

· 临床研究 ·

3D 打印经皮手术导板在股骨颈骨折闭合复位空心螺钉内固定术中的应用

王清泽, 罗明星, 曾帅, 鲍军国, 罗文礼, 袁凯宗, 劳立峰
(宁波市杭州湾医院骨科, 浙江 宁波 315000)

【摘要】 目的:探讨 3D 打印经皮手术导板在股骨颈骨折闭合复位空心螺钉内固定术中的应用效果。方法:回顾分析 2019 年 3 月至 2022 年 3 月收治的 12 例股骨颈骨折患者临床资料。根据手术方案不同将患者分为观察组和对照组,各 6 例。观察组行经皮手术导板辅助闭合复位空心螺钉内固定术,对照组行闭合复位空心加压螺钉内固定术。比较两组患者手术操作时间、术中出血量、透视次数、克氏针穿刺次数,术后复查 X 线片记录螺钉位置分布、随访时间、骨折完全愈合时间、术后 1 年髋关节 Harris 评分及并发症发生情况。**结果:**观察组手术操作时间(32.17±6.18) min 短于对照组(53.83±7.31) min($P<0.05$);观察组术中出血量(18.33±2.94) ml 小于对照组(38.17±5.56) ml($P<0.05$);观察组透视次数(7.50±1.05)次少于对照组(21.00±4.82)次($P<0.05$);观察组克氏针穿刺次数(8.00±0.63)次少于对照组(32.67±3.08)次($P<0.05$)。观察组随访时间(12.88±0.74)个月,对照组(12.83±0.72)个月,两组差异无统计学意义($P>0.05$)。观察组术后 1 年髋关节 Harris 评分(82.00±4.52)分,对照组(81.00±3.41)分,两组差异无统计学意义($P>0.05$)。观察组骨折完全愈合时间(7.50±1.05)个月,对照组(7.67±1.21)个月,两组差异无统计学意义($P>0.05$)。观察组螺钉相互平行度正位(0.50±0.11)°、侧位(0.76±0.15)°,均低于对照组正位(1.57±0.31)°、侧位(1.87±0.21)°($P<0.05$)。观察组螺钉分布面积比(0.13±0.02) cm² 高于对照组(0.08±0.01) cm²($P<0.05$)。两组术后均无股骨头坏死、骨折不愈合、股骨颈短缩、内固定物退钉等并发症发生。**结论:**应用 3D 打印经皮手术导板提高了股骨颈骨折闭合复位空心螺钉内固定术的准确性及安全性,具有微创、减少射线暴露、快速、精准等优势,缩短了手术时间,减少了术中出血量。

【关键词】 股骨颈骨折; 闭合复位; 空心螺钉; 内固定; 3D 打印; 经皮手术导板

中图分类号:R687.3

DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2023.03.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Application of 3D printing percutaneous guide plate in closed reduction and cannulated screw internal fixation of femoral neck fracture

WANG Qing-ze, LUO Ming-xing, ZENG Shuai, BAO Jun-guo, LUO Wen-li, YUAN Kai-zong, LAO Li-feng (Department of Orthopaedics, Ningbo Hangzhou Bay Hospital, Ningbo 315000, Zhejiang, China)

ABSTRACT Objective To investigate the application of 3D printing percutaneous surgical guide plate in closed reduction and cannulated screw internal fixation of femoral neck fracture. **Methods** The clinical data of 12 patients with femoral neck fracture from March 2019 to March 2022 were retrospectively analyzed. Patients were divided into observation group and control group according to different operation plans, with 6 cases in each group. The observation group received percutaneous operation guide plate assisted closed reduction and hollow screw internal fixation, while the control group received closed reduction and hollow compression screw internal fixation. The operation time, intraoperative blood loss, fluoroscopy times, and Kirschner needle puncture times were compared between two groups. The location of screws were recorded on postoperative X-ray films, follow-up time, time of complete fracture healing, Harris score of hip joint and the incidence of complications were recorded on postoperative X-ray films. **Results** The operation time of observation group (32.17±6.18) min was shorter than that of control group (53.83±7.31) min ($P<0.05$). The amount of intraoperative bleeding in the observation group (18.33±2.94) ml was less than that in the control group (38.17±5.56) ml ($P<0.05$). The times of fluoroscopy in the observation group (7.50±1.05) were less than those in the control group (21.00±4.82) ($P<0.05$). The number of Kirschner needle punctures (8.00±0.63) in observation group was less than that in control group (32.67±3.08) ($P<0.05$). The follow-up time was (12.88±0.74) months in observation group and (12.83±0.72) months in control group, there was no significant difference between two groups

