

骨科手术机器人辅助与传统透视下经皮骶髂螺钉置入的优劣分析

https://doi.org/10.12307/2022.442

李灿辉, 吴征杰, 曾焰辉, 何影浩, 司徒晓鹏, 杜雪莲, 洪石, 何家雄

投稿日期: 2021-05-14

送审日期: 2021-05-18

采用日期: 2021-07-22

在线日期: 2021-09-27

中图分类号:

R459.9; R318; R683.3

文章编号:

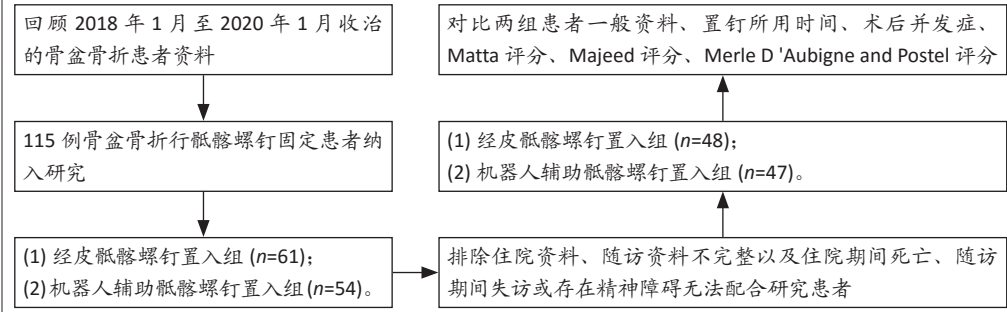
2095-4344(2022)09-01434-05

文献标识码: A

文章快速阅读:

文章特点一

△对比传统透视下置入骶髂螺钉, 发现机器人辅助置入骶髂螺钉具有更好的安全性和高效性。



文题释义:

骨盆骨折: 骨盆部位的骨质连续性和完整性受到破坏, 其多由直接暴力使骨盆受到挤压所导致。低能量损伤所致的骨折, 大多不会破坏骨盆环的稳定, 但是中高能量的损伤, 骨盆环受到破坏的同时, 会合并广泛的软组织损伤、盆腔脏器损伤及其他骨骼的损伤。

经皮骶髂螺钉固定: 骨盆骨折后, 骶髂关节分离, 骨盆后环稳定性遭到破坏, 需行骶髂螺钉固定, 而传统透视下经皮骶髂螺钉固定时, 螺钉置入偏离发生率高。螺钉置入的偏离可能会导致置入相关的神经血管并发症。针对这一情况, 导航技术应运而生。该技术具有降低放射时间、增加螺钉置入的安全性、降低置入螺钉的返修率等优点。

摘要

背景: 骨盆骨折患者常伴有骶髂关节分离, 而治疗此病症最为有效的手术方式便是置入骶髂螺钉。目前常用的置钉方式主要为手术医师在透视下徒手置入, 准确性及安全性较差, 且术后螺钉位置与手术医师的经验息息相关。骨科手术机器人辅助下骶髂螺钉置入是近年来较为先进的手术方式, 但因机器人造价较高, 临床普及应用较为有限, 因此, 其手术安全性及可靠性目前存有较多争议。

目的: 探讨机器人辅助下骶髂螺钉置入的临床效果。

方法: 回顾2018年1月至2020年1月于佛山市中医院治疗的95例骨盆骨折患者, 其中采用经皮骶髂螺钉置入48例, 采用机器人辅助骶髂螺钉置入47例, 比较两组患者骶髂螺钉置入所用手术时间、术后并发症发生例数、Matta评分、Majeed评分、Merle D'Aubigne and Postel评分。

结果与结论: ①机器人辅助骶髂螺钉置入组手术时间明显短于经皮骶髂螺钉置入组($P < 0.05$), 并发症发病率明显低于经皮骶髂螺钉置入组($P < 0.05$), 经皮骶髂螺钉置入组内固定失效5例, 骨折未愈合3例, 机器人辅助骶髂螺钉置入组骨折未愈合1例, 以上失败病例最终通过更换内固定达到愈合; ②机器人辅助骶髂螺钉置入组Matta评分、Majeed评分、Merle D'Aubigne and Postel评分优良率均明显高于经皮骶髂螺钉置入组($P < 0.05$); ③机器人辅助骶髂螺钉置入组透视时间为(7.2±1.5) s/次, 明显短于经皮骶髂螺钉置入组(25.7±7.6) s/次, 差异有显著性意义($P < 0.05$); ④结果表明, 机器人辅助下骶髂螺钉置入具有手术时间短、精确度高等优点。

