

论 著

多层螺旋CT三维重建辅助3D打印技术对复杂髋臼骨折手术的分析

铁岭市中心医院骨科 (辽宁 铁岭 112000)

苗 鹏*

【摘要】目的 分析多层螺旋CT(MSCT)三维重建辅助3D打印技术对复杂髋臼骨折(AF)手术的指导作用。方法 回顾性分析2017年4月至2019年3月我院骨科83例复杂AF患者的临床资料,其中以MSCT三维重建辅助3D打印技术行术前计划的38例为指导组,以传统方法行术前计划的45例为常规组。记录各手术指标,评估骨盆和髋臼复位质量及骨盆、髋关节功能恢复情况,并统计术后不良事件。结果 与常规组相比,指导组术中出血量明显少,手术时间、术中透视时间、骨折愈合时间明显缩短($P<0.05$)。两组骨盆复位优良率均超过80%,髋臼实现解剖复位、满意复位者占比均超过85%,但组间骨盆及髋臼复位质量未见显著差异($P>0.05$)。与术前相比,两组术后3个月、6个月Majeed骨盆量化评分、Harris髋关节评分均显著升高($P<0.05$),指导组术后3个月两项评分高于常规组($P<0.05$),而术后6个月未见明显差异($P>0.05$)。指导组、常规组患者均获得随访,期间指导组不良事件发生率略低于常规组,但差异不具统计学意义($P>0.05$)。结论 采用MSCT三维重建辅助3D打印技术进行术前指导,可使复杂AF手术更具个性化,继而缩短手术时间和透视时间、减少术中出血量,加快骨折愈合及骨盆、髋关节功能恢复。

【关键词】多层螺旋CT; 三维重建; 3D打印技术; 复杂髋臼骨折; 手术指导

【中图分类号】R445.3; R274.1

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2021.12.050

Guidance Roles of Multi-slice Spiral CT Three-Dimensional Reconstruction Assisting 3D Printing Technique in Complex Acetabulum Fracture Surgery

MIAO Peng*

Department of Orthopedics, Tieling Central Hospital, Tieling 112000, Liaoning Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze guiding roles of multi-slice spiral CT (MSCT) three-dimensional reconstruction assisting 3D printing technique in complex acetabulum fracture(AF) surgery. **Methods** The clinical data of 83 patients with complex AF in orthopedics department of the hospital from April 2017 to March 2019 were retrospectively analyzed. Among them, 38 cases who underwent preoperative planning with MSCT three-dimensional reconstruction assisting 3D printing technique were enrolled as steering group, while 45 cases who underwent preoperative planning with traditional method were enrolled as routine group. The surgical indexes of the two groups were recorded. The reduction quality of pelvis and acetabulum, and function recovery of pelvis and hip joint were evaluated. The quality of pelvic and acetabular reduction and the functional recovery of pelvic and hip joints were evaluated. The adverse events after operation were counted. **Results** Compared with routine group, intraoperative blood loss was significantly less in steering group, operation time, intraoperative fluoroscopy time and fracture healing time were significantly shorter ($P<0.05$). The good rates of pelvic reduction in both groups were both higher than 80%. The proportions of acetabulum anatomical reduction and satisfactory reduction were both higher than 85%. However, there was no significant difference in reduction quality of pelvis or acetabulum between the two groups ($P>0.05$). Compared with those before surgery, scores of Majeed pelvic quantification and Harris hip in both groups were significantly increased at 3 months and 6 months after surgery ($P<0.05$). At 3 months after surgery, the above two scores in steering group were higher than those in routine group ($P<0.05$), while there was no significant difference between the two groups at 6 months after surgery ($P>0.05$). The patients in steering group and routine group were followed up. The incidence of adverse events in steering group was slightly lower than that in routine group ($P>0.05$). **Conclusion** The application of MSCT three-dimensional reconstruction assisting 3D printing technique for preoperative guidance can make complex AF surgery more personalized, thus shortening operation time and fluoroscopy time, reducing intraoperative blood loss, accelerating fracture healing, pelvic and hip function recovery.