基金项目:宁波市医学科技计划项目(编号:2019Y27)

Fund program: Ningbo Medical Science and Technology Plan (No. 2019Y27)

通讯作者:罗明星 E-mail: drstarlo@163.com

Corresponding author: LUO Ming-xing E-mail: drstarlo@163.com

($P>0.05$). One year after operation, Harris score of hip joint in the observation group was (82.00±4.52) points, while that in the control group was (81.00±3.41) points, there was no significant difference between two groups ($P>0.05$). The time of complete fracture healing in the observation group was (7.50±1.05) months, while that in the control group was (7.67±1.21) months, there was no significant difference between two groups ($P>0.05$). The parallelism of the screws in the observation group was (0.50±0.11) ° and (0.76±0.15) °, which were lower than that in the control group (1.57±0.31) ° and (1.87±0.21) ° ($P<0.05$). The screw distribution area ratio (0.13±0.02) cm² in the observation group was higher than that in the control group (0.08±0.01) cm² ($P<0.05$). No complications such as necrosis of femoral head, nonunion of fracture, shortening of femoral neck and withdrawal of internal fixation occurred in both groups. **Conclusion** The application of 3D printing percutaneous surgical guide plate improves the accuracy and safety of closed reduction and cannulated screw internal fixation for femoral neck fracture. It has the advantages of minimally invasive, reducing radiation exposure, fast and accurate, shortening the operation time and reducing intraoperative bleeding.

KEYWORDS Femoral neck fracture; Closed reduction; Cannulated screw; Internal fixation; 3D printing; Percutaneous surgical guide

对于年龄<65 岁的股骨颈骨折的患者手术保留股骨头被认为是首选治疗方法^[1-2],其中选择固定方式及如何固定是其中一种措施^[3]。目前在临床上常使用置入 3 枚成“倒品字形”平行排列的空心加压螺钉这种术式治疗这类股骨颈骨折并能取得不错的疗效^[4],但目前的手术方案是术中在 C 形臂 X 线透视下切开或经皮置入空心加压螺钉,该过程极度依靠术者的个人经验及技术水平,不同术者乃至不同时间不同螺钉固定的位置都不同,结果是反复多次透视,克氏针多次调整穿刺,导致手术时间延长,股骨颈结构遭到医源性损伤,更严重的是损伤周围脏器,可能螺钉的植入位置依然不佳,术后有骨折断端移位、螺钉切出、股骨头坏死等风险,手术过程中随机不确定性较大、可控性较差^[5-6]。临床上迫切需要结合新理念及新技术制作可靠、快速的新型辅助设备来改进手术技术避免减少上述缺陷。本研究基于精准医疗的理念^[7],利用先进的三维工程软件^[8]及 3D 打印技术^[9]制作的个性化经皮手术导板在股骨颈骨折闭合复位空心螺钉内固定术中取得了较为满意的效果,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:新鲜闭合性单侧股骨颈骨折,不伴其

他部位损伤;位于头下或颈中的 Pauwels I 型或 II 型股骨颈骨折;年龄<65 岁;伤前能行动者;行股骨颈骨折闭合复位空心螺钉内固定术,手术顺利;治疗及随访依从性高,随访数据完整齐全。本研究经医院伦理委员会批准(编号:WYLS2021-04)。

排除标准:患有严重心、肺、脑血管疾病、下肢动静脉栓塞、精神状态异常、树脂等化工材料类过敏者;近期有严重感染;无法行动者;股骨颈疲劳性骨折、病理性骨折;合并患侧下肢其他部位骨折、髌白及骨盆多发粉碎性骨折者;术中转其他术式。

1.2 一般资料

回顾性分析 2019 年 3 月至 2022 年 3 月宁波市杭州湾医院收治的新鲜闭合性单侧股骨颈骨折患者,通过上述研究方法中的纳入标准及排除标准,共纳入股骨颈骨折病例 12 例,根据手术方案不同将患者分为观察组和对照组,各 6 例。其中男 7 例,女 5 例;年龄 54~66 岁。骨折位置:颈中型 9 例,头下型 3 例。Pauwels 分型^[10]: I 型 5 例, II 型 7 例。两组患者的年龄、性别、身体质量指数、损伤侧别、骨折部位、Pauwels 分型等术前一般资料比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。见表 1。

1.3 方法

1.3.1 导板设计及制作 按照手术体位(仰卧位患

表 1 两组股骨颈骨折患者一般资料比较

Tab.1 Comparison of general data of patients with femoral neck fracture between two groups

