

# 术中滑轨 CT 辅助在经皮骶髂关节螺钉治疗骨盆后环损伤中的应用

盛斌, 王奕威, 王愉思, 刘德龙, 杨瞻宇, 关蕊, 刘超

(湖南省人民医院 湖南师范大学附属第一医院骨七科, 湖南 长沙 410000)

**【摘要】** 目的: 比较术中滑轨 CT 联合 C 形臂 X 线机辅助与单纯使用 C 形臂 X 线机辅助透视下经皮骶髂关节螺钉治疗骨盆后环损伤临床疗效。方法: 自 2018 年 12 月至 2022 年 2 月收治 76 例骨盆后环损伤患者, 其中, C 形臂联合滑轨 CT 辅助下行内固定治疗 39 例为 CT 组, 男 23 例, 女 16 例, 年龄(44.98±7.33)岁; 仅在 C 形臂透视下行内固定治疗 37 例为 C 形臂组, 男 24 例, 女 13 例, 年龄(44.37±10.82)岁。合并有前环骨折患者 42 例, 均采用经皮髂前下棘内置外固定架(internal fixation, INFIX)或耻骨上支螺钉固定骨盆前环。术后比较两组随访时间、置钉时间、并发症。比较两组 Matta 复位评价、Majeed 疗效评价、CT 分级及二次手术翻修率。结果: CT 组置钉时间(32.63±7.33) min, 短于 C 形臂组(52.95±10.64) min( $t=-9.739, P<0.05$ )。CT 组随访时间(11.97±1.86)个月, C 形臂组(12.03±1.71)个月, 两组比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。两组术后并发症发生比较, 差异无统计学意义( $\chi^2=0.159, P>0.05$ )。CT 组 Matta 复位评价结果( $Z=2.79, P<0.05$ )、Majeed 疗效评价结果( $Z=2.79, P<0.05$ )、CT 分级( $Z=2.83, P<0.05$ )均优于 C 形臂组。CT 组二次手术翻修率低于 C 形臂组( $\chi^2=5.641, P<0.05$ )。结论: 术中滑轨 CT 联合 C 形臂辅助下经皮骶髂关节螺钉置入手术与传统 C 形臂透视相比, 具有手术时间短、准确度高及安全性高、术后二次翻修率显著下降等特点, 是重建骨盆骨折后环稳定性的有效方法之一。

**【关键词】** 滑轨 CT; 经皮骶髂关节螺钉; 骨盆后环损伤; 术中透视; 微创

中图分类号: R683.3

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.20220787

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Intraoperative slide rail CT assistance in percutaneous sacroiliac joint screws for the treatment of pelvic posterior ring injury

SHENG Bin, WANG Yi-wei, WANG Yu-si, LIU De-long, YANG Zhan-yu, GUAN Rui, LIU Chao (The 7th Department of Orthopaedics, Hunan Provincial People's Hospital, the First Affiliated Hospital of Hunan Normal University, Changsha 410000, Hunan, China)

**ABSTRACT Objective** To compare the clinical efficacy of intraoperative slide rail CT combined with C-arm X-ray assistance and just C-arm for percutaneous screw in the treatment of pelvic posterior ring injury. **Methods** A retrospective analysis was performed on the patient data of 76 patients with posterior pelvic ring injury admitted to the Department of Orthopedic Trauma from December 2018 to February 2022. Among them, 39 patients in the CT group were treated with C-arm combined with slide rail CT-assisted inline fixation including 23 males and 16 females with an average age of (44.98±7.33) years old; and the other 37 patients in the C-arm group were treated with intraline fixation treatment under only C-arm fluoroscopy including 24 males and 13 females with an average age of (44.37±10.82) years old. Among them, 42 patients with anterior ring fractures were treated with percutaneous inferior iliac spines with internal fixation (INFIX) or suprapubic support screws to fix the anterior pelvic ring. Postoperative follow-up time, operation time, complications of the two groups were compared. **Results** of Matta reduction criteria, Majeed efficacy evaluation, the CT grading and the rate of secondary surgical revision were compared. Results The nailing time of (32.63±7.33) min in CT group was shorter than that of (52.95±10.64) min in C-arm group ( $t=-9.739, P<0.05$ ). The follow-up time between CT group (11.97±1.86) months and C-arm group (12.03±1.71) months were not statistically significant ( $P>0.05$ ). The postoperative complication rates between two groups were not statistically significant ( $\chi^2=0.159, P>0.05$ ). Results of Matta reduction criteria ( $Z=2.79, P<0.05$ ), Majeed efficacy evaluation ( $Z=2.79, P<0.05$ ), CT grading ( $Z=2.83, P<0.05$ ) in CT group were better than those in C-arm group ( $P<0.05$ ); the secondary surgical revision rate in the CT group was significantly lower than that in the C-arm group ( $\chi^2=5.641, P<0.05$ ). **Conclusion** Compared with traditional C-arm fluoroscopy, intraoperative slide rail CT combined with C-arm assisted percutaneous sacroiliac joint screw placement