Keywords: Multi-slice Spiral CT; Three-Dimensional Reconstruction; 3D Printing Technique; Complex Acetabulum Fracture; Surgical Guidance

髌骨、坐骨与耻骨共同组成了髋臼,此部位骨折常常是由高能量损伤(间接或挤压暴力)引发的伴有髓关节局部疼痛、下肢畸形及活动局限等表现的一类骨折。虽然髋臼骨折(acetabular fractures, AF)发病率并不高(所占比例甚至未达全身骨折的2%),但通常可累及周围大血管及神经,特别是复杂AF为关节内骨折,位置深、解剖结构复杂,现阶段AF手术风险并未显著降低,术后可能出现多种不良事件(如早期固定失效、脂肪感染或液化、坐骨神经损害、下肢静脉血栓等),这就要求手术治疗复杂AF时,术前对骨折形态、骨盆结构有全面而准确的判断^[1-2]。随着数字医学不断发展,3D打印技术也逐渐成熟,其是以数字模型为基础,借助可粘合材料(如粉末塑料、金属等)完成逐层打印来构建实物的技术^[3]。现阶段,借助CT后处理技术可实现复位骨折三维模型建立,为3D打印提供了条件,使得骨科手术更为精确和具有个性化^[4],多层螺旋CT(multi-detector CT, MSCT)三维重建辅助3D打印技术已在AF手术中得到一定应用^[5],但推广应用仍较局限。基于此背景,现回顾性分析MSCT三维重建辅助3D打印技术对复杂AF手术的指导作用。

1 资料与方法

【第一作者】苗 鹏,男,主治医师,主要研究方向:骨外科。E-mail: cj2jww@163.com

【通讯作者】苗 鹏

1.1 一般资料 回顾性抽取2017年4月至2019年3月我院骨科收治的83例复杂AF患者的临床资料，其中以MSCT三维重建辅助3D打印技术进行术前计划的38例为指导组，以传统方

法行术前计划的45例为常规组，二者各基线资料(性别、年龄、体重指数、骨折复杂程度及手术入路)差异比较无显著性($P>0.05$)，见表1。

表1 两组基线资料比较(例)

组别	例数	性别(男/女)	年龄(<60岁≥60岁)	体重指数<24/≥24 kg/m ²	LetournelJudet分型(前柱+后半横形骨折/双柱骨折/T形骨折)	手术入路(髂腹股沟入路/Stopppa入路)
指导组	38	21/17	18/20	29/9	21/14/3	19/19
常规组	45	25/20	18/27	33/12	26/14/5	26/19
χ^2		0.001	0.455	0.097	0.445	0.502
P		0.979	0.500	0.756	0.801	0.479

纳入标准：年龄≥20岁；均明确诊断的复杂AF，即髋臼前后柱移位超过3mm，合并后柱严重粉碎骨折或后壁骨折，合并股骨头脱位或半脱位，合并关节内游离骨块；复杂AF分型包括前柱+后半横形骨折、双柱骨折、T形骨折；认知功能正常，可正常沟通交流；签署手术知情同意书；临床诊治、手术信息资料详实。排除标准：合并脊髓损伤及胸部、头颈部部位的骨折；既往接受过其他盆骨、髋部关节手术；有股骨头坏死、关节炎病史；术前明确存在重要脏器功能障碍与重大心脑血管病变；合并骨巨细胞瘤、骨软骨瘤及骨肉瘤等影响局部骨质的疾病；严重视听障碍，无法正常交流；伴发腰椎间盘突出、继发性腰椎椎管狭窄等影响下肢功能的腰部疾病。

