织剥离创伤、术中出血量及术中辐射暴露, 手术时间大大缩短, 髋关节功能得到快速恢复, 这在本研究结果中得到证实。Chana Rodríguez 等^[17] 在髋臼骨折手术治疗的研究中认为 3D 打印模型可有效地实现预期的手术目的, 减少手术风险。邱少东等^[18] 在陈旧性髋臼骨折研究中也发现 3D 打印技术有助于术者术前制定优化、精确的个性化手术方案, 提高手术的安全性, 可精准复位, 缩短手术时间, 减少术后并发症的发生。

在术前诊断中, 根据骨盆三维 CT 影像打印出的 1:1 等比例 3D 打印模型更直观、更具体、更方便, 可以多角度观察, 使分型更准确, 有助于预估软组织与骨性结构的关系, 对每个髋臼骨折患者的准确诊断有助于开展个体化、精准的手术治疗。针对较为复杂的髋臼骨折, 传统手术存在一定的局限性和不确定性^[19], 而 3D 打印可以将真实的骨骼结构更立体地呈现出来, 可在一定程度上弥补传统手术的缺陷^[20-21]。黄旭科等^[22] 也认为 3D 打印技术具有传统

术前规划不具备的优势, 术前骨盆 3D 打印模型可以直观、全面地显示骨折线位置及各骨折块的空间关系, 避免术中盲目剥离造成不必要的创伤。本研究结果也体现了 3D 打印技术的优势。

移位型髋臼骨折内固定术后常见并发症, 包括创伤性关节炎、软骨溶解、股骨头坏死和医源性神经损伤。创伤性关节炎和股骨头缺血性坏死对患者来说可能是毁灭性的并发症。有高达 20% 的髋臼骨折患者发生创伤性关节炎, 这也是最常见的远期并发症^[23, 24]。2005 年, Giannoudis 等^[23] 对接受切开复位内固定术治疗的 3670 例髋臼骨折进行了一项荟萃分析, 发现 13%~44% 的患者发生创伤性关节炎。创伤性关节炎的病理机制可能是多因素的, Morison 等^[25] 认为这种疾病不仅可能是复位不良导致关节活动不协调的结果, 也可能源于初始创伤引起的关节软骨损伤。创伤的因素由患者自身受伤机制导致, 不受人为控制, 而骨科医师保证良好的骨折复位对减少远期创伤性关节炎的发生率起到至关重要的作用。髋臼负重面解剖关系的准确恢复是防止创伤性关节炎发生的首要条件^[26]。因此, 本研究中 3D 组创伤性关节炎发生率显著低于传统组, 源于 3D 组患者髋臼骨折有着良好的复位。

本研究也存在一定的局限性: (1) 3D 打印技术无法打印直径<1.0 mm 的骨折碎片, 打印的 1:1 等比例骨盆模型与患者的真实骨盆存在一定差异; (2) 体外模拟手术无需考虑显露神经、血管等软组织情况, 与真实的手术存在一定差异, 部分患者在使用术前体外模拟手术预弯好的钢板时尚需要在术中进行调整。

综上所述, 对于移位型髋臼骨折的开放复位内固定治疗, 3D 打印技术可个体化指导术前规划, 预先进行术前体外模拟手术, 辅助术中精准手术操作, 具有手术时间短、创伤小、出血少、辐射暴露少、复位质量好、康复快、髋关节功能恢复快、并发症少的优点, 值得临床推广。

参考文献

- [1] Rinne PP, Laitinen MK, Huttunen T, et al. The incidence and trauma mechanisms of acetabular fractures: a nationwide study in Finland between 1997 and 2014 [J]. *Injury*, 2017, 48 (10): 2157. DOI: 10.1016/j.injury.2017.08.003.
- [2] Lundin N, Huttunen TT, Berg HE, et al. Increasing incidence of pelvic and acetabular fractures. A nationwide study of 87,308 fractures over a 16-year period in Sweden [J]. *Injury*, 2021, 52 (6): 1410. DOI: 10.1016/j.injury.2021.03.013.
- [3] Ferguson TA, Patel R, Bhandari M, et al. Fractures of the acetabu-