通讯作者: 盛斌 E-mail: shengbin2009@163.com

Corresponding author: SHENG Bin E-mail: shengbin2009@163.com

surgery has the characteristics of short operation time, high accuracy and safety, and significant decrease in postoperative secondary revision rate, and is one of the effective methods for re-establishing the stability of the posterior ring of pelvic fracture.

**KEYWORDS** Slide rail CT; Percutaneous sacroiliac joint screws; Pelvic posterior ring injury; Intraoperative fluoroscopy; Minimally invasive

骨盆骨折为创伤骨科的常见疾病, 最常见于高能量损伤, 随着我国车祸、高处坠落和挤压伤等意外发生频率的增加, 骨盆骨折的发病趋势也在逐年上升, 其中后环损伤在骨盆骨折中占有重要地位<sup>[1]</sup>。骨盆后环骨折以髂骨, 骶骨及骶髂关节损害为主, 不仅严重影响骨盆的稳定性, 而且易引起血管及神经等方面的损害。而尽早有效恢复骨盆环的稳定是防止骨盆骨折早期并发症和晚期后遗症发生的主要方法, 对于保障患者生命体征和恢复肢体功能至关重要, 传统术式常以切开复位为主, 具有手术创伤较大、术中血管神经容易受损、术后容易发生感染、手术耗时较长等特点。经皮骶髂关节螺钉固定术由于具有创伤小、并发症少、手术时间短、术后恢复迅速、康复周期短等优点, 逐渐成为微创治疗骨盆后环损伤的首选<sup>[2]</sup>。但不适用于骶骨粉碎性骨折亦或是骨质疏松的患者, 既往的研究报道也指出若置钉不当, 则易导致血管以及神经的损伤。因此, 如何减少相关并发症的发生并保证置钉的安全性, 是目前临床急需探索并解决的问题, 本研究对 2018 年 12 月至 2022 年 2 月收治的 76 例经皮骶髂关节螺钉固定骨盆后环损伤患者进行回顾性分析, 现报告如下。

**1 资料与方法**

**1.1 病例选择**

纳入标准: 高能量损伤所导致的闭合性骨盆后环骨折; 随访 10 个月以上。排除标准: 骨质疏松症; 骶骨粉碎性骨折; 病理性骨折; 手术区域皮肤重度挫伤或撕脱伤; 伴有其他复合伤导致骨科手术推迟 > 3 周; 骶髂螺钉二次翻修手术。

**1.2 一般资料**

2018 年 12 月至 2022 年 2 月收治 76 例骨盆后环损伤患者, 根据手术方式不同分为 2 组, 39 例在 C 形臂 X 线机(德国西门子)及滑轨 CT(德国西门子)辅助下行 S<sub>1</sub> 和(或)S<sub>2</sub> 骶髂螺钉内固定治疗为 CT

组; 37 例在 C 形臂 X 线机透视下 S<sub>1</sub> 和 (或)S<sub>2</sub> 骶髂螺钉内固定治疗为 C 形臂组。两组年龄、性别、受伤原因、骨折分型等比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 具有可比性, 见表 1。所有手术患者均签署了临床研究知情同意书, 并通过了湖南省人民医院医学伦理委员会临床科学研究审批[(2021)科研伦理第(79)号]。