1.2 术前规划及手术方法

1.2.1 指导组 先行MSCT检查，设备为GE Medial Systems/Lightspeed 64排螺旋CT机；平卧位下扫描，范围自髂前上棘至坐骨结节；先行薄层扫描(参数：电压/电流130kV/120mA，层距与间隔均为3.0mm，螺距0.625，准直器宽度1.2mm)，后行进行图像薄层重建(层厚改为0.75mm，增量3.0mm)，借助CT后处理技术包括MPR、SSD及VR等实现三维重建成像，结合术前三维重建成像评估AF情况。然后结合MSCT三维重建结果建立复位骨折模型，将骨折模型与各单一骨折块以STL格式导入3D打印软件(3D打印机及配套3D-OR-THO骨科三维手术规划系统购自于华森公司)，确认打印方位后打印实物模型。观察模型并明确骨折块形态、移位情况，确定手术体位、入路方式(取髂腹股沟入路或Stopppa入路)。逐一取单一骨折块打印模型按照复位步骤借助强力胶水逐一粘合以模拟术中复位，于模型上标记骨折线形状与走形，确定钢板、螺钉放置部位，并结合虚拟设计螺钉方向完成模拟螺钉植入，对应记录螺钉长度、方向等信息，最终确定理想的AF复位与固定计划。

1.2.2 传统组 术前获取并分析骨盆前后位及患侧髋臼双斜位X线片、MSCT扫描等影像学资料，确定AF手术入路等计划，结合医师经验确定并预弯接骨板。

1.2.3 手术方法 两组手术均由同一组医护人员进行，均给予全身麻醉，常规进行术区与患肢消毒、铺单，均借助骨盆复位器械完成AF复位操作。取髂腹股沟入路或Stopppa入路以良好显露髋臼前柱、前壁、髋臼后柱内侧面等区域，术中注意避免伤及股动脉、静脉与神经等。显露满意后，优先复位股骨头

(通常表现为向内侧移位)，采取纵向牵引患侧肢体的方式；明确髋臼前柱骨折线，经髂骨脊上置入Schanz钉后进行内旋髂骨，并复位髋臼前柱，然后以重建接骨板完成固定。其次于直视下复位发生移位的髋臼后柱及方形区，满意后以克氏针固定；真骨盆缘下予以钢板弹性支撑及稳固方形区，再次于骨盆前后位、患侧髋臼透视明确复位满意即可。术后伤口常规内置引流管，配合给予抗生素48h，24h后即可进行股四头肌、屈髋与屈膝训练等功能锻炼，4周左右扶拐下地，8周左右可尝试负重，之后可结合骨折愈合情况负重训练。

1.3 观察指标 1)统计术中出血、透视及骨折愈合情况等各手术指标。2)术后第3天采用Matta标准^[6]评估骨盆及髋臼复位质量，骨盆复位质量通过测量X射线片上骨折断端分离移位的最大距离评估，分为优(距离<4mm)、良(距离4~10mm)、中(距离11~20mm)、差(距离>20mm)；髋臼复位质量通过测量X射线片上(必要时进行CT检查，于CT图像上测量)移位程度评估，分为解剖复位(移位<1mm)、满意复位(<1~3mm)、不满意复位(>3mm)。3)术前、术后3个月、6个月随访时采用Majeed骨盆量化评分^[7]、Harris髋关节评分^[8]评定骨盆功能、髋关节功能恢复情况，前者从疼痛、工作、就座、性生活和站立5方面评估，后者评分内容为髋关节疼痛、功能状态、活动范围、下肢畸形，分数均为0~100分，分值越高，功能越好。4)随访、统计术后不良事件。

1.4 统计学方法 研究数据分析以SPSS 19.0统计学软件进行处理，计数资料以率(%)描述，组间基线资料、不良事件发生率对比进行 χ^2 检验，骨盆及髋臼复位质量对比采用等级资料秩和检验；计量资料以($\bar{x} \pm s$)描述，组间手术指标、Majeed骨盆量化评分、Harris髋关节评分等对比行独立样本t检验，组内比较行配对t检验； $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组手术指标比较 与常规组相比，指导组术中出血量明显少，手术时间、术中透视时间、骨折愈合时间明显缩短($P<0.05$)，见表2。

2.2 两组骨盆及髋臼复位质量比较 两组骨盆复位优良率均超过80%，髋臼实现解剖复位、满意复位者占比均超过85%，但组间骨盆及髋臼复位质量经秩和检验比较未见显著差异($P>0.05$)，见表3。

