

• 临床研究 Clinical research •

3D 打印辅助经皮置钉治疗不稳定性骨盆骨折临床效果

井 晟, 孟祥圣, 尚修超, 孙 晓, 谢永鹏, 朱海泉

【摘要】 目的 评价 3D 打印辅助经皮置钉治疗不稳定性骨盆骨折的临床效果。**方法** 选取 2022 年 1 月至 2023 年 1 月在连云港市第一人民医院治疗的 80 例不稳定性骨盆骨折患者。根据手术方法不同分为经皮置钉组($n=47$, 3D 打印辅助经皮置钉)和切开复位组($n=33$, 切开复位钢板内固定)。比较两组术中出血量、手术时间、住院时间、骨折愈合时间, 血清肌酸激酶(CK)、肌红蛋白(My)、乳酸脱氢酶(LDH)水平以及手术并发症发生率。**结果** 经皮置钉组患者手术时间 $[(62.96 \pm 19.31) \text{ min}]$ 比 $[(100.07 \pm 26.71) \text{ min}]$ 、术中出血量 $[(112.71 \pm 25.43) \text{ mL}]$ 比 $[(230.65 \pm 30.29) \text{ mL}]$ 、住院时间 $[(11.04 \pm 2.35) \text{ d}]$ 比 $[(15.16 \pm 2.58) \text{ d}]$ 和骨折愈合时间 $[(102.18 \pm 9.74) \text{ d}]$ 比 $[(113.42 \pm 11.52) \text{ d}]$ 显著低于切开复位组(均 $P<0.01$)。术后 3 个月经皮置钉组总有效率显著高于切开复位组(95.74%比 80.00%)($P<0.05$)。骨折复位质量优良率高于切开复位组($P<0.05$)。术后 1、3、6 个月经皮置钉组 Majeed 评分显著高于切开复位组(均 $P<0.05$)。两组术前 CK、Myo、LDH 水平比较差异无统计学意义(均 $P>0.05$)。术后经皮置钉组 CK、Myo、LDH 水平显著低于切开复位组(均 $P<0.05$)。两组手术并发症发生率比较差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 与切开复位比较, 3D 打印辅助经皮置钉治疗不稳定性骨盆骨折效果更好, 可减少手术创伤, 缩短术后恢复时间。

【关键词】 3D 打印; 不稳定性骨盆骨折; 经皮置钉固定; 钢板内固定

中图分类号: R659 文献标志码: B 文章编号: 1008-794X(2024)-12-1345-04

Clinical effect of 3D printing-assisted percutaneous screw fixation in the treatment of unstable pelvic fracture
JING Sheng, MENG Xiangsheng, SHANG Xiuchao, SUN Xiao, XIE Yongpeng, ZHU Haiquan.
Department of Emergency Surgery, Lianyungang Municipal First People's Hospital, Lianyungang,
Jiangsu Province 222002, China

Corresponding author: ZHU Haiquan, E-mail: yo2024da@163.com

【Abstract】 Objective To evaluate the clinical effect of 3D printing-assisted percutaneous screw fixation in treating unstable pelvic fracture. **Methods** A total of 80 patients with unstable pelvic fractures, who received treatment at the Lianyungang Municipal First People's Hospital of China from January 2022 to January 2023, were enrolled in this study. According to the surgical methods, the patients were divided into percutaneous screw fixation group ($n=47$, receiving 3D printing-assisted percutaneous screw fixation) and open reduction group ($n=33$, receiving open reduction with steel plate internal fixation). The intraoperative blood loss, time spent for surgery, total hospitalization time, fracture healing time, levels of serum creatine kinase (CK), myoglobin (Myo), lactate dehydrogenase (LDH) levels, and incidence of surgical complications were compared between the two groups. **Results** In the percutaneous screw fixation group, the time spent for surgery $[(62.96 \pm 19.31) \text{ min}]$ vs $[(100.07 \pm 26.71) \text{ min}]$, intraoperative blood loss $[(112.71 \pm 25.43) \text{ mL}]$ vs $[(230.65 \pm 30.29) \text{ mL}]$, total hospitalization time $[(11.04 \pm 2.35) \text{ days}]$ vs $[(15.16 \pm 2.58) \text{ days}]$ and fracture healing time $[(102.18 \pm 9.74) \text{ days}]$ vs $[(113.42 \pm 11.52) \text{ days}]$ were remarkably higher than those in the open reduction group (all $P<0.01$); the postoperative 3-month total effective rate was 95.74%, which was significantly higher than 80.00% in the open reduction group ($P<0.05$); and the excellent rate of fracture reduction quality was higher

DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2024.12.015

基金项目: 江苏省卫生健康委科研项目(H2019109)

作者单位: 222002 江苏连云港 连云港市第一人民医院急诊外科

通信作者: 朱海泉 E-mail: yo2024da@163.com

than that in the open reduction group ($P < 0.05$). The postoperative one-, 3- and 6-month Majeed scores in the percutaneous screw fixation group were strikingly higher than those in the open reduction group (all $P < 0.05$). No statistically significant differences in the preoperative levels of CK, Myo and LHD existed between the two groups (all $P > 0.05$), while the postoperative levels of CK, Myo and LHD in the percutaneous screw fixation group were prominently lower than those in the open reduction group (all $P < 0.05$). The difference in the incidence of postoperative complications between the two groups was not statistically significant ($P > 0.05$). **Conclusion** For the treatment of unstable pelvic fracture, 3D printing-assisted percutaneous screw fixation is superior to open reduction with plate internal fixation in achieving better clinical results, reducing surgical injury, and shortening postoperative recovery time.

【Key words】 3D printing; unstable pelvic fracture; percutaneous screw fixation; steel plate internal fixation

不稳定性骨盆骨折主要表现为骨盆前环和后环不稳定,治疗较为困难,是创伤骨科具有挑战性的工作^[1]。传统复位术主要包括切开复位内固定术、经皮骶髂关节螺钉固定术等,手术创伤较大,且由于骨盆存在较大个体化差异,可能导致骨折复位结果不理想、生理应激反应严重、并发症发生率高等不良后果^[2-3]。随着 3D 打印技术发展,通过 3D 打印辅助经皮置钉治疗不稳定性骨盆骨折术式成为临床研究热点^[4]。该技术具有创伤小、感染率低、复位效果好等优点^[5]。本文总结分析采用 3D 打印技术辅助经皮置钉治疗不稳定性骨盆骨折患者的临床效果。

1 材料与方法

1.1 临床资料

收集 2022 年 1 月至 2023 年 1 月在连云港市第一人民医院治疗的 80 例不稳定性骨盆骨折患者临床资料。根据手术方法不同分为经皮置钉组(3D 打印技术辅助经皮置钉)和切开复位组(切开复位钢板内固定)。纳入标准:①年龄 ≥ 18 岁;②符合不稳定性骨盆骨折相关诊断标准,有手术指征且无手术禁忌证^[6];③受伤至入院间隔时间 < 21 d。排除标准:①伴发严重骨质疏松症;②伴有严重脏器衰竭;③存在凝血功能障碍。经皮置钉组 47 例(男 25 例,女 22 例),年龄(59.4 ± 4.4)岁(43~72 岁);致伤原因:交通事故 24 例,高处坠落 17 例,其他 6 例;受伤至入院时间(6.36 ± 1.42)d。切开复位组 33 例(男 18 例,女 15 例),年龄(60.2 ± 3.7)岁(42~74 岁);致伤原因:交通事故 18 例,高处坠落 11 例,其他 4 例;受伤至入院时间(6.94 ± 2.07)d。两组基线资料比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。

1.2 手术方法

对两组患者均行骨折复位手术,所有手术由同

一组医师完成。经皮置钉组在术前设计 3D 打印导向模板:将患者骨盆 CT 扫描数据输入 Mimics 21.0 软件进行骨折复位模拟,在 3-Matic 13.0 软件中根据入钉点位置完成导板制作,通过 3DS ProJet3600 打印机(美国 3D 系统公司)打印。手术步骤:嘱患者根据骨盆前/后环骨折取仰/俯卧位,根据术前模拟入路剔除周围软组织,将导板置于髂骨外板固定,使用电钻沿导板导向孔打入 2 枚导针,导针位置及长度通过 C 臂 X 线机透视确认;止血,缝合切口,置入引流条,术毕。

切开复位组在术前根据患者 CT 检查结果,对钢板进行预弯塑形和消毒。手术步骤:根据患者骨折部位和骨折类型选取合适体位和入路方式,切开皮肤,剥离肌肉组织,暴露骨盆环,分离骨膜,使用双螺钉复位技术、复位钳等进行远端牵引复位,以克氏针临时固定,进行钢板重建固定,确认固定良好后逐层缝合切口,术毕。

