Modern Practical Medicine, February 2025, Vol.37, No.2

·诊治分析·

3D打印技术辅助骨盆髋臼骨折手术治疗的应用效果观察

叶鹏翰，戴远瑜，陈晓艳，张经纬，焦福德，江磊，薛波，王庆，庄云强

【关键词】 骨盆骨折；三维打印技术；骨折固定术，内；骨盆功能
doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.02.016
【中图分类号】 R687.3 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-0800(2025)02-0174-03

骨盆髋臼骨折是一种严重的骨折类型，占全身骨折1%～3%[1]。对于需要手术治疗的骨盆骨折患者，早期手术对解剖复位及髋关节功能恢复至关重要[2]。3D打印技术在制定手术计划中发挥着重要作用，相比传统成像技术，它提供了更直观的视角，并有助于手术实施。研究表明，3D打印技术应用于骨盆骨折手术中能显著减少手术时间、出血量和骨愈合时间，且未见明显并发症[3]，而在处理复杂四肢骨折的手术中也展现了其有效性和安全性[4]。本研究旨在探讨3D打印辅助骨盆髋臼骨折手术治疗的效果，现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集2019年9月至2023年9月宁波市第六医院收治的骨盆髋臼骨折患者40例，纳入标准：（1）经临床症状、X线及CT检查明确诊断为骨盆髋臼骨折；（2）行切开复位内固定术治疗；（3）无骨盆骨折史；（4）近6个月内无外科手术或输血史；（5）完成了所有的治疗和检查，未中途脱落。排除标准：（1）合并脊髓损伤或胸部、头颈部骨折者；（2）合并血液系统疾病或严重心、肝、肾功能障碍者；（3）曾进行过其他骨盆或髋部手术者；（4）有股骨头坏死或关节炎病史者；（5）合并全身性感染或自身免疫疾病者；（6）伴有影响下肢功能的腰椎间盘突出或继发性腰椎管狭窄等腰部疾病者。本研究获得宁波市第六医院伦理委员会批准，所有研究对象均同意参加本研究并签署书面知情同意书。

基金项目： 宁波市科技计划项目（202002N3189）
作者单位： 315040 宁波，宁波市第六医院
通信作者： 庄云强，Email：bfzyq007@163.com

依照随机数字表法将40例患者分为实验组和对照组，各20例。实验组男16例，女4例；年龄28～68岁，平均（51.4±10.7）岁；损伤原因为车祸伤9例，摔倒伤3例，高处坠落伤8例。对照组男13例，女7例；年龄31～73岁，平均（57.2±11.9）岁；损伤原因为车祸伤7例，摔倒伤11例，高处坠落伤2例。两组性别、年龄及损伤原因差异均无统计学意义（$P>0.05$），有可比性。

1.2 方法 实验组应用3D打印技术制定个性化的手术方案，并在模拟环境中进行手术预演，见图1。3D打印技术步骤：（1）利用盆腔薄层CT扫描技术采集患者的DICOM格式影像数据，扫描层厚0.5～1.0 mm，扫描范围需覆盖髂嵴上缘至坐骨结节下缘的区域，以确保获取高清晰度的骨盆图像。（2）将数据导入图像处理软件（如Mimics或3D Slicer），对数据的完整性和质量进行全面检查，排除可能存在的运动伪影或金属伪影等干扰因素，并通过调整窗宽和窗位参数，优化图像中骨组织与软组织的对比度，使骨骼结构更加清晰。（3）采用阈值分割技术提取骨组织区域（阈值范围150～3 000 HU），并对分割过程中出现的误差进行手动修正，确保骨骼轮廓的准确性。完成分割后，将二维图像序列重建为三维模型，并运用平滑算法对模型表面进行处理，以消除锯齿状边缘，提升模型的完整性和解剖结构的精确性。（4）从3D模型中移除股骨头部分，仅保留髋臼和骨盆结构，同时使用不同颜色或标签对骨折碎片进行标记，详细记录其位置和尺寸信息。（5）借助虚拟复位工具将骨折碎片重新定位至其解剖学位置，并对复位后的骨盆结构进行验证，确保其恢复正常

的解剖关系。(6)将 3D 模型导出为 STL 格式文件，并导入高精度的光固化 3D 打印机(如 SLA 或 DLP 打印机)，设置合适的打印参数，并选用光敏树脂作为打印材料。(7)打印结束后，移除支撑结构并对模型进行清洗，最后通过紫外线固化设备对模型进行二次固化，以提高其强度和耐用性。对照组根据盆腔 X 线、CT 及 3D 重建数据进行骨盆髋臼分型，并通过医生经验设计手术方案。