表2 两组手术指标比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	手术时间(min)	术中出血量(mL)	术中透视时间(s)	骨折愈合时间(d)
指导组	38	105.30±21.08	353.30±55.46	21.15±5.05	82.64±12.45
常规组	45	123.61±25.66	400.05±67.15	27.30±6.61	95.57±15.51
t		3.510	3.418	4.692	4.135
P		0.001	0.001	0.000	0.000

表3 两组骨盆及髌臼复位质量比较(例)

组别	例数	骨盆复位质量				髌臼复位质量		
		优	良	中	差	解剖复位	满意复位	不满意复位
指导组	38	15	19	5	2	17	19	2
常规组	45	14	23	6	2	18	21	6
Z			0.178				0.604	
P			0.672				0.438	

2.3 两组骨盆功能、髌关节功能恢复情况比较 与术前相比,两组术后3个月、6个月Majeed骨盆量化评分、Harris髌关节评分均显著升高($P<0.05$),指导组术后3个月Majeed骨盆

量化评分、Harris髌关节评分高于常规组($P<0.05$),而术后6个月两项评分未见明显差异($P>0.05$),见表4。

表4 两组骨盆功能、髌关节功能恢复情况比较($\bar{x} \pm s$,分)

组别	例数	Majeed骨盆量化评分			Harris髌关节评分		
		术前	术后3个月	术后6个月	术前	术后3个月	术后6个月
指导组	38	33.01±5.92	68.45±6.65 [*]	90.16±8.02 [*]	37.59±4.79	77.20±4.69 [*]	84.80±6.59 [*]
常规组	45	32.93±6.12	63.94±5.71 [*]	88.32±7.29 [*]	38.11±4.58	73.58±4.18 [*]	82.33±5.62 [*]
t		0.060	3.325	1.094	0.505	3.717	1.843
P		0.952	0.001	0.277	0.615	0.000	0.069

注: *表示与术前相比,差异具有统计学意义($P<0.05$)。

2.4 两组术后不良事件发生情况比较 指导组、常规组患者均获得随访,平均随访时间为9.5个月、10.2个月,期间指导组不良事件发生率略低于常规组,但差异不具统计学意义

($\chi^2=2.010$, $P>0.05$),未有合并2种以上不良事件的病例,且均未出现股外侧皮神经损伤、深静脉血栓等其他并发症,见表5。

表5 两组术后不良事件发生情况比较[n(%)]

组别	例数	股神经牵拉	螺钉进入关节腔	伤口脂肪液化	创伤性关节炎	异位骨化	合计
指导组	38	1(2.63)	1(2.63)	2(5.26)	1(2.63)	0(0.00)	5(10.53)
常规组	45	2(4.44)	3(6.67)	3(6.67)	1(2.22)	1(2.22)	10(22.22)

2.5 MSCT三维重建辅助3D打印技术指导手术典型病例 见图1~3。

中做到解剖复位和固定也有一定难度,特别是复杂AF,可能为了获得满意复位,必须获得较大手术切口,且长时间暴露往往伴随着更高的并发症风险^[10]。

3 讨论

随着医疗技术不断发展、骨折手术经验不断充实,髌臼手术时间进一步缩短,手术风险不断下降,手术效果也较为满意,可帮助患者恢复正常的骨盆、髌关节功能,但受骨折位置、解剖结构、患者实际情况(合并伤、年龄等)的影响,现阶段复杂AF手术的顺利进行及取得理想效果并不容易,而术前对于AF的全面理解、认识,制定完善计划、准确塑形接骨板及术中准确透视对于获得满意的骨折复位及良好固定均至关重要^[9]。事实上,即使是经验丰富的骨科医师,在复杂骨折手术

3D打印技术能够帮助骨科医师全面了解AF情况,如粉碎、骨折块移位程度,以便做出准确术前诊断与评估,帮助做出完备的术前规划。本研究回顾性分析了近2年我院骨科83例复杂AF患者的临床资料,发现采用MSCT三维重建辅助3D打印技术进行术前指导,明显较传统术前计划缩短手术时间、术中透视时间,减少术中出血量,加快骨折愈合,与国内柳鑫等^[11]、黄佳军等^[12]的结果类似。这是因为基于MSCT三维成像使得3D打印技术能够满足构建3D模型的需求,其属于实物模型,有报道证实其与三维数字模型相比更加直观、形象,能够