组别	例数	年龄($\bar{x}\pm s$)/岁	性别/例		身体质量指数 ($\bar{x}\pm s$)/(kg·m ⁻²)	损伤侧别/例		按骨折部位分型/例		Pauwels 分型/例	
			男	女		左	右	头下型	颈中型	I 型	II 型
观察组	6	61.00±3.22	4	2	24.27±0.73	3	3	1	5	2	4
对照组	6	60.50±4.09	3	3	24.10±0.76	2	4	2	4	3	3
<i>t</i> 值		0.235			0.386						
<i>P</i> 值		0.819		1.000 ^a	0.708		1.000 ^a		1.000 ^a		1.000 ^a

注:^a使用 Fisher 检验

肢伸直髌骨朝上)并在患侧股骨皮肤上贴上(安影医疗)显影贴,拍摄采集患者股骨薄层 CT 扫描 Dicom 格式数据,利用 Mimics Research 21.0 软件(Materialise 公司,比利时)、Unigraphics NX (Siemens PLM Software,美国)等三维设计软件,建立股骨颈骨折患者数字模型:首先将患者 CT 扫描数据导入 Mimics Research 21.0 软件中,灰度值设定为 bone,利用区域生长功能生成股骨、髌骨、皮肤以及显影贴三维模型,在显影贴上选取 3 个标记点,组成一个三角形,并垂直股骨干做直线,使用管以及偏置面等功能逆向设计出定位通道套管。再将该模型导入 Unigraphics NX 软件中在 Unigraphics NX 软件中先行计算机模拟骨折端复位(预留 5 mm 复位误差),并设计 3 枚置钉位置。钉道位置应满足将事先根据 6.5 mm 或者 7.3 mm 空心钉实际测绘数据绘制的空心钉三维模型按照“倒品字形”钉道平行置入形成的三角构型,空心钉螺纹边缘尽可能紧贴至外层骨皮质下 5 mm,螺钉尖距股骨头关节面 5~10 mm,根据放置好的空心钉空间位置,应用参考几何体命令取空心钉的中轴线再生成同心圆,使用管以及偏置面等功能逆向设计出空心钉导针通道套管。然后利用快速造面功能在皮肤表面,逆向设计出经皮导板的底面,该底面要求完全服帖于皮肤表面且大小范围包含以上部件,使用加厚功能给曲面赋予厚度 2.5 mm,最后运用布尔运算将以上部件组合为整体形成经皮导板。导板底面以股骨近端上面皮肤数字模型中的点云为参照,直接反求生成,故其与患者实际股骨近端骨皮肤面精准匹配。通过有限元分析优化导板,选取出性能最佳构型的导板,最后利用 3D 打印技术(上海数造 3DL600 型打印机)制造出经皮导板及患侧股骨 1:1 模型,见图 1。

术前在 3D 打印模型上进行手术预演,验证经皮导板的精确度,在 3D 模型模拟测试结果示患者的置钉角度、深度、位置均与术前计算机设计方案基本一致。将该导板送宁波市杭州湾医院消毒供应室,采用环氧乙烷气体消毒或者等离子消毒。

1.3.2 观察组手术操作 观察组行经皮手术导板辅助股骨颈骨折闭合复位空心螺钉内固定术(见图 2)。麻醉生效后,常规消毒铺巾,患者取仰卧于骨科手术牵引床患肢伸直髌骨朝上,参照皮肤表面标记点,导板通过定位通道垂直于股骨干置入的 2.5 mm 克氏针固定在患者皮肤上,在克氏针周围做皮肤切口。牵引下手法闭合复位并维持,C 形臂 X 线机透视复位良好后,使用 2.5 mm 克氏针通过空心钉导针通道套管钻入,透视见导针位置良好后,去除定位通道的克氏针和导板,攻丝测深后,放松牵引架空

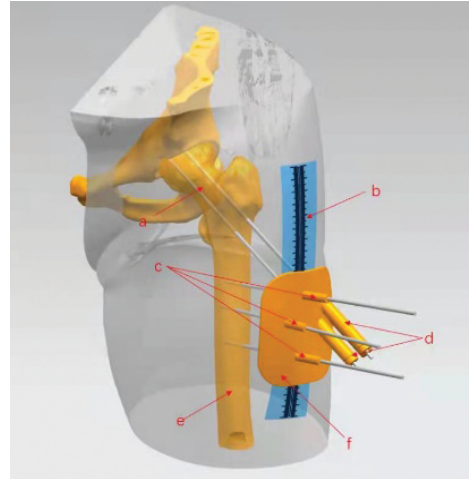


图 1 经皮导板设计、制作及操作(根据显影贴 b 术前皮肤定位,通过定位通道 c 向股骨 e 钻入克氏针,放置经皮导板 f,股骨颈骨折复位 a,C 形臂 X 线透视良好,空心钉导针通道套管 d 钻入克氏针,拧入空心螺钉)