**1.3 治疗方法**

**1.3.1 术前处理** 基于“损伤控制”<sup>[3]</sup>的思想理念, 对于生命体征不平稳者, 及早介入干预, 以纠正休克, 同时积极治疗原发病, 病情需要时予以骨盆兜或骨盆外固定支架固定, 当患者病情稳定后方可准备手术。术前对骨盆入口位、出口位 X 线片及骨盆 CT 扫描三维重建检查进行常规检查, 根据已有影像学检查的结果为依据, 明确患者的骨折类型、移位程度、骶椎椎管内情况等, 从而评估经皮骶髂螺钉的进针点、入钉角度、方向、深度以及数量<sup>[4]</sup>。

**1.3.2 手术方法** 所有患者采取全麻插管, 体位采用仰卧位, 待患者麻醉满意后常规消毒铺单, C 形臂 X 线机透视明确骨折移位情况。对骨折移位显著的患者首先采用双向牵引联合外固定架 Schanz 螺钉辅助骨盆闭合复位, 然后取髂前后上棘连线中 1/3 交叉点处作为进针点, 确定进针点后做约 0.5 cm 的微创切口, 分离软组织直达髂骨。CT 组于 C 形臂 X 线机透视下, 做入口位、出口位透视明确导针进针位置, 由专门负责管理术中 CT 的技师启动预先开启的滑轨 CT 装置, 在地面轨道的引导下, 将 CT 装置平移至患者术野范围内, 利用术中滑轨 CT 对术野进行扫描, 在扫描途中术者可通过 CT 终端选择扫描平面, 得出 CT 图像, 验证导针准确进入 S<sub>1</sub> 或者 S<sub>2</sub> 椎体, 未进入椎管或打出椎体外, 扫描完成后沿地面轨道, 将 CT 装置移开术野。单纯 C 形臂 X 线机透视所能获得的影像资料为平面图像, 术中想要明确骶髂

表 1 两组骨盆后环损伤患者一般资料比较

Tab.1 Comparison of general information of patients with posterior pelvic ring injury between two groups

组别	例数	性别/例		年龄( $\bar{x} \pm s$ )/ 岁	受伤原因/例		骨盆骨折 Tile 分型/例			
		男	女		高处坠落伤	车祸伤	B2	B3	C1	C2
CT 组	39	23	16	44.98±7.33	19	20	16	18	3	2
C 形臂组	37	24	13	44.37±10.82	22	15	19	11	5	2
检验值		$\chi^2=0.279$		$t=1.125$	$\chi^2=0.882$		$\chi^2=2.396$			
P 值		0.579		0.264	0.348		0.494			

螺钉的空间位置,除了需要对术野反复透视外,还需要术者拥有丰富的临床经验及空间想象能力。而且术中时常会受到肠道气体干扰,导致成像模糊,骶骨变异而导致置钉困难等情况。术中为明确螺钉的空间位置,常规需要 C 形臂 X 线机下反复透视,从而导致手术时间延长<sup>[1]</sup>,导针位置明确后,攻丝拧入骶髂关节螺钉(北京市富乐科技有限公司),置钉完成后 C 形臂 X 线机透视骶髂螺钉长度,无误后清洗并缝合手术切口。C 形臂组在 C 形臂 X 线机反复透视下,做入口位、出口位透视以明确导针进针位置,判断导针进入 S<sub>1</sub> 或者 S<sub>2</sub> 椎体,攻丝后拧入骶髂关节螺钉,置钉完成后 C 形臂 X 线机反复透视骶髂螺钉长度及方向,无误后清洗并缝合手术切口。其中 CT 组拧入 S<sub>1</sub> 螺钉 31 枚, S<sub>2</sub> 螺钉 28 枚, C 形臂组拧入 S<sub>1</sub> 螺钉 26 枚, S<sub>2</sub> 螺钉 28 枚。对于合并前环骨折的 42 例患者,均联合采用 INFIX 或耻骨上支螺钉(北京市富乐科技有限公司)固定骨盆前环。

**1.3.3 术后处理** 患者清醒后开始在指导下行踝泵训练以预防跟腱挛缩,咳嗽训练以预防坠积性肺炎。术后第 1 天指导患者开始尝试半卧位休息,并开始进行下肢肌肉功能锻炼;术后第 2 天如无特殊不适,常规复查骨盆正位、入口位、出口位 X 线及骨盆 CT 三维重建;术后 3~7 d 指导患者开始在床上尝试活动双侧髋关节及膝关节。出院后根据术后门诊复查或随诊情况,指导患者术后 6~8 周尝试在扶拐下部分负重行走。连续进行 8 周抗重力训练,逐步过渡到能完全负重的状态,术后 3 个月弃拐独立行走。