关键词: 骨盆骨折; 骶髂螺钉; 手术机器人; 经皮螺钉置入; Matta评分; Majeed评分

Advantage and disadvantage of robot-assisted sacroiliac screw placement and traditional fluoroscopy in orthopedic surgery

Li Canhui, Wu Zhengjie, Zeng Yanhui, He Yinghao, Situ Xiaopeng, Du Xuelian, Hong Shi, He Jiaxiong

Foshan Hospital of Traditional Chinese Medicine, Foshan 528000, Guangdong Province, China

Li Canhui, Attending physician, Foshan Hospital of Traditional Chinese Medicine, Foshan 528000, Guangdong Province, China

Abstract

BACKGROUND: Patients with pelvic fractures are often accompanied by sacroiliac joint separation, and the most effective surgical treatment for this condition is the placement of sacroiliac screws. At present, the commonly used nail placement method is mainly for the surgeon to place it by hand under fluoroscopy. The accuracy and safety are poor, and the screw position after surgery is closely related to the experience of the surgeon. Orthopedic surgical robot-assisted sacroiliac screw placement is an advanced surgical method recently. However, due to the high cost of robots and limited clinical applications, there are currently many controversies regarding the safety and reliability of the operation.

OBJECTIVE: To investigate the clinical effect of robot-assisted sacroiliac screw placement.

佛山市中医院, 广东省佛山市 528000

第一作者: 李灿辉, 1981 年生, 广东省汕头市人, 2006 年南方医科大学毕业, 主治医师, 主要从事创伤骨科方面的研究。

https://orcid.org/0000-0003-2595-8672 (李灿辉)

引用本文: 李灿辉, 吴征杰, 曾焰辉, 何影浩, 司徒晓鹏, 杜雪莲, 洪石, 何家雄. 骨科手术机器人辅助与传统透视下经皮骶髂螺钉置入的优劣分析 [J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(9):1434-1438.



METHODS: A total of 95 patients with pelvic fractures treated in Foshan Hospital of Traditional Chinese Medicine from January 2018 to January 2020 were reviewed. Among them, 48 patients underwent percutaneous sacroiliac screw placement and 47 patients underwent robot-assisted sacroiliac screw placement. The operation time of sacroiliac screw placement, the number of postoperative complications, Matta score, Majeed score, and Merle D'Aubigne and Postel score were compared between the two groups.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) The operation time of the robot-assisted sacroiliac screw placement group was significantly shorter than that in the percutaneous sacroiliac screw placement group ($P < 0.05$). The incidence of complications was significantly lower in the robot-assisted sacroiliac screw placement group than that in the percutaneous sacroiliac screw placement group ($P < 0.05$). Five cases of internal fixation failure and three cases of fracture nonunion were found in the percutaneous sacroiliac screw placement group. One case of fracture nonunion was found in the robot-assisted sacroiliac screw placement group. The healing of the above cases was finally achieved by replacing internal fixation. (2) The excellent and good rates of Matta score, Majeed score, and Merle D'Aubigne and Postel score were significantly higher in the robot-assisted sacroiliac screw placement group than those in the percutaneous sacroiliac screw placement group ($P < 0.05$). (3) The fluoroscope time was significantly shorter in the robot-assisted sacroiliac screw placement group (7.2 ± 1.5) s/times than that in the percutaneous sacroiliac screw placement group (25.7 ± 7.6) s/times ($P < 0.05$). (4) The results showed that the robot-assisted sacroiliac screw placement had the advantages of short operation time and high accuracy.

Key words: pelvic fracture; sacroiliac screw; surgical robot; percutaneous screw placement; Matta score; Majeed score

How to cite this article: LI CH, WU ZJ, ZENG YH, HE YH, SITU XP, DU XL, HONG S, HE JX. Advantage and disadvantage of robot-assisted sacroiliac screw placement and traditional fluoroscopy in orthopedic surgery. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2022;26(9):1434-1438.