患者男, 58岁; 胸廓有压痛, 腰臀部肿胀, 下肢畸形。图1~图2 术前X线片、MSCT三维重建示AF, 即髌臼粉碎骨折, 前后柱及后壁骨折, 股骨头脱位; 图3 MSCT三维重建辅助3D打印技术, VR三维成像可直观观察到骨折线、骨折范围、骨折碎片移位等空间信息, 经3D骨折模拟复位模型完成手术固定计划, 取髂腹股沟入路, 先常规行股骨、胫骨切开复位钢板内固定术, 之后行髌臼骨折复位固定, 术后X线片示AF整体复位与固定位置较好, 后路解决前后柱及后壁骨折。

帮助术者在充分考虑术中可能存在的风险基础上于术前作出更准确诊断, 给出更多可行、详细的手术计划, 并在实物模型上练习操作, 可准确预测术中情况与最终手术效果^[13]。毫无疑问, 复杂的外科手术进行术前演练可一定程度确保手术成功与效果。对于复杂AF而言, 3D打印技术结合钢板、手术辅助器械能实施模拟手术, 在充分了解每例患者术中AF复位固定要点的条件下, 结合骨折移位个性化情况, 提前确定入路方式、钢板尺寸、螺钉长度等, 模拟术中骨块复位固定思路, 复位后明确钢板理想位置, 并进行术前精确预弯钢板, 能够避免术中因反复预弯导致手术时间延长等^[14]; 其中选择最佳手术入路及固定方法尤为重要, 入路主要基于术前正确的骨盆髌臼骨折分型, 相比于髂腹股沟入路, Stoppa入路是一种无需暴露股神经、髂外血管束、髂腰肌, 且操作简单、稳定性高的治疗髌臼骨折的入路方式, 但由于此入路无法直视后方结构, 不能直接对其进行处理, 故不适宜运用于后壁骨折, 对于骨盆髌臼骨折后部的复位较困难, 往往需另作入路或选择髂腹股沟入路, 而基于MSCT三维成像的3D打印技术能够为手术入路选择提供指导。而传统术前手术计划AF复位模拟多在骨科医师脑中中进行, 通常带有明显的局限性与主观性, 且术中复位多基于个人经验, 存在较大不确定风险。

本研究显示, 两组间骨盆及髌臼复位质量未见显著差异, 且指导组术后3个月Majeed骨盆量化评分、Harris髌关节评分高于常规组, 而术后6个月未见明显差异, 提示MSCT三维重建辅助3D打印技术进行术前指导并未显著改善骨盆及髌臼复位质量, 但可促进骨盆、髌关节功能恢复进程, 与MSCT三维重建辅助3D打印技术进行指导的手术更具个性化、术后骨折愈合时间短等有关。而漆启华等^[15]报道显示MSCT三维重建辅助3D打印技术能显著改善骨盆、髌臼复位质量及髌关节功能, 与本研究结果有所出入, 可能与入选样本量、随访评估时间及患者的个体差异等有关。孟羿彬等^[16]研究与本研究结果一致, 认为MSCT三维重建辅助3D打印技术并不能显著提高复杂AF复位质量, 但认为其有助于经验不足的年轻或新手医师对手术过程的理解, 缩短学习曲线。此外, 随访期间指导组不良事件发生率略低于常规组, 差异不显著的原因可能为样本量较小, 仍可提示MSCT三维重建辅助3D打印技术进行术前指导有望减少不良事件发生。有文献指出, 借助3D打印技术, 结合模拟钢板固定常规操作, 还能够细致记录螺钉长度、位置等信息, 继而有效避免螺钉植入关节腔等事件^[17]。通过本次手术, 本研究认为入路选择时要同时综合考虑髌臼的趾骨联合、界线、骺骨情况, 尽可能以单一的体位和最少的入路完成手术, 否则可能因不同手术入路切口增加感染和坏死风险, 影响切口的愈合; 且