**1.4 观察项目与方法**

术中分别记录两组手术置钉时间、骶髂螺钉置入通道种类及数目、是否联合前环固定及前环固定方式,记录两组术后均复查骨盆入口位、出口位、骨盆 CT 平扫三维成像。根据 MATTA<sup>[5]</sup>制定的 Matta 评分标准进行评价,术后骨折移位 <4 mm 为优, 4~10 mm 为良, 10~20 mm 为可, >20 mm 为差。

术后 6 个月采用 MAJEED<sup>[6]</sup>制定的 Majeed 功能

评分评估患者恢复情况,包括疼痛(30 分)、恢复劳动及工作(20 分)、坐(10 分)、性交(4 分)、站立(总分 36 分,含辅助行走、步态及步行距离各 12 分)等方面,满分 100 分,总分 >85 分为优, 70~84 分为良, 55~69 分为中, >55 分为差。应用 CT 分级标准<sup>[7]</sup>对螺钉位置进行评定:优,螺钉全部位于通道内;良,螺钉与皮质骨局部接触但未穿破;差,螺钉穿破皮质骨或进入关节内。

**1.5 统计学处理**

运用 SPSS 26.0 软件进行统计处理。随访时间、置钉时间、Majeed 评分等定量资料用均数±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,组间比较采用成组设计定量资料 *t* 检验,组内比较采用定量资料配对 *t* 检验;性别、分型、置钉数等定性资料组间比较采用  $\chi^2$  检验;等级资料 CT 分级结果比较采取秩和检验。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

**2 结果**

**2.1 手术情况比较**

CT 组随访时间(11.97±1.86)个月, C 形臂组随访时间(12.03±1.71)个月,两组比较,差异无统计学意义(*P*>0.05)。CT 组置入 1 枚骶髂螺钉 19 例,置入 2 枚骶髂螺钉 20 例; C 形臂组置入 1 枚骶髂螺钉 20 例,置入 2 枚骶髂螺钉 17 例;两组比较差异无统计学意义。CT 组采用 INFIX 固定 17 例,耻骨上支螺钉固定 6 例; C 形臂组采用 INFIX 固定 14 例,耻骨上支螺钉 5 例;两组比较差异无统计学意义。CT 组置钉时间为 19.37~59.19(32.63±7.33) min,明显短于 C 形臂组的 32.62~78.15(52.95±10.64) min(*t*=-9.739, *P*<0.05)。见表 2。

**2.2 疗效评估比较**

术后根据 Matta 复位标准评价复位情况, CT 组优 38 例,良 1 例; C 形臂组优 28 例,良 9 例;两组比较差异有统计学意义(*Z*=2.79, *P*=0.005<0.05)。

术后 6 个月,根据 Majeed 疗效评价标准, CT 组优 38 例,良 1 例; C 形臂组优 28 例,良 8 例,中

表 2 两组骨盆后环损伤患者随访时间及手术处理方式比较

Tab.2 Comparison of follow-up time intraoperative treatment of patients with posterior pelvic ring injury between two groups

组别	例数	随访时间( $\bar{x}\pm s$ ) /月	置钉时间( $\bar{x}\pm s$ ) /min	置入骶髂螺钉数/例		前环损伤固定方式/例	
				1 枚	2 枚	INFIX	耻骨上支螺钉
CT 组	39	11.97±1.86	32.63±7.33	19	20	17	6
C 形臂组	37	12.03±1.71	52.95±10.64	20	17	14	5
检验值		<i>t</i> =0.279	<i>t</i> =-9.739	$\chi^2=0.216$		$\chi^2=0$	
<i>P</i> 值		0.799	0.000	0.642		0.987	

注:并非所有都联合了前环固定方式,其余仅为单纯骶髂螺钉固定

1 例;两组等级资料比较差异有统计学意义( $Z=2.79, P=0.005<0.05$ )。术后 3 个月根据 Majeed 评分,CT 组在恢复劳动及工作、坐方面较 C 形臂组更有优势,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),其余各项评分差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),见表 3。

两组置钉情况根据 CT 分级标准评价,CT 组 39 例置钉均为优,C 形臂组中 30 例为优,7 例为良,两组比较差异有统计学意义 ( $Z=2.83, P=0.005<0.05$ )。