0 引言 Introduction

骨盆骨折是创伤骨科最为复杂的一类骨折类型，多因高能量损伤造成，其致死率高达 50%^[1]。对于 TileB、C 型骨盆骨折常伴有后环不稳，若对其不加处理任其畸形愈合，患者常遗留疼痛、下肢功能障碍等症状，因此，临床多采用手术固定使骨盆后环得以稳定。目前，稳定后环常用的方法为骶髂螺钉固定^[2]，但骨盆解剖复杂，一旦置钉位置发生偏移，易导致骨盆中脏器发生损伤，加重患者病情。手术机器人在创伤骨科领域的应用使置钉过程更加精确、安全。该研究将手术机器人辅助置钉与传统透视下置钉进行对比，拟探究手术机器人在骨盆骨折治疗中的优势。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 回顾性队列研究，分别采用 t 检验、卡方检验对两组患者各项指标进行统计分析。

1.2 时间及地点 试验于 2018 年 1 月至 2020 年 1 月在佛山市中医院完成。

1.3 对象

纳入标准: ①行骶髂螺钉置入术者；②随访及住院资料完整者。

排除标准: ①合并髌臼骨折患者；②病理性、代谢性骨折患者；③住院期间死亡、随访期间失访者；④存在精神障碍或同时患有肿瘤等恶性疾病无法配合研究者。

共 115 例骨盆骨折患者纳入研究，经皮骶髂螺钉置入组 61 例，机器人辅助骶髂螺钉置入组 54 例。按以上排除标准排除不合格病例后，纳入经皮骶髂螺钉置入组 48 例，机器人辅助骶髂螺钉置入组 47 例。

经皮骶髂螺钉置入组 48 例，其中男 35 例，女 13 例；年龄 30–55 岁，平均 (41.5 ± 7.3) 岁；车祸伤 8 例，高处坠落伤 23 例，重物砸伤 17 例；按 Tile 骨折分型：B1 型 8 例，B2 型 7 例，B3 型 6 例，C1 型 9 例，C2 型 8 例，C3 型 10 例；合并损伤：四肢骨折伴失血性休克 22 例，膀胱损伤 3 例，合并气胸、血胸 4 例，胸腰椎骨折 8 例，颅脑损伤 11 例。

机器人辅助骶髂螺钉置入组 47 例，其中男 33 例，女 14 例；年龄 26–54 岁，平均 (40.3 ± 8.2) 岁；车祸伤 10 例，高处

坠落伤 21 例，重物砸伤 16 例；按 Tile 骨折分型：B1 型 6 例，B2 型 8 例，B3 型 9 例，C1 型 6 例，C2 型 10 例，C3 型 8 例；合并损伤：四肢骨折伴失血性休克 21 例，膀胱损伤 1 例，合并气胸、血胸 5 例，胸腰椎骨折 11 例，颅脑损伤 9 例。

1.4 材料 见表 1。

表 1 | 植入物的材料学特征

Table 1 | Material characteristics of implants

指标	钢板	埋头加压螺钉
生产厂家	施乐辉钢板	辛迪斯
型号	6-14 孔	HCS 4.5
批准号	20AT33461	DX226.780
材质	不锈钢	钛合金 (TAN)
适应证	锁定接骨板可用于成人、儿童以及骨质疏松患者，主要用于各种扁骨、短骨和长骨骨折的固定，包括胫骨、腓骨、股骨、骨盆、髌臼、跖骨、跟骨	可用小至大骨折块，骨性关节炎或畸形
生物相容性 (植入物对人体细胞、组织的影响)	生物相容性良好	生物相容性良好
产品标注的不良反应	(1) 植入部件松动、弯曲、裂开或折断； (2) 因延迟愈合而出现解剖学错位； (3) 有深部和浅表感染病例报道； (4) 手术及伴随使用的内部固定器械可能引致血管损伤，包括血栓性静脉炎、肺栓塞、伤口水肿及股骨头缺血性坏死； (5) 患者可能会有双腿长短差异和跛脚； (6) 螺钉穿过股骨头 (通常伴随骨质疏松)，拉力螺钉带或不带套筒穿过关节，有套螺钉在套筒中无法滑动，特别是在小角度钢板及不适合的有钢板病例中有报道； (7) 对异体的金属过敏反应虽然罕见，但也有报道； (8) 可能会出现引导针 / 螺栓刺穿骨盆； (9) 会出现由植入物引起的组织反应，包括：巨噬细胞和异物排斥反应； (10) 因手术创伤或位置不正或加压螺钉和引导针长度不对引致股骨头骨骺损伤	(1) 植入部件松动、弯曲、裂开或折断； (2) 会出现由植入物引起的组织反应，包括巨噬细胞和异物排斥反应

天玑骨科手术机器人购于北京天智航股份有限公司，型号：天玑 2.0，该骨科手术机器人可辅助医生精准定位植入物或手术器械，精度达亚毫米级，对微创手术具有明显优势，可降低风险、减少并发症。医生根据适应证选择二维或三维模式完成手术规划，机器人可精确运动至规划位置，稳定的机器人手臂支持，减少医生长时间把持器械的疲劳，使手术过程更流畅。整体造型流畅简约，色彩搭配协调，使用专用手术软件引导，人机界面友好，为医生提供了直观的使用体