1.3 观察指标

记录两组患者围术期指标:术中出血量、手术时间、住院时间及骨折愈合时间。术后 3 个月评价临床疗效。疗效评价标准^[7]:治愈为患肢等长,走路无疼痛感,骨盆功能完全恢复;显效为患肢不等长,相差 < 2 cm,走路无疼痛感,骨盆功能基本恢复;有效为患肢不等长,相差 2~3 cm,走路有轻微疼痛;无效为患肢不等长,相差 ≥ 4 cm,明显跛行,骨折不愈合或畸形愈合,走路疼痛感明显。总有效率:治愈率、显效率、有效率相加。

术后 3 个月评价患者骨折复位质量。Matta 影像学评分^[8]:优为残留骨折移位 < 4 mm;良为残留骨折移位 4~10 mm;可为残留骨折移位 10~20 mm;差为残留骨折移位 > 20 mm。术前及术后 1、3、6 个月评价患者生理活动功能。Majeed 评分^[9]包括疼痛、

工作、坐等 5 个维度,总分 100 分,>85 分为生理活动功能优,70~84 分为良,55~69 分为中等,<55 分为差。术前及术后 24 h 抽取患者空腹静脉血 5 mL,离心取上清液,使用酶联免疫吸附试验测定血清学指标,如血清肌酸激酶(creatine kinase, CK)、肌红蛋白(myoglobin, Myo)、乳酸脱氢酶(lactate dehydrogenase, LDH)水平。试剂盒购自上海通蔚实业有限公司。

评估手术并发症如下肢深静脉血栓、神经损伤、切口感染、骨折不愈合等。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 21.0 统计学软件对所得数据进行分析。计量资料正态分布以均数±标准差表示,组间比较用独立样本 *t* 检验;计数资料以例(%)表示,组间比较用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

两组围术期指标比较见表 1,经皮置钉组患者手术时间、术中出血量、住院时间和骨折愈合时间显著低于切开复位组(均 $P<0.01$)。两组临床疗效比较见表 2,经皮置钉组总有效率显著高于切开复位组($P<0.05$)。经皮置钉组典型病例 3D 打印模型图像及手术前后影像见图 1。

经皮置钉组骨折复位质量评价结果为优和良患者占比大于切开复位组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 3。两组术前 Majeed 评分比较差异无统

表 2 两组临床疗效比较[n(%)]

组别	治愈	显效	有效	无效	总有效率
经皮置钉组(<i>n</i> = 47)	22(46.81)	18(38.30)	5(10.64)	2(4.26)	45(95.74)
切开复位组(<i>n</i> = 33)	14(42.42)	7(21.21)	6(18.18)	6(18.18)	27(80.00)
χ^2 值					4.178
<i>P</i> 值					0.041

计学意义($P>0.05$),术后 1、3、6 个月经皮置钉组 Majeed 评分显著高于切开复位组(均 $P<0.05$),见表 4。两组术前 CK、Myo、LHD 水平比较差异无统计学意义(均 $P>0.05$),经皮置钉组术后 CK、Myo、LDH 水平显著低于切开复位组(均 $P<0.05$),见表 5。两组手术并发症发生率比较差异无统计学意义($P>0.05$),见表 6,均未发生骨折不愈合。

组别	优	良	可	差
经皮置钉组(<i>n</i> = 47)	18(38.30)	19(40.43)	8(17.02)	2(4.26)
切开复位组(<i>n</i> = 33)	8(24.24)	8(24.24)	11(33.33)	6(18.18)
χ^2 值	8.615			
<i>P</i> 值	0.035			

表 4 两组 Majeed 评分比较(分, $\bar{x} \pm s$)

组别	术前	术后 1 个月	术后 3 个月	术后 6 个月
经皮置钉组(<i>n</i> = 47)	54.54 ± 5.18	58.49 ± 3.67*	62.73 ± 4.96*	82.07 ± 6.42*
切开复位组(<i>n</i> = 33)	53.41 ± 5.34	56.32 ± 4.52*	59.15 ± 4.04*	77.63 ± 6.76*
<i>t</i> 值	0.948	2.365	3.423	2.979
<i>P</i> 值	0.346	0.021	0.001	0.004