### 2.3 手术并发症与术后翻修情况

CT 组术后发生血栓形成 6 例,压疮 1 例,肺炎 2 例;C 形臂组术后发生血栓形成 7 例,压疮 2 例,肺炎 2 例;两组并发症比较,差异无统计学意义( $\chi^2=0.159, P>0.05$ )。CT 组术后均无须翻修,C 形臂组 5 例术后二次翻修,两组比较差异有统计学意义( $\chi^2=5.641, P<0.05$ )。典型病例影像图片见图 1 和图 2。

## 3 讨论

### 3.1 骶髂关节螺钉并发症

近年来生物力学与临床研究证实经皮骶髂关节螺钉内固定术能对骨盆后环起到有效固定作用,常规经皮骶髂关节内固定术虽然创伤较小,并发症较少,术后康复较快,骨盆功能评分高等特点,但也存在螺钉放置时间较长,定位准确率不高,易受肠道气体干扰,血管神经损伤风险高,医患双方在术中长期接触 X 线辐射等不足<sup>[8]</sup>。因骶髂关节及其周围解剖结构的特殊性,术中需十分注意进钉点,进钉方向以及骶髂螺钉长度。骶髂关节区的神经分布致密,手术中容易引起神经损伤,其中以 L<sub>4</sub>、L<sub>5</sub> 神经根损伤最为常见。所有髂内静脉均走行于骶髂关节的内侧面,髂内动脉则在骶骨的前外侧,坐骨大切迹下方有坐骨神经及臀上、下血管经过。除开这些重要结构外,骶骨本身的变异也是一大影响因素,包括骶骨翼斜坡陡峭、高位骶骨、骶孔卵圆变、乳突样凸起、舌槽状畸形等,其中最常见变异类型当属骶骨翼斜坡陡峭,术前 CT 往往能发现骶骨变异,但术中仅有 C 形臂的情况下,容易导致骶髂螺钉打偏。手术中如不慎损伤髂骨内、外侧皮质或进针角度和深度存在偏差,均

易损伤上述重要结构而引起严重的手术并发症。与此同时,一些研究结果显示骶髂关节螺钉放置位置不正确的发生率在 2.05%~13.0%,更有甚者表明螺钉位置的不可接受率可高达 25%<sup>[9-10]</sup>。本研究骶髂关节螺钉置入位置错误的发生率为 2.56%,相比以往报道,本研究骶髂关节螺钉置入位置错误的发生率相对较低,与术中 CT 的应用密不可分。CT 联合 C 形臂 X 线机术中能明确置钉的空间位置,能确保骶髂关节螺钉未打入椎管或打穿骶骨皮质等特殊情况下,有效避免骶骨变异以及肠道气体所带来的干扰,从而有效降低置钉错误的发生概率,显著减少传统 C 形臂 X 线机反复透视的次数与时间。

### 3.2 辅助骶髂螺钉置入的新技术

为了减少相关并发症的发生,也出现了诸如计算机导航辅助、3D 打印个体化导航模板、骨科机器人等新兴临床应用。借助计算机导航,常规经皮骶髂螺钉内固定术所引起的并发症能得到一定程度的避免。而 3D 打印个体化导航模板,可以提供更精准、更安全的置钉环境<sup>[11]</sup>。骨科机器人辅助下的经皮螺钉内固定术具有精准度更高,创伤更小<sup>[12-13]</sup>,并可减少放射性损害,操作简便易行,学习曲线缩短,易被年轻医师所掌握等特点,是当前提高骨盆微创手术治疗效果的一种安全且有效的手段。综上所述,这些新兴的辅助置钉技术使手术方式更加精确与安全,缩短了手术时长,减小了手术难度,利于患者术后早期的功能锻炼及恢复。但相较于术中滑轨 CT 联合 C 形臂置钉技术,各项技术也存在相关的局限性,计算机导航对复杂骨盆骨折尤其是后环损伤严重的 Tile C1 骨盆骨折中的固定效果仍需深入研究;3D 打印个体化导航模板可能会造成手术中出血量和感染概率的增加,不适用于骨盆骨折碎片移位相对严重的患者<sup>[11]</sup>;骨科机器人体系造价昂贵且不具备骨折复位的作用,当前只用于无移位或者移位较小的骶骨骨折患者,对于移位较大的骶骨骨折必须与联合 INFIX 固定进行复合复位。