在全身麻醉下，患者采用仰卧手术位，通过腹直肌外侧入路或髂骨腹股沟入路进行手术。常规消毒和铺毛巾后，将皮肤、皮下组织、肌肉分层切开，使用电凝固技术进行分离，直至达到腹膜外间隙，并建立手术窗口。术中可通过窗口直视移位骨折，然后清除骨折伤口血栓，根据需要切断并结扎闭孔血管和腹壁下血管的可变吻合。在完成 C 形臂 X 线透视机检查，确认骨折对位良好后，采用 1 ～ 3 块钛合金板和多个螺钉进行骨折固定。再次进行透视检查以确保固定效果。及时评估以下情况：(1)股动脉、股静脉、腹壁下动脉、死冠血管、股神经以及股外侧皮神经是否受到损伤；(2)腹膜是否保持完整；(3)髋关节的活动是否正常。确认均无异常后，进行腹腔冲洗并最终进行封闭。术后留置引流管，并予抗菌药物预防感染。

1.3　观察指标　(1)手术相关参数，如手术时间、手术切口长度、术中出血量及围术期异体输血情况；(2)疼痛变化，采用疼痛视觉模拟量表(VAS)进行评估[5]；(3)术后并发症发生情况，重点监测下肢深静脉血栓、切口浅层感染及周围血管神经损伤发生情况；(4)功能预后，基于 Majeed 骨盆骨折功能量表(Majeed 评分)进行系统评定，涵盖疼痛、步态及活动度等维度[6]。

1.4　统计方法　数据采用 SPSS 21.0 软件分析，计量数据以均数±标准差表示，采用 t 检验；计数数据采用 χ^2 检验。$P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2　结果

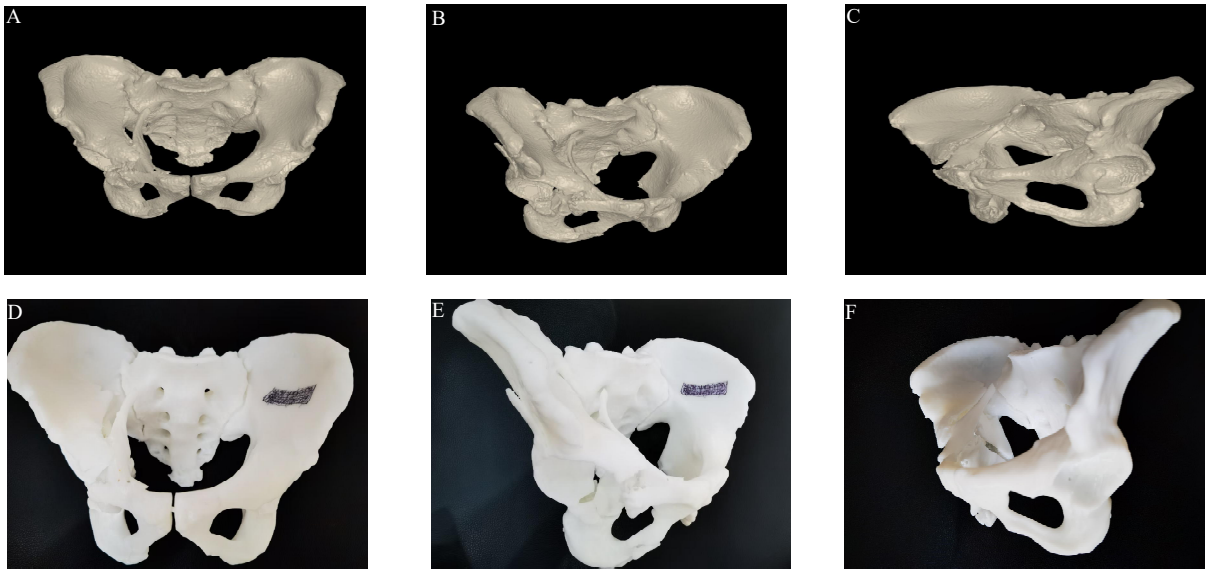
2.1　手术指标比较　实验组手术切口长度、手术时间、术中出血量及围手术期间输血量均低于对照组(均 $P < 0.05$)，见表 1。

2.2　手术前后 VAS 评分及 Majeed 评分比较　术前，两组 VAS 评分及 Majeed 评分差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)；术后，实验组 VAS 评分低于对照组，Majeed 评分高于对照组(均 $P < 0.05$)，见表 2。

2.3　并发症发生情况　实验组发生下肢静脉血栓 2 例，血管神经损伤 2 例；对照组发生下肢静脉血栓 5 例，切口浅表感染 1 例，血管神经损伤 4 例；实验组并发症总发生率低于对照组($\chi^2=3.95$，$P < 0.05$)。