验。天玑骨科手术机器人以先进的技术为手术开辟了新的道路，使骨科复杂的手术也可以实现微创，缩短术后恢复周期，降低患者康复费用。

1.5 手术方法

1.5.1 术前准备 所有患者均通过急诊入院，入院后立即建立多条补液通路，维持呼吸及循环稳定，给予患者拍摄骨盆X射线片及CT扫描检查，评估骨折类型，对于Tile C型骨折患者行股骨髁上牵引，牵引1周后复查骨盆X射线片及CT三维重建，对于通过股骨髁上牵引未能复位患者，采用髂骨翼打入SCHanz钉等方式辅助复位，评估使用骶髂螺钉长度及术中C臂拍摄角度，待患者生命体征平稳且骨盆移位纠正后准备行手术治疗。

1.5.2 机器人手术操作方法 ①采用全身麻醉，患者取仰卧位；②骨盆前环骨折采用外固定支架辅助下钢板螺钉内固定，确认骨折固定牢固后行机器人辅助下骶髂螺钉置入术；③将机器人工作站、机器人、C臂连接，于工作站中选定制骶髂关节手术模块及手术部位；选择定位标尺，根据软件提示完成机器人的自检复位及标尺校验；C臂放置术区对侧，透视检查骶髂关节复位情况，常规术区消毒、铺单，调整手术床高度及C臂到最佳位置；④机器人放置于术区侧，机器人标尺与骶髂关节平行，定位标尺与S₁髂骨翼水平放置，透视下检查标尺图像，保证至少一组标尺于透视下清晰可见；⑤将C臂测量数据导入工作站，根据软件提示进行定位点标记，依次完成骶髂螺钉置入方向、位置、深度设定并通过软件自动估算螺钉长度；⑥工作站中选择第1枚导针并按“运动”按钮，机械臂自动定位到导针置入位置，安装导针套筒，并按定位点指向位置做1cm手术切口，逐层分离皮下筋膜至骨面，将套筒尖端顶至骨面，C臂透视位置及方向准确后启动机械臂钻入导针。以软件测量进针深度为标准，选择合适长度空心螺钉，按导针方向钻孔拧入空心螺钉，C臂再次检验螺钉位置及深度，检验无误后冲洗缝合伤口。

1.5.3 经皮骶髂螺钉置入步骤 ①采用全身麻醉，患者取仰卧位，骨盆前环骨折采用外固定架辅助骨折复位和内固定；②C臂标准侧位透视下，将导针于S₁椎体的侧位观中点经皮水平钻入髂骨外板，骨盆标准入口位透视下评估导针走向，然后在骨盆标准出口位透视下预估其在骶骨内的水平方向；③缓慢置入导针并不断透视以确定导针位置，导针钻入深度达对侧髂骨翼时停止钻入，估计螺钉长度并拧入螺钉。

1.5.4 术后处理 术后当日预防性应用抗生素，术后立即复查骨盆X射线片及CT扫描+三维重建。康复治疗于术后第2天开始，先进行床上膝关节屈伸功能锻炼，术后3周在康复医师协助下坐起，6周后非负重拄拐下地行走，8周后部分负重行走，13周后完全去拐下地行走。随访期限1年，于出院后1, 2, 3, 6, 12个月返院复查。

1.6 主要观察指标 ①记录每位患者骶髂螺钉置入所用手术时间，机器人辅助骶髂螺钉置入组手术时间定义为自C臂测量数据导入工作站开始至最后一次C臂透视结束，术前规划

所用时间并未计入手术时间；②术后并发症如内固定失效、骨折未愈合的发生例数；③骨折复位情况，根据Matta评价标准分为4个等级^[3]，骨盆后环分离移位<4mm为优，4-10mm为良，11-20mm为可，>20mm为差；④采用Majeed评分标准在末次随访时进行功能评分^[4]，100-85分为优，84-70分为良，69-55分为可，<55分为差。根据Merle D'Aubigne and Postel评分系统评价髋关节功能恢复情况，18分为优，15-17分为良，13-14分为可，<13分为差。