Fig.1 Design,manufacture and operation of percutaneous guide plate According to the skin positioning (b) before the development patch, Kirschner wire was drilled into the femur (e) through the positioning channel(c),the percutaneous guide plate(f) was placed,the femoral neck fracture was reduced (a),the C-arm fluoroscopy was good,the hollow nail guide wire channel sleeve(d) was drilled into Kirschner wire ,and the hollow screw was screwed in

心接骨螺钉通过空心钉导针拧入,去除导针,透视观察骨折复位固定良好后,清洗缝合包扎伤口。对术中复位不满意患者,改行切开复位内固定治疗,本研究未见此类患者。

1.3.3 对照组手术操作 对照组行股骨颈骨折闭合复位空心加压螺钉内固定术(见图 3)。麻醉满意后,患者取仰卧位,患肢牵引复位,C 形臂 X 线机透视骨折复位良好后,沿股骨颈长轴呈倒三角经皮置入 3 枚克氏针,透视见克氏针位置良好,扩孔测深依次拧入 3 枚空心螺钉,放松牵引架加压 3 枚螺钉,透视观察骨折复位固定良好后清点手术器械及纱块无误后,清洗缝合包扎伤口。

1.3.4 术后处理 术后 12 h 后予以皮下注射低分子肝素抗凝、行肌肉静力性收缩锻炼预防深静脉血栓形成;术后可行踝泵运动;术后 72 h 内予以头孢唑林钠预防感染治疗。一般术后 3~4 个月禁止患肢下地负重,具体开始部分负重的时间依据于术后随访影像学检查结果确定。

1.4 观察项目与方法

观察指标由同一医生进行测量记录整理,包括:手术操作时间、术中出血量、透视次数、克氏针穿刺次数、术后 1 年髌关节 HARRIS^[1]制定的评分(Harris 评分)、骨折愈合时间及股骨头坏死、螺钉切出、



图 2 患者,女,66岁,左股骨颈骨折 2a,2b. 术前左髋关节正侧位 X 线片示左股骨颈骨折(头下型骨折,Pauwels II 型) 2c,2d. 行经皮手术导板辅助股骨颈骨折闭合复位空心螺钉内固定术后第 2 天左髋关节正侧位 X 线片示股骨颈骨折复位良好,螺钉位置可 2e,2f. 术后 1 年左髋关节正侧位 X 线片示股骨颈骨折愈合良好,无股骨头坏死,螺钉位置无明显移位

Fig.2 A 66-year-old female patient with left femoral neck fracture 2a,2b. AP and lateral X-rays of left hip joint showed fracture of the left femoral neck (infracapitular fracture,Pauwels II) 2c,2d. Closed reduction of femoral neck fracture assisted by percutaneous operation guide plate and cannulated screw internal fixation were performed. On the second day after operation, AP and lateral X-rays of the left hip joint showed

that the femoral neck fracture was well reduced,and the screw position was acceptable 2e,2f. One year after operation, AP and lateral X-rays of the left hip joint on anterior and lateral position showed the femoral neck fracture healed well without necrosis of the femoral head and no obvious displacement of the screw position



图 3 患者,男,50岁,左股骨颈骨折 3a,3b. 术前左髋关节正侧位 X 线片示左股骨颈骨折(颈中型骨折,Pauwels II 型) 3c,3d. 行股骨颈骨折闭合复位空心加压螺钉内固定术后第 2 天左髋关节正侧位 X 线片示股骨颈骨折复位良好,螺钉位置欠佳 3e,3f. 术后 1 年左髋关节正侧位 X 线片示股骨颈骨折愈合良好,无股骨头坏死,螺钉退钉

Fig.3 A 50-year-old male patient with left femoral neck fracture 3a,3b. AP and lateral X-rays of left hip joint showed fracture of left femoral neck (moderate neck fracture,Pauwels II) 3c,3d. Closed reduction of femoral neck fracture and cannulated compression screw internal fixation were performed. On the second day after the operation, AP and lateral X-rays of the left hip joint showed good reduction of femoral neck fracture and poor screw position 3e,3f. One year after operation, AP and lateral X-rays of the left hip joint showed that the femoral neck

fracture healed well without necrosis of the femoral head ,and the screws were removed