- lum in patients aged 60 years and older: an epidemiological and radiological study [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2010, 92 (2) : 250. DOI: 10.1302/0301-620X.92B2.22488.
- [4] Bellabarba C, Berger RA, Bentley CD, et al. Cementless acetabular reconstruction after acetabular fracture [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2001, 83-A (6) : 868. DOI: 10.2106/00004623-200106000-00008.
- [5] Berry DJ, Halasy M. Uncemented acetabular components for arthritis after acetabular fracture [J]. *Clin Orthop*, 2002, 405 (405) : 164-167. DOI: 10.1097/00003086-200212000-00020.
- [6] Helfet DL, Borrelli Jr J, DiPasquale T, et al. Stabilization of acetabular fractures in elderly patients [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1992, 74 (5) : 753-765. DOI: 10.2106/00004623-199274050-00015.
- [7] Jimenez ML, Tile M, Schenk RS. Total hip replacement after acetabular fracture [J]. *Orthop Clin North Am*, 1997, 28 (3) : 435-446. DOI: 10.1016/S0030-5898(05)70300-X.
- [8] Mears DC, Velyvis JH. Primary total hip arthroplasty after acetabular fracture [J]. *Instr Course Lect*, 2001, 50: 335-354. DOI: 10.2106/00004623-200009000-00017.
- [9] Weber M, Berry DJ, Harmsen WS. Total hip arthroplasty after operative treatment of an acetabular fracture [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1998, 80 (9) : 1295-1305. DOI: 10.2106/00004623-199809000-00008.
- [10] Judet R, Judet J, Letournel E. Fractures of the acetabulum: classification and surgical approaches for open reduction. Preliminary report [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1964, 46 (8) : 1615-1646. DOI: 10.2106/00004623-196446080-00001.
- [11] Matta JM. Fractures of the acetabulum: accuracy of reduction and clinical results in patients managed operatively within three weeks after the injury [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1996, 78 (11) : 1632-1645. DOI: 10.1055/s-0030-1267077.
- [12] Mayo KA. Open reduction and internal fixation of fractures of the acetabulum. Results in 163 fractures [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1994, 305: 31-37. DOI: 10.1097/00003086-199408000-00005.
- [13] Wright R, Barrett K, Christie MJ, et al. Acetabular fractures: long-term follow-up of open reduction and internal fixation [J]. *J Orthop Trauma*, 1994, 8 (5) : 397-403. DOI: 10.1097/00005131-199410000-00005.
- [14] 李强, 罗先正, 王志义, 等. 人工髋关节置换术后评估方法的研究 [J]. *中华骨科杂志*, 2001, 21 (12) : 721-725. DOI: 10.3760/j.issn:0253-2352.2001.12.005.
- Li Q, Luo XZ, Wang ZY, et al. Clinical trial of a method for postoperative assessment of hip arthroplasty [J]. *Chin J Orthop*, 2001, 21 (12) : 721-725. DOI: 10.3760/j.issn:0253-2352.2001.12.005.
- [15] Kovalenko B, Brenjit P, Fernando N. Classifications in brief: Tönnis Classification of hip osteoarthritis [J]. *Clin Orthop*, 2018, 476 (476) : 1680-1684. DOI: 10.1097/01.blo.0000534679.75870.5f.
- [16] Matta JM. Operative treatment of acetabular fractures through the ilioinguinal approach: a 10-year perspective [J]. *J Orthop Trauma*, 2006, 20 (1 Suppl) : 20-29. DOI: 10.1097/01.bot.0000202389.40246.c0.
- [17] Chana Rodríguez F, Pérez Mañanes R, Narbona Cárceles FJ, et al. 3D printing utility for surgical treatment of acetabular fractures [J]. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.*, 2018, 62 (4) : 231-239. DOI: 10.1016/j.recot.2018.02.007.
- [18] 邱少东, 杨开杰, 文坤, 等. 3D 打印技术在陈旧性骨盆髋臼骨折治疗中的应用 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (6) : 496-500. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.06.04.
- Qiu SD, Yang KJ, Wen K, et al. Application of 3D-Printing technique in surgical treatment for old pelvic and acetabular fractures [J]. *Orthop J Chin*, 2019, 27 (6) : 496-500. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.06.04.
- [19] Belitskaia NV. Current technologies of radiodiagnosis for pelvic injuries [J]. *Vestn Rentgenol Radiol*, 2012, 2012 (3) : 24-27. PMID: 22997743.
- [20] Bagaria V, Deshpande S, Rasalkar DD, et al. Use of rapid prototyping and three-dimensional reconstruction modeling in the management of complex fractures [J]. *Eur J Radiol*, 2011, 80 (3) : 814-820. DOI: 10.1016/j.ejrad.2010.10.007.
- [21] 孟国林, 刘建, 胡蕴玉, 等. 快速成型模型在制定胫骨平台复杂骨折手术方案中的指导作用 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2011, 13 (12) : 1135-1138. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2011.12.009.
- Meng GL, Liu J, Hu YY, et al. Rapid prototyping used in the operation design for complex fractures of tibial plateau [J]. *Chin J Orthop Trauma*, 2011, 13 (12) : 1135-1138. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2011.12.009.
- [22] 黄旭科, 李鹏, 孙向华, 等. 数字设计与 3D 打印辅助手术治疗髋臼骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (13) : 1225-1229. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.13.16.
- Huang KX, Li P, Sun XH, et al. Digital design and three-dimensional printing assisted procedure for acetabular fractures [J]. *Orthop J Chin*, 2019, 27 (13) : 1225-1229. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.13.16.
- [23] Giannoudis PV, Grotz MRW, Papakostidis C, et al. Operative treatment of displaced fractures of the acetabulum. A meta-analysis [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2005, 87 (1) : 2-9. DOI: 10.1302/0301-620X.87B1.15605.
- [24] Kelly J, Ladurner A, Rickman M. Surgical management of acetabular fractures—a contemporary literature review [J]. *Injury*, 2020, 21 (10) : 2267-2277. DOI: 10.1016/j.injury.2020.06.016.
- [25] Morison Z, Moojen DJ, Nauth A, et al. Total hip arthroplasty after acetabular fracture is associated with lower survivorship and more complications [J]. *Clin Orthop*, 2016, 474 (474) : 392-398. DOI: 10.1007/s11999-015-4509-1.
- [26] 潘进社, 张英泽, 彭阿钦, 等. 髋臼骨折后创伤性关节炎全髋关节置换疗效研究 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2008, 16 (2) : 81-83.
- Pan JS, Zhang YZ, Peng AQ, et al. Curable effect of total hip arthroplasty in the post-traumatic arthritis following acetabular fracture [J]. *Orthop J Chin*, 2008, 16 (2) : 81-83.

(收稿:2022-12-14 修回:2023-05-19)

(同行评议专家: 汤志辉, 马亮, 徐杰)

(本文编辑: 闫承杰)