1.7 统计学分析 采用SPSS 20.0统计分析软件进行处理，计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示，组间差异采用独立样本t检验，计数资料以百分率表示，组间差异采用 χ^2 检验，检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 共纳入115例骨盆骨折患者，其中采用经皮骶髂螺钉置入61例，采用机器人辅助骶髂螺钉置入54例。经皮骶髂螺钉置入组有13例被排除，排除原因：住院期间死亡4例，出院后随访失访6例，住院病历资料不完整3例。机器人辅助骶髂螺钉置入组有7例被排除，排除原因：住院期间死亡1例，出院后随访失访2例，住院病历资料不完整4例。

2.2 两组患者基线资料对比 两组患者一般资料对比，差异无显著性意义，具有可比性，见表2。

表2 | 两组患者基线资料对比

Table 2 | Comparison of general data between the two groups

项目	经皮骶髂螺钉置入组 (n=48)	机器人辅助骶髂螺钉置入组 (n=47)	t/ χ^2 值	P值
性别(男/女, n)	35/13	33/14	0.085	0.770
年龄($\bar{x}\pm s$, 岁)	41.5 \pm 7.3	40.3 \pm 8.2	0.753	0.453
受伤原因(n)			0.332	0.846
车祸伤	8	10		
高处坠落伤	23	21		
重物砸压伤	17	16		
Tile骨折分型(n)				
B/C	21/27	23/24	0.256	0.612
合并损伤(n)				
四肢骨折伴失血性休克	22	21	5.698	1.276
膀胱损伤	3	1	3.658	2.369
气胸、血胸	4	5	1.577	0.287
胸腰椎骨折	8	11	2.437	0.102
颅脑损伤	11	9	3.892	0.339

2.3 试验流程图 见图1。

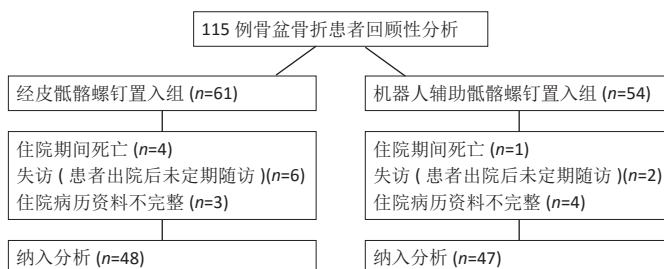


图1 | 试验流程图

Figure 1 | Trial flow chart

2.4 两组患者评价指标对比 经皮骶髂螺钉置入组手术时间为 (80.5±16.1) min, 并发症发病率为 16.7%(8/48), 其中内固定失效 5 例, 骨折未愈合 3 例, 以上失败病例最终通过更换内固定达到愈合。Matta 标准评分为优 29 例, 良 8 例, 可 7 例, 差 4 例, 优良率为 77.1%(37/48), Majeed 标准评分为优 25 例, 良 13 例, 可 10 例, 优良率为 79.2%(38/48), 平均透视时间为 (25.7±7.6) s/次。机器人辅助骶髂螺钉置入组手术时间为 (50.2±13.2) min, 并发症发病率为 2.1%(1/47), 其中骨折未愈合 1 例, 此患者同样更换内固定后达到治愈。Matta 标准评分为优 42 例, 良 4 例, 可 1 例, 差 0 例, 优良率为 97.9%(46/47), Majeed 标准评分为优 41 例, 良 5 例, 可 1 例, 优良率为 97.9%(46/47), 平均透视时间为 (7.2±1.5) s/次。机器人辅助骶髂螺钉置入组各方面评价指标均优于经皮骶髂螺钉置入组, 见表 3。

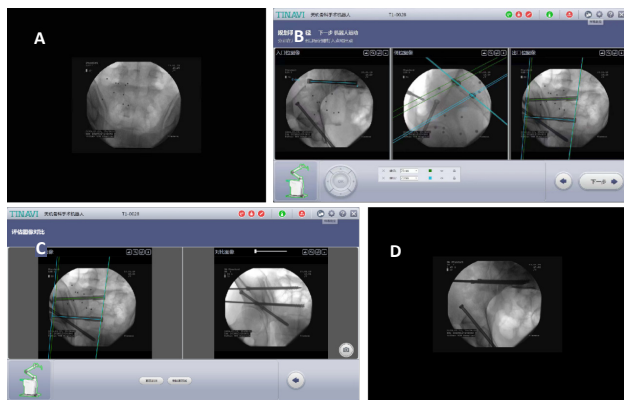
表 3 | 两组患者评价资料对比

Table 3 | Comparison of patient evaluation data between the two groups

项目	经皮骶髂螺钉置入组 (n=48)	机器人辅助骶髂螺钉置入组 (n=47)	t/x ² 值	P值
手术时间 ($\bar{x}\pm s$, min)	80.5±16.1	50.2±13.2	10.019	0.000
透视时间 ($\bar{x}\pm s$, s/次)	25.7±7.6	7.2±1.5	16.377	0.000
并发症 (n/%)	8/16.7	1/2.1	4.280	0.038
Matta 标准优良率 (n/%)	37/77.1	46/97.9	9.299	0.000
Majeed 标准优良率 (n/%)	38/79.2	46/97.9	8.833	0.000
Merle D'Aubigne and Postel 评价优良率 (n/%)	35/72.9	44/93.6	5.647	0.000