骨折不愈合等并发症发生情况;术后第 2 天复查 X 线记录螺钉位置分布:螺钉相互平行度:正侧位 X 线片中 3 枚螺钉与股骨干轴线夹角之差的平均值,以正位 X 线片为例,3 枚螺钉与股骨干轴线夹角分别为 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 ,则螺钉相互平行度= $(|\theta_1-\theta_2|+|\theta_1-\theta_3|+|\theta_2-\theta_3|)/3$ ^[12]。螺钉分布面积比通过垂直于股骨颈轴线的 CT 重建图像计算。术后 1 年采用 Harris 评分标准评价髋关节功能,从疼痛、功能、下肢畸形、髋关节活动范围等方面进行评价,满分为 100 分,>90 分为优,80~89 分为良,70~79 分为可,<70 分为差。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 20.0 软件进行数据统计分析。对定量资料进行正态分布检验,符合正态分布定量资料采用均值±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,两组比较采用独立样本 *t* 检验;非正态分布定量资料采用中位数(下 4 分位数,上 4 分位数)*M*(*P*₂₄,*P*₇₅)表示,两组比较采用 Mann-Whitney 检验。定性资料采用(例)表示,比较采用 Fisher 检验。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组螺钉分布情况对比

观察组螺钉相互平行度正位(0.50±0.11)°、侧位(0.76±0.15)°,均低于对照组的正位(1.57±0.31)°、侧位(1.87±0.21)°(*P*<0.05);观察组螺钉分布面积比为(0.13±0.02) cm²,高于对照组的(0.08±0.01) cm²(*P*<0.05)。见表 2。

2.2 两组术中及术后随访情况比较

观察组手术操作时间(32.17±6.18) min 短于对照组的(53.83±7.31) min(*P*<0.05);观察组术中出血量(18.33±2.94) ml 少于对照组的(38.17±5.56) ml(*P*<0.05);观察组透视次数(7.50±1.05)次少于对照

表 2 两组股骨颈骨折患者的螺钉分布情况对比($\bar{x}\pm s$)

Tab.2 Comparison of screw distribution between two groups of patients with femoral neck fracture($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	螺钉相互平行度/°		螺钉分布面积比/cm ²
		正位	侧位	
观察组	6	0.50±0.11	0.76±0.15	0.13±0.02
对照组	6	1.57±0.31	1.87±0.21	0.08±0.01
<i>t</i> 值		-7.918	-10.396	6.269
<i>P</i> 值		0.000	0.000	0.000

组的(21.00±4.82)次(*P*<0.05);观察组克氏针穿刺次数(8.00±0.63)次少于对照组的(32.67±3.08)次(*P*<0.05)。观察组随访时间(12.88±0.74)个月,对照组(12.83±0.72)个月,两组差异无统计学意义(*P*>0.05)。观察组骨折完全愈合时间(7.50±1.05)个月,对照组(7.67±1.21)个月,两组差异无统计学意义(*P*>0.05)。见表 3。

2.3 两组髋关节 Harris 评分比较

术后 1 年髋关节 Harris 评分观察组为(82.00±4.52)分,对照组为(81.00±3.41)分,两组差异无统计学意义(*P*>0.05),见表 4。

2.4 两组并发症对比

两组患者术后均无股骨头坏死、骨折不愈合、股骨颈短缩、内固定物退钉等并发症发生。

3 讨论

股骨颈骨折多于老年人跌倒后发生,随着工业、交通业的发展,中青壮年股骨颈骨折的发生率呈现升高趋势,由于股骨颈特殊的解剖结构,此类骨折血管供应经常受损,高能量损伤等原因更容易导致骨折患者的骨不连和股骨头坏死^[13]。相对微创和经济

表 3 两组股骨颈骨折患者术中及术后情况比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.3 Comparison of intraoperative and postoperative conditions of two groups of patients with femoral neck fracture($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	手术操作时间/min	术中出血量/ml	透视次数/次	克氏针穿刺次数/次	随访时间/月	骨折完全愈合时间/月
观察组	6	32.17±6.18	18.33±2.94	7.50±1.05	8.00±0.63	12.88±0.74	7.50±1.05
对照组	6	53.83±7.31	38.17±5.56	21.00±4.82	32.67±3.08	12.83±0.72	7.67±1.21
<i>t</i> 值		-5.547	-7.717	-6.708	-19.235	0.118	-0.255
<i>P</i> 值		0.000	0.000	0.000	0.000	0.908	0.804