还需要指出的是, MSCT三维重建辅助3D打印技术增加了治疗费用, 且需要较长的准备时间, 有可能耽误最佳手术时机, 建议术前尽可能缩短准备时间, 高危患者由经验丰富的医师进行以减少不良事件发生。本研究病例随访时间较短, MSCT三维重建辅助3D打印技术进行术前指导对复杂AF手术患者远期功能恢复的影响还需进一步明确, 且相关结论仍需扩大样本量、多中心地研究论证。

参考文献

- [1] 张琛, 张丽霞, 李杰. 多层螺旋CT对老年复杂骨关节骨折的显像效果及分型诊断研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2017, 15(2): 146-148.
- [2] Zhuang Y, Zhang K, Wang H, et al. A short buttress plate fixation of posterior column through single ilioinguinal approach for complex acetabular fractures[J]. Int Orthop, 2017, 41(1): 1-7.
- [3] 李涛, 陈卓夫, 龚辉, 等. 3D打印技术在复杂髌臼骨折术中的初步临床应用[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2016, 31(4): 387-388.
- [4] 吕刚, 王利听, 杜佳, 等. 螺旋CT在髌臼骨折术后评价及与X线检查的对比探讨[J]. 实用骨科杂志, 2019, 25(5): 453-455.
- [5] 张国明, 周东生, 贺宇, 等. 3D打印技术在复杂髌臼骨折治疗中的应用[J]. 中华创伤骨科杂志, 2016, 18(4): 306-311.
- [6] Zeng C, Xing W, Wu Z, et al. A combination of three-dimensional printing and computer-assisted virtual surgical procedure for preoperative planning of acetabular fracture reduction[J]. Injury, 2016, 47(10): 2223-2227.
- [7] 李连欣, 王永会, 周东生, 等. 骨盆骨折合并髌臼骨折的手术治疗[J]. 中华创伤骨科杂志, 2014, 16(5): 396-400.
- [8] 程琪, 郑欣, 郭开今, 等. 组配式股骨假体在人工髌关节置换术后股骨假体周围骨折翻修中的应用[J]. 中华骨科杂志, 2017, 37(15): 921-928.
- [9] 张彦超, 李建军, 何敬腾, 等. 基于CT数据构建修复髌臼骨/软骨缺损多孔钛/钢板一体化支架研究[J]. 临床军医杂志, 2019, 47(4): 348-350.
- [10] 王鹏飞, 庄岩, 李忠, 等. 3D打印技术在复杂髌臼骨折术前设计中的应用[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2017, 32(2): 172-173.
- [11] 柳鑫, 曾参军, 卢键森, 等. 3D打印计算机虚拟辅助技术在髌臼骨折术前规划中的应用[J]. 南方医科大学学报, 2017, 37(3): 102-106.
- [12] 黄佳军, 黄智勇, 郭强, 等. 3D打印骨折模型在复杂髌臼骨折治疗中的临床应用[J]. 实用骨科杂志, 2019, 25(4): 301-304.
- [13] Zeng C J, Huang W H, Huang H J, et al. Laparoscopic acetabular fracture fixation after three-dimensional modelling and printing[J]. Indian J Orthop, 2017, 51(5): 620-623.
- [14] Zhou X, Zhang Q, Song W, et al. Clinical significance of three-dimensional skeleton-arterial model in the management of delayed reconstruction of acetabular fractures[J]. BMC Surgery, 2018, 18(1): 30-42.
- [15] 漆启华, 鲍坤旺, 肖强, 等. 3D打印技术辅助复杂髌臼骨折治疗的临床研究[J]. 实用医学杂志, 2018, 34(5): 750-754.
- [16] 孟羿彬, 王虎付, 王辉, 等. 应用3D打印骨折模型进行术前计划对复杂髌臼骨折手术效果的影响[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2018, 10(21): 1009-1012.
- [17] Sebaaly A, Riouallon G, Zarea M, et al. Standardized three dimensional computerised tomography scanner reconstructions increase the accuracy of acetabular fracture classification[J]. Int Orthop, 2018, 42(8): 1-9.

(收稿日期: 2020-01-06)