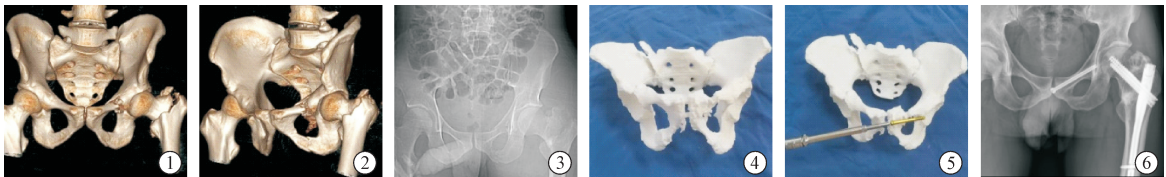
* 与术前比较, $P<0.05$

3 讨论

骨盆在能量撞击下可能发生骨盆环前后部分

表 1 两组围术期指标比较($\bar{x} \pm s$)

组别	手术时间(min)	术中出血量(mL)	住院时间(d)	骨折愈合时间(d)
经皮置钉组(<i>n</i> = 47)	62.96 ± 19.31	112.71 ± 25.43	11.04 ± 2.35	102.18 ± 9.74
切开复位组(<i>n</i> = 33)	100.07 ± 26.71	230.65 ± 30.29	15.16 ± 2.58	113.42 ± 11.52
<i>t</i> 值	7.217	18.865	7.414	4.710
<i>P</i> 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01



①②③术前三维 CT 及 X 线片示不稳定性骨盆骨折;④⑤3D 打印骨盆骨折模型图像;⑥术后 X 线片示骨折复位良好

图 1 经皮置钉组典型病例 3D 打印模型图像及手术前后影像

表 5 两组血清学指标水平比较($\bar{x} \pm s$)

组别	CK(μ /L)		Myo(ng/mL)		LDH(μ /L)	
	术前	术后	术前	术后	术前	术后
经皮置钉组(<i>n</i> = 47)	236.54 ± 25.18	310.84 ± 36.42*	103.71 ± 18.51	165.44 ± 29.47*	116.14 ± 16.32	149.31 ± 26.92*
切开复位组(<i>n</i> = 33)	235.41 ± 29.34	346.16 ± 36.17*	105.43 ± 18.33	183.69 ± 28.13*	114.66 ± 16.07	164.56 ± 26.33*
<i>t</i> 值	0.185	4.282	0.411	2.778	0.402	2.517
<i>P</i> 值	0.854	<0.01	0.682	0.007	0.689	0.014

* 与术前比较, $P<0.05$

表 6 两组手术并发症比较[n(%)]

组别	神经损伤	下肢深静脉栓塞	切口感染	总发生率
经皮置钉组(n=47)	1(2.13)	0	1(2.13)	2(4.26)
切开复位组(n=33)	2(6.06)	1(3.03)	2(6.06)	5(15.15)
χ^2 值	2.883			
P 值	0.090			

完全性骨折伴移位,严重者可伴膀胱、尿道、子宫破裂等^[10]。传统治疗方式如复位钢板内固定术,其可直接观察到损伤区域复位骨折,但手术创口较大、软组织暴露过多,术中很可能损伤血管和神经,预后效果并不理想。目前,3D 打印导板辅助经皮置钉内固定术逐渐应用于临床治疗不稳定性盆骨骨折^[11]。术前通过在三维重建骨盆模型上模拟螺钉植入,确定螺钉入点、轨迹和方向,预估螺钉直径及长度并设计出相应导板,术中将导板与骨皮质紧密贴合,按照术前设计进行手术,可极大提高植钉导向性,减少损伤重要血管神经的可能性,并缩短手术用时^[12]。

本研究比较分析两组患者围术期指标和创伤因子水平,结果发现经皮置钉组患者围术期指标及 CK、Myo、LDH 水平均显著低于切开复位组,说明 3D 打印技术优化了手术流程,并避免了不必要的试错过程,有助于减少手术创伤,缩短患者恢复周期。术前个性化模型构建可大为缩短术中塑形时间、减少出血量。吴超等^[2]研究发现 3D 打印辅助不稳定性盆骨骨折内固定术有助于骶髂螺钉精确植入,可缩短手术时间、减少术中出血量和透视次数,骨折复位质量与切开复位钢板内固定术相比差异无统计学意义。本研究对两组患者临床疗效及复位质量的比较结果显示,经皮置钉组总有效率、复位质量优秀率及复位质量良好率均高于切开复位组。切开复位内固定手术中常用 C 臂 X 线机透视导针位置并对其进行调整,但由于不同透视角度所观察到的导针位置有一定偏差,通常需经过反复调整才可到达理想位置,极大延长了手术时间,且反复调整导针位置可能妨碍后续进针,导致置钉失败,因此接受切开复位内固定术患者预后通常较不理想。3D 打印技术可通过体外导板的使用实现精确置钉,达到理想的复位效果。吴超等^[13]研究结果提示,3D 打印技术辅助骶髂关节螺钉置入联合前环钉棒系统治疗不稳定性盆骨骨折可使骶髂螺钉更安全置入,且有利于术后恢复。姚生等^[14]研究结果表明,体外导板辅助经皮微创置钉可提高置钉精度,减少术中透视次数。胡芯源等^[7]研究发现,3D 打印技术辅助经皮置钉可减少手术并发症发生率。本研究结果与其不同,可能是本研究样本量较小的缘故。