表 4 两组股骨颈骨折患者术后 1 年髋关节 Harris 评分比较

Tab.4 Comparison of Harris hip score 1 year after operation of two groups of patients with femoral neck fracture

组别	例数	疼痛($\bar{x}\pm s$)	功能($\bar{x}\pm s$)	下肢畸形 <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)	关节活动度 <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)	总分($\bar{x}\pm s$)
观察组	6	37.67±2.07	37.17±2.14	4(3,4)	3.5(3,4)	82.00±4.52
对照组	6	37.33±1.37	36.50±3.56	4(3.75,4)	3(3,4)	81.00±3.41
检验值		<i>t</i> =0.33	<i>t</i> =0.393	<i>Z</i> =-0.638	<i>Z</i> =-0.561	<i>t</i> =0.433
<i>P</i> 值		0.748	0.703	0.523	0.575	0.674

单位:分

的闭合复位空心螺钉内固定术已成为青壮年、无明显移位中老年股骨颈骨折的常规治疗方法^[14-15]。

生物力学试验证实,3枚平行空心螺钉固定实现骨折断端的加压,有利于骨折的愈合,具有良好的抗剪切力、抗弯曲力、抗旋转力和抗轴心应力,可避免因切开导致骨折端周围血运的破坏^[16]。该技术的最佳钉道位置要求紧贴内侧骨皮质,与股骨颈轴线方向一致且相互平行、成倒“品”字分布^[17-18]。由于3枚空心加压螺纹钉内固定各钉间截面呈三角形,扩大了固定的截面积,增加了稳定性,具备良好的抗旋转能力,且钉体小,对骨组织破坏小,不损伤股骨颈周围组织,对股骨头残存血供影响小。但是如果放置不到位及分布不佳,影响固定的截面积、稳定性、抗旋转能力,其支持作用降低,而且会有钉头切出、松动、断裂、血供破坏、髓内翻畸形及骨折移位等风险。

为此手术需辅助定位方法,临床除临床常用的X线外存在其他辅助工具,如导针定位器定位^[6]、设备厂家提供的通用导针定位器^[19]、计算机辅助导航^[12]、手术机器人辅助^[20-22]等,这些辅助定位系统各有利弊,术中X线设备价格便宜且骨科手术室常备,容易开展,反复透视,射线吸收量大,术中操作不流畅,螺钉控制性差;计算机辅助导航定位精准,术中操作灵活,但其硬件投资大,学习曲线长,安装定位装置造成二次损伤;手术机器人是新兴起的术中定位手段,其定位精准,克服人手抖动,但价格极其昂贵,应用面狭窄。

近年来,在骨科领域中数字医学技术逐渐兴起,利用3D打印技术可以实现术前规划精准制作出带有最佳入针点导向孔的导向模板并能运用于手术中^[23]。对于一些对钉道位置准确性要求较高部位的手术,具有极大的帮助作用,而应用于股骨颈骨折的导航模板技术文献报道较少,目前临床为达到导板与骨面的准确贴合过程需要做较大的手术切口和剥离较大范围的软组织,因此设计一款微创、准确、操作简单、利于推广的股骨颈骨折闭合复位空心钉内固定辅助的经皮导向板。本研究结果示,该新型经皮手术导板提高了股骨颈骨折闭合复位空心螺钉内固定术的准确性、便利性及安全性,经皮肤小切口操作,缩短了手术时间,减少了术中出血量,提高了置钉的准确性,操作简便易于掌握,降低了术后并发症的发生率,具有一定的临床推广应用价值。

目前尚无该新型经皮手术导板辅助股骨颈骨折闭合复位空心钉内固定术的相关报道,不同于各种贴合股骨近端骨面手术导板^[24-26],操作亦不同于“U”形经皮手术导航器^[27],在股骨颈骨折空心钉内固定术中的操作需做较大的手术切口和剥离较大范围的

软组织显露所需贴合骨面。该新型经皮手术导板操作是参照皮肤表面标记点通过定位通道垂直于股骨干置入克氏针固定在患者皮肤上,建立起导板与股骨的联系,使导板与股骨的相对位置不变,还需对定位通道的克氏针周围做皮肤切口后,再对股骨颈骨折进行闭合复位,利用术前设计定位通道与安置钉要求制作的置钉通道的关系,复位透视位置满意后,沿空心钉导针通道打入克氏针,透视见导针位置可靠后,去除定位通道的克氏针和导板,攻丝后,空心接骨螺钉通过空心钉导针拧入,去除导针清洗缝合包扎伤口。