3　讨论

本研究结果表明，与接受常规手术治疗的成年



注：A、B、C 图分别为入口、闭孔斜和髂斜视角 3D 打印图；D、E、F 图分别为入口、闭孔斜和髂斜视角 3D 打印模型

图 1　3D 打印图片及骨盆模型

Modern Practical Medicine, February 2025, Vol. 37, No. 2

表 1　两组手术指标比较

组别	例数	手术切口长度（cm）	手术时间（min）	术中出血量（ml）	围手术期输血量（ml）
实验组	20	9.20±1.32	133.50±18.43	542.25±181.90	133.75±53.97
对照组	20	18.85±4.21	224.25±32.41	1 345.00±405.20	383.75±148.88
t 值		10.19	10.11	9.40	7.91
P 值		＜ 0.05	＜ 0.05	＜ 0.05	＜ 0.05

表 2　两组手术前后 VAS 评分及 Majeed 评分比较　分

组别	例数	VAS 评分		Majeed 评分	
		术前	术后	术前	术后
实验组	20	5.55±1.05	1.80±0.62	69.75±3.48	88.65±1.73
对照组	20	5.70±1.22	2.70±0.66	70.65±4.87	80.75±1.52
t 值		0.54	4.72	0.74	15.73
P 值		＞ 0.05	＜ 0.05	＞ 0.05	＜ 0.05

注：VAS 评分为疼痛视觉模拟量表评分，Majeed 评分为 Majeed 骨盆骨折功能量表评分

骨盆髋臼骨折患者相比，术前接受 3D 打印辅助治疗的骨盆髋臼骨折患者手术时间、术中出血量和围手术期输血量减少，手术切口长度短及并发症发生率低，是治疗骨盆髋臼骨折新的方案。

基于 CT 扫描构建的 3D 打印模型已广泛应用于临床，其可以从多个角度观察裂缝形态，并使用不同的颜色标记不同的裂缝碎片，理论上提高了裂缝分类的准确性 [7]。通过在 3D 打印的骨盆和髋臼模型中寻找最佳种植体位置，在模拟螺钉置入方向、角度和长度的同时，实现手术方案设计、钢板预弯曲甚至定制种植体钢板预成型，从而预估手术难度，初步评估骨折复位效果和远期并发症的发生。术前的模拟手术不仅优化了手术流程，还加深了外科医生对患者状况的理解。研究显示，3D 打印辅助手术能显著缩短手术时间、减少术中出血和透视次数 [8-9]。在全髋关节置换术中，定制的 3D 打印髋臼植入物在 X 线检查中表现出优良的固定和定位效果。此前研究表明，缩短骨盆髋臼骨折手术时间有助于改善预后的短期和长期结果。在本研究中，对照组手术时间、术中出血量、手术切口长度明显高于实验组。这可能是因为外科医生在手术前掌握了骨折位移的位置，大大减少了骨折复位和固定所需的时间。

综上所述，与常规手术治疗相比，术前 3D 打印辅助骨盆髋臼骨折手术治疗可以减少手术时间、术中出血量、围手术期间输血量及手术切口长度，降低手术难度，提高手术安全性。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

[1] KOBAYASHI T, AKIYAMA T, MORIMOTO T, et al. A systematic review regarding clinical characteristics, complications, and outcomes of surgical and non-surgical patients with fragility fracture of the pelvis[J]. Nagoya J Med Sci, 2023, 85(1): 35-49.

[2] 陈亚影.3D 打印辅助经腹直肌外侧切口入路微创治疗骨盆髋臼骨折的临床研究[J].中国当代医药,2023,30(15):61-64.

[3] 邹如意. 腹直肌旁手术入路在髋臼骨折中的解剖学研究与临床应用[D].蚌埠:蚌埠医学院,2021.

[4] GONZALEZ-ALONSO M, HERMIDA-SANCHEZ M, MARTINEZ-SEIJAS P, et al. Application of 3D printing in the treatment of appendicular skeleton fractures: Systematic review and meta-analysis[J]. J Orthop Res, 2021, 39(10): 2083-2092.

[5] SHAFSHAK T S, ELNEMR R. The visual analogue scale versus numerical rating scale in measuring pain severity and predicting disability in low back pain[J]. J Clin Rheumatol, 2021, 27(7): 282-285.

[6] FAKRU N H, FAISHAM W I, HADIZIE D, et al. Functional outcome of surgical stabilisation of acetabular fractures[J]. Malays Orthop J, 2021, 15(2): 129-135.

[7] GOYAL S, CHUA C, CHEN Y S, et al. Utility of 3D printed models as adjunct in acetabular fracture teaching for Orthopaedic trainees[J]. BMC Med Educ, 2022, 22(1): 595.

[8] 吴新宝. 骨盆与髋臼骨折的评述与展望 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2019,21(6):461-463.

[9] 吴超,邓佳燕,谭伦,等.3D 打印技术辅助不稳定性骨盆骨折手术疗效分析[J].中国修复重建外科杂志,2019,33(4):455-461.

收稿日期：2024-09-28

（本文编辑：钟美春）