2.5 生物相容性 术后未发生与材料有关的不良反应。

2.6 典型病例分析 患者男, 47 岁, 高处坠落伤由急诊转入 ICU, 待生命体征稳定后转入作者所在科室。转科诊断: 胫腓骨、骨盆骨折伴骶髂关节分离 (Tile 骨折分型: B1 型)。入科完善术前检验、检查后行内固定治疗, 见图 2。



图注: 图 A 为患者术前机器人定位; B, C 为机器人辅助骶髂螺钉置入; D 为骶髂螺钉置入后图片

图 2 | 患者男, 47 岁, 胫腓骨、骨盆骨折伴骶髂关节分离 (Tile 骨折分型: B1 型), 进行机器人辅助骶髂螺钉内固定治疗

Figure 2 | Images of a 47-year-old male patient with tibial and fibular pelvic fractures with sacroiliac joint separation (Tile fracture classification: Type B1) undergoing robot-assisted sacroiliac screw placement

3 讨论 Discussion

文章将传统经皮置入骶髂螺钉与机器人辅助下置入骶髂螺钉进行对比, 发现机器人辅助可明显提高螺钉置入的精准性、高效性, 并且术后更加有利于患者功能恢复及减少并发

症的发生, 并且能降低放射暴露风险。

骨盆后环是决定骨盆稳定性的重要结构, 但因其解剖形状不规则, 神经、血管较多^[5], 一旦其结构遭到破坏, 治疗难度之大, 困扰无数创伤骨科医师。因此, 寻找行之有效的治疗方式已成为目前创伤骨科的研究热点。传统切开固定技术虽可达到良好治疗效果, 但手术创伤较大, 目前已逐渐被创伤骨科医师所摒弃^[6]。近年来, 随着微创理念的逐渐深入, 经皮骶髂螺钉置入凭借其更加可靠的生物力学稳定性及更小的手术创伤, 在临床广泛应用^[7-10]。然而, 由于骨盆后环解剖结构的特殊性, 特别是骶骨前庭的变异^[11], 使骶髂螺钉的准确置入越发困难。即便经验丰富的手术医师, 也无法保证一次性准确置入螺钉, 往往需多次、反复钻孔, 以确定准确的入钉位置, 而此过程便会造成入钉点周围骨质破坏, 增加术后螺钉穿出风险^[12]。

手术机器人在创伤骨科领域的应用, 为治疗骨盆骨折提供新的治疗方法。自 1978 年首个手术机器人问世以来, 其在骨科领域的应用飞速发展^[13]。1992 年, 世界第 1 台 ROBODOC 机器人系统被应用于髋关节置换手术中, 真正使骨科手术进入到机器人时代^[14-19]。随后, 世界各地骨科领域的专家学者开始大规模应用机器人进行辅助手术。手术机器人可做到精准的空间定位和稳定的路径导航, 极大地缩短了手术时间^[20], 增加了安全性, 降低了手术风险, 但无法完全做到自动化操作, 在手术设计、置钉位置等方面仍需依靠手术医师经验进行确定^[21]。

该研究机器人辅助置钉组手术时间明显短于传统置钉组, 但所统计的机器人组手术时间并未纳入术前规划及术前准备时间, 作者认为良好、完善的术前规划与是否采用机器人进行辅助治疗并无明显相关性, 即使采用传统置钉方式, 仍需术前进行细致、详细的检查, 而术中机器人设备准备工作可于固定骨盆前环骨折即将结束时同步进行, 因此并未占用过多的手术时间。既往对于机器人辅助置钉与传统置钉时间对比的相关文章较少, 且存在争议。ZWINGMANN 等^[22]于 2009 年将导航手术所用置钉时间与传统置钉手术时间进行对比, 发现两组所用时间并无统计学差异, 而后其分别于 2010 年及 2013 年再次对以上两种方式进行对比^[23-24], 结果发现传统置钉方式螺钉失败率、钉道修正率分别为 2.6%, 2.7%, 而导航辅助下置钉失败率却为 0.1%–1.3%, 0.8%–1.3%。导航辅助下可明显提高手术置钉的准确性, 降低手术置钉失败率。分析之前两组无差异原因, 可能为导航所用调试时间过长, 进而增加了手术整体时间, 而之后机器人辅助手术时间缩短, 可能是每例患者术前进行了充分的术前规划, 且所用的手术机器人系统较为简单, 无需进行过多调试, 手术医师具备熟练的操作技术, 因此减少了术中设备调试及准备时间。