但在临床实践中存在一些注意事项:选取的皮肤表面标记点应靠近股骨近端,使导板底面大小合适;确保皮肤标记点明晰;设计定位通道成三角形使导板更稳固;由于皮肤延展性,不同体位下标记点可能变化,因此利用标记点通过定位通道打克氏针时应保持拍CT时的体位(仰卧位患肢伸直髌骨朝上);通过定位通道的克氏针使导板与股骨的相对位置不变,此时对股骨颈骨折进行闭合复位时,骨的复位和复位牵引势必导致皮肤相对固定于骨干的克氏针移动,因此需在定位通道的克氏针周围做皮肤切口使克氏针受到的张力减少;置钉要求应满足将事先根据6.5 mm或7.3 mm空心钉实际测绘数据绘制的空心钉三维模型按照倒三角形钉道平行置入形成的三角构型,空心钉螺纹边缘尽可能紧贴至外层骨皮质下5 mm,螺钉尖距股骨头关节面5~10 mm;设计制作克氏针与定位通道套管和空心钉导针通道套管紧密匹配且套管不宜太短;手术操作中应保持克氏针的笔直性以确保导板的相对位置准确。

本研究目前存在一定局限性:应用病例数较少,随访时间较短,尚无法对远期效果进行准确评价,下一步将扩大样本数量及延长随访时间加以验证。

综上所述,经皮手术导板提高了股骨颈骨折闭合复位空心螺钉内固定术的准确性及安全性,具有微创、减少射线暴露、快速、精准等优势,缩短了手术时间,减少了术中出血量,值得临床推广应用。

参考文献

- [1] CAMPENFELDT P, HEDSTROM M, EKSTROM W, et al. Good functional outcome but not regained health related quality of life in the majority of 20-69 years old patients with femoral neck fracture treated with internal fixation[J]. *Injury*, 2017, 48(12): 2744-2753.
- [2] 何晓君, 徐红伟, 季康, 等. 股骨颈骨折2枚空心螺钉内固定的力学稳定性研究[J]. *中国骨伤*, 2016, 29(11): 994-1000.
HE X J, XU H W, JI K, et al. Study on biomechanical stability in simulated femoral neck fracture fixation by two cannulated screws [J]. *China J Orthop Traumatol*, 2016, 29(11): 994-1000. Chinese.
- [3] WONGWAI T, WAJANAVISIT W, WORATANARAT P. Non-union and avascular necrosis of delayed reduction and screw fixation in