总之,3D 打印辅助经皮置钉与切开复位比较,治疗不稳定性盆骨骨折临床效果更好,可提高骨折复位质量,减少手术时间、创伤,缩短术后恢复时间。3D 打印技术为骨折微创治疗提供了新思路、新方法,但同时对手术医师提出了较高的技术要求。本研究不足在于样本量较小且缺乏远期随访数据,后续仍需样本量更大、更全面研究予以佐证。

[参考文献]

- [1] 中华医学会骨科学分会创伤骨科学组,中华医学会骨科学分会外固定与肢体重建学组,中华医学会创伤学分会,等. 中国盆骨骨折微创手术治疗指南(2021)[J]. 中华创伤骨科杂志, 2021,23:4-14.
- [2] 吴超,邓佳燕,谭伦,等. 3D 打印技术辅助不稳定性盆骨骨折手术疗效分析[J]. 中国修复重建外科杂志, 2019, 33: 455-461.
- [3] 宋远征,杜春雨,林峰,等. 经皮内置钉棒技术治疗不稳定骨盆环骨折[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2018,33:1052-1054.
- [4] 马腾,魏代好,寇涛,等. 改良 Galveston 技术结合 3D 打印治疗垂直不稳定骨盆骨折的效果[J]. 宁夏医科大学学报, 2022,44:286-290.
- [5] Oh HK, Choo SK, Kim JJ, et al. Stoppa approach for anterior plate fixation in unstable pelvic ring injury[J]. Clin Orthop Surg, 2016, 8:243-248.
- [6] 杨新明,张瑛,孟宪勇. 骨与关节损伤[M]. 北京:科学技术文献出版社, 2012:46-47.
- [7] 胡芯源,杨德猛,王长庚. 3D 打印技术辅助经皮置钉与钢板内固定在不稳定性盆骨骨折中近、远期疗效对比[J]. 中国老年学杂志, 2023,43:3689-3691.
- [8] 张国旭,曾剑波,李静,等. 骨科机器人辅助与徒手经皮骶髂螺钉固定治疗骨盆后环骨折比较的 Meta 分析[J]. 中国组织工程研究, 2024,28:2932-2938.
- [9] 时程程,李腾飞. 非急性颅内动脉闭塞介入开通的治疗现状与研究进展[J]. 介入放射学杂志, 2023,32:1143-1149.
- [10] 阿力木·克热木,梁志林,帕孜拉·艾拉,等. 多层螺旋 CT 联合 3D 打印在旋转不稳定性盆骨骨折治疗中的应用[J]. 中国组织工程研究, 2023,27:4345-4350.
- [11] 秦斌卫,吴超,曾柏方,等. 导板辅助与徒手骶髂钉固定不稳定性盆骨骨折[J]. 中国矫形外科杂志, 2023,31:1633-1638.
- [12] 沈亚骏,范磊,王云华. 3D 打印技术辅助 Stoppa 入路手术治疗不稳定性盆骨骨折合并髌臼骨折的临床研究[J]. 临床和实验医学杂志, 2019,18:741-744.
- [13] 吴超,邓佳燕,谭伦,等. 3D 打印技术辅助骶髂关节螺钉置入联合前环钉棒系统治疗不稳定性盆骨骨折[J]. 中华创伤骨科杂志, 2018,20:986-992.
- [14] 姚升,郭晓东,刘佳,等. 3D 打印个性化体外导板辅助经皮微创置钉治疗盆骨髌臼骨折[J]. 中华创伤骨科杂志, 2019, 21:471-477.

(收稿日期:2024-01-08)

(本文编辑:谷珂)