两种置钉方式透视时间差异对比, 同样存在争议^[25-28]。贾帅军等^[29]认为导航技术与传统置钉技术的透视时间无明显差异, 原因可是导航术中需进行 3D 扫描, 因此耗时较多。

但另有文献报道,传统透视下单枚螺钉的平均X射线透视时间为126 s,甚至达到18 min^[30]。该研究机器人辅助骶髂螺钉透视平均只需要(7.2±1.5) s,而传统置钉透视时间可达(25.7±7.6) s,可见机器人辅助下可明显缩短透视时间,降低手术医师射线暴露风险,增加安全性。

该研究105例患者均进行1年随访,机器人辅助骶髂螺钉置入组并发症发生率、Matta评分、Majeed评分、Merle D'Aubigne and Postel评分均优于经皮骶髂螺钉置入组,与以往文献报道中机器人辅助下置钉的螺钉成功率相似,因此,可进一步证明应用机器人辅助置入骶髂螺钉具有安全性、高效性。

综上所述,机器人辅助下骶髂螺钉置入具有手术时间短、精确度高等优点,但因设备购置、日常维护保养费用较高,可能无法迅速得到推广,但不失为今后创伤骨科手术发展的有力武器。

作者贡献: 试验设计为李灿辉、吴征杰; 试验实施为李灿辉、何影浩、何家雄; 试验评估为曾焯辉; 资料收集为杜雪莲、洪石。

经费支持: 该文章没有接受任何经费支持。

利益冲突: 文章的全部作者声明,在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

机构伦理问题: 该临床研究的实施符合《赫尔辛基宣言》和佛山市中医院对研究的相关伦理要求。

知情同意问题: 参与试验的患者及其家属为自愿参加,所有患者均对试验过程完全知情同意,在充分了解治疗方案的前提下签署了“知情同意书”。

写作指南: 该研究遵守《非随机对照临床试验研究报告指南》(TREND声明)。

文章查重: 文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行3次查重。

文章外审: 文章经小同行外审专家双盲外审,同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

生物统计学声明: 文章统计学方法已经佛山市中医院生物统计学专家审核。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章,根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享4.0”条款,在合理引用的情况下,允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展,同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献,并为之建立索引,用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

[1] HAUSCHILD O, STROHM PC, CULEMANN U, et al. Mortality in patients with pelvic fractures: results from the German pelvic injury register. *J Trauma*. 2008;64(2):449-455.

[2] LIUZZA F, SILLUZZIO N, FLORIO M, et al. Comparison between posterior sacral plate stabilization versus minimally invasive transiliac-transsacral lag-screw fixation in fractures of sacrum: a single-centre experience. *Int Orthop*. 2019;43(1):177-185.

[3] COLLINGE C, COONS D, TORNETTA P, et al. Standard multiplanar fluoroscopy versus a fluoroscopically based navigation system for the percutaneous insertion of iliosacral screws: a cadaver model. *J Orthop Trauma*. 2005;19(4):254-258.

[4] MAJEED SA. Grading the outcome of pelvic fractures. *J Bone Joint Surg Br*. 1989;71(2):304-306.

[5] DUDDA M, HOFFMANN M, SCHILDHAUER TA. Sacrum fractures and lumbopelvic instabilities in pelvic ring injuries: classification and biomechanical aspects. *Unfallchirurg*. 2013;116(11):972-978.

[6] LINDSAY A, TORNETTA P 3RD, DIWAN A, et al. Is Closed Reduction and Percutaneous Fixation of Unstable Posterior Ring Injuries as Accurate as Open Reduction and Internal Fixation? *J Orthop Trauma*. 2016;30(1):29-33.

[7] SUERO EM, GREINER A, BECKER CA, et al. Biomechanical stability of sacroiliac screw osteosynthesis with and without cement augmentation. *Injury*. 2020 Jan 30;doi: 10.1016/j.injury.2020.01.043.

[8] 刘钢,杨强,郝永宏,等.第2骶椎骶髂螺钉固定骶骨骨盆的优势及意义[J].中国组织工程研究,2021,25(21):3395-3400.