- displaced femoral neck fracture in young adults[J]. J Med Assoc Thai, 2012, 95(Suppl 10):S120-S127.
- [4] LI J T, WANG M L, ZHOU J F, et al. Finite element analysis of different screw constructs in the treatment of unstable femoral neck fractures[J]. Injury, 2020, 51(4):995-1003.
- [5] MEI J, LIU S W, JIA G Y, et al. Finite element analysis of the effect of cannulated screw placement and drilling frequency on femoral neck fracture fixation[J]. Injury, 2014, 45(12):2045-2050.
- [6] YIN W J, XU H T, XU P J, et al. A novel guidewire aiming device to improve the accuracy of guidewire insertion in femoral neck fracture surgery using cannulated screw fixation[J]. Med Sci Monit, 2016, 22:2893-2899.
- [7] KÖNIG I R, FUCHS O, HANSEN G, et al. What is precision medicine[J]. Eur Respir J, 2017, 50(4):1700391.
- [8] PAPAGELOPOULOS P J, SAVVIDOU O D, KOUTSOURADIS P, et al. Three-dimensional technologies in orthopedics[J]. Orthopedics, 2018, 41(1):12-20.
- [9] LAL H, PATRALEKH M K. 3D printing and its applications in orthopaedic trauma: a technological marvel[J]. J Clin Orthop Trauma, 2018, 9(3):260-268.
- [10] BARTONICEK J. Pauwels' classification of femoral neck fractures: correct interpretation of the original[J]. J Orthop Trauma, 2001, 15(5):358-360.
- [11] HARRIS W H. Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation[J]. J Bone Joint Surg Am, 1969, 51(4):737-755.
- [12] LIEBERGALL M, BEN-DAVID D, WEIL Y, et al. Computerized navigation for the internal fixation of femoral neck fractures[J]. J Bone Joint Surg Am, 2006, 88(8):1748-1754.
- [13] 刘冠虹, 吉万波, 刘锦涛, 等. 股骨颈骨折内固定术后股骨头坏死的相关因素分析及生活质量评价[J]. 中国骨伤, 2020, 33(8):750-757.
- LIU G H, JI W B, LIU J T, et al. Analysis of related factors and evaluation of quality of life of osteonecrosis of femoral head after internal fixation of femoral neck fracture[J]. China J Orthop Traumatol, 2020, 33(8):750-757. Chinese.
- [14] ZHANG Y L, YAN C, ZHANG L C, et al. Comparison of ordinary cannulated compression screw and double-head cannulated compression screw fixation in vertical femoral neck fractures[J]. Biomed Res Int, 2020, 2020:2814548.
- [15] WIDHALM H K, ARNHOLD R, BEIGLICK H, et al. A comparison of dynamic hip screw and two cannulated screws in the treatment of undisplaced intracapsular neck fractures-two-year follow-up of 453 patients[J]. J Clin Med, 2019, 8(10):1670.
- [16] AUGAT P, BLIVEN E, HACKL S. Biomechanics of femoral neck fractures and implications for fixation[J]. J Orthop Trauma, 2019, 33(Suppl 1):S27-S32.
- [17] YANG J J, LIN L C, CHAO K H, et al. Risk factors for nonunion in patients with intracapsular femoral neck fractures treated with three cannulated screws placed in either a triangle or an inverted triangle configuration[J]. J Bone Joint Surg Am, 2013, 95(1):61-69.
- [18] LI J T, WANG M L, ZHOU J F, et al. Optimum configuration of cannulated compression screws for the fixation of unstable femoral neck fractures: finite element analysis evaluation[J]. Biomed Res Int, 2018, 2018:1271762.
- [19] XIA S L, WANG Z P, WANG M H, et al. Self-designed femoral neck guide pin locator for femoral neck fractures[J]. Orthopedics, 2014, 37(1):e19-e23.
- [20] ZHU Z D, XIAO C W, TAN B, et al. TiRobot-assisted percutaneous cannulated screw fixation in the treatment of femoral neck fractures: a minimum 2-year follow-up of 50 patients[J]. Orthop Surg, 2021, 13(1):244-252.
- [21] WAN L, ZHANG X Y, WU D L, et al. Application of robot positioning for cannulated screw internal fixation in the treatment of femoral neck fracture: retrospective study[J]. JMIR Med Inform, 2021, 9(1):e24164.
- [22] HE M, HAN W, ZHAO C P, et al. Evaluation of a Bi-planar robot navigation system for insertion of cannulated screws in femoral neck fractures[J]. Orthop Surg, 2019, 11(3):373-379.
- [23] LU S, XIN X, HUANG W H, et al. Progress in clinical application of 3D printed navigational template in orthopedic surgery[J]. Nan Fang Yi Ke Da Xue Xue Bao, 2020, 40(8):1220-1224.
- [24] 郝申申, 王延峰, 刘志斌, 等. 3D 打印导航模板辅助股骨颈骨折空心钉置入的应用价值[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2018, 33(4):384-386.
- HAO S S, WANG Y F, LIU Z B, et al. Application value of 3D printed navigation template for cannulated screw placement in femoral neck fracture[J]. China J Bone Joint Injury, 2018, 33(4):384-386. Chinese.
- [25] 郑朋飞, 唐凯, 王黎明, 等. 3D 打印个体化手术导航模板在儿童股骨颈骨折中的应用[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2016, 31(11):863-866.
- ZHENG P F, TANG K, WANG L M, et al. Surgical technique of cannulated screw and locking compression pediatric hip plate placement guided by 3D printing template in pediatric femoral neck fracture[J]. China J Appl Clin Pediatr, 2016, 31(11):863-866. Chinese.
- [26] ZHENG P F, YAO Q Q, XU P, et al. Application of computer-aided design and 3D-printed navigation template in Locking Compression Pediatric Hip Plate™ placement for pediatric hip disease[J]. Int J CARS, 2017, 12(5):865-871.
- [27] 陈亮, 高大伟, 吴宇峰, 等. 基于三维逆向设计的 U 形经皮手术导航器在股骨颈骨折空心钉内固定术中的应用[J]. 中华创伤骨科杂志, 2017, 19(11):966-972.
- CHEN L, GAO D W, WU Y F, et al. Application of U-shaped transdermal surgical navigator based on three-dimensional reverse design in cannulated screwing for femoral neck fracture[J]. Chin J Orthop Trauma, 2017, 19(11):966-972. Chinese.