[9] 孟士超,吴斗,赵恩哲,等.骶髂螺钉治疗骨盆后环骨折及辅助置钉技术的研究进展[J].中华老年骨科与康复电子杂志,2021,7(3):187-192.

[10] 张玉坤,李磊,任军.骶髂关节不同固定方式对骶部影响的生物力学研究[J].中华骨与关节外科杂志,2021,14(2):92-96.

[11] HINSCHKE AF, GIANNODIS PV, SMITH RM. Fluoroscopy-based multiplanar image guidance for insertion of sacroiliac screws. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;(395):135-144.

[12] 邓宁,吴伟坚,梁国穗,等.机器人和计算机辅助骨科手术[J].中华创伤骨科杂志,2005,7(7):620-624.

[13] LEAL GHEZZI T, CAMPOS CORLETA O. 30 Years of Robotic Surgery. *World J Surg*. 2016;40(10):2550-2557.

[14] PAUL HA, BARGAR WL, MITTLESTADT B, et al. Development of a surgical robot for cementless total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1992;(285):57-66.

[15] SAUTOT P, CINQUIN P, LAVALLÉE S, et al. Computer assisted spine surgery: A first step toward clinical, application in orthopaedics//1992 14th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE, 1992.

[16] MOLLIQAJ G, SCHATLO B, ALAID A, et al. Accuracy of robot-guided versus freehand fluoroscopy-assisted pedicle screw insertion in thoracolumbar spinal surgery. *Neurosurg Focus*. 2017;42(5):E14.

[17] 王成勇,谢国能,赵丹娜,等.医疗手术机器人发展概况[J].工具技术,2016,50(7):3-12.

[18] 张鹤,韩建达,周跃.脊柱微创手术机器人系统辅助打孔的实验研究[J].中华创伤骨科杂志,2011,13(12):1166-1169.

[19] TIAN W, HAN X, LIU B, et al. A robot-assisted surgical system using a force-image control method for pedicle screw insertion. *PLoS One*. 2014;9(1):e86346.

[20] 蒋侃凌,田维,贾健,等.TiRobot手术机器人辅助经皮骶髂螺钉固定治疗骨盆后环不稳定损伤[J].天津医科大学学报,2017,23(3):247-251.

[21] 赵春鹏,王军强,苏永刚,等.机器人辅助经皮螺钉内固定治疗骨盆和髌臼骨折[J].北京大学学报(医学版),2017,49(2):274-280.

[22] ZWINGMANN J, KONRAD G, MEHLHORN AT, et al. Percutaneous iliosacral screw insertion: malpositioning and revision rate of screws with regards to application technique (navigated vs. Conventional). *J Trauma*. 2010;69(6):1501-1506.

[23] ZWINGMANN J, HAUSCHILD O, BODE G, et al. Malposition and revision rates of different imaging modalities for percutaneous iliosacral screw fixation following pelvic fractures: a systematic review and meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2013;133(9):1257-1265.

[24] ZWINGMANN J, KONRAD G, KOTTER E, et al. Computer-navigated iliosacral screw insertion reduces malposition rate and radiation exposure. *Clin Orthop Relat Res*. 2009;467(7):1833-1838.

[25] WEBB JE, REGEV GJ, GARFIN SR, et al. Navigation-assisted fluoroscopy in minimally invasive direct lateral interbody fusion: a cadaveric study. *SAS J*. 2010;4(4):115-121.

[26] KIM JW, OH CW, OH JK, et al. Percutaneous iliosacral screwing in pelvic ring injury using three-dimensional fluoroscopy. *J Orthop Sci*. 2013;18(1):87-92.

[27] HE M, HAN W, ZHAO CP, et al. Evaluation of a Bi-Planar Robot Navigation System for Insertion of Cannulated Screws in Femoral Neck Fractures. *Orthop Surg*. 2019;11(3):373-379.

[28] ECKER TM, JOST J, CULLMANN JL, et al. Percutaneous screw fixation of the iliosacral joint: A case-based preoperative planning approach reduces operating time and radiation exposure. *Injury*. 2017;48(8):1825-1830.

[29] 贾帅军,吕尚军,贺利军,等.三维导航技术辅助经皮骶髂螺钉治疗骨盆后环骨折[J].创伤外科杂志,2014,16(6):506-510.

[30] STÖCKLE U, SCHASER K, KÖNIG B. Image guidance in pelvic and acetabular surgery--expectations, success and limitations. *Injury*. 2007;38(4):450-462.

(责任编辑: MZH, ZN, ZH)