### 3.3 术中滑轨 CT 的应用

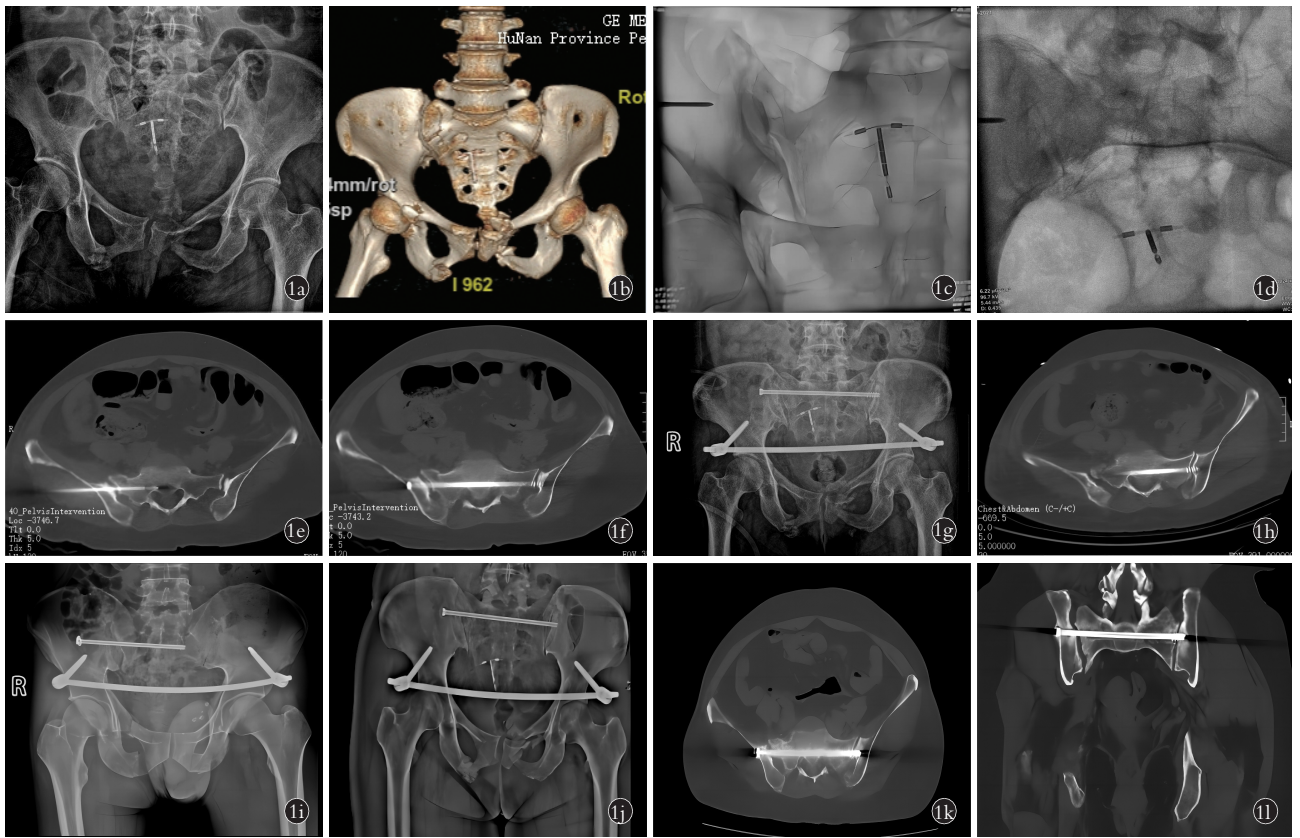
术中滑轨 CT 辅助下骶髂关节螺钉固定技术,在

表 3 两组骨盆后环损伤患者术后 6 个月 Majeed 评分比较( $\bar{x}\pm s$ )

Tab.3 Comparison of Majeed scores at 6 months after operation in patients with posterior pelvic ring injury between two groups( $\bar{x}\pm s$ )

组别	例数	疼痛	恢复劳动及工作	坐	性交	辅助行走	步态	步行距离	总分
CT 组	39	27.23±2.26	19.69±0.69	9.69±0.61	2.54±1.23	10.05±1.30	10.69±0.78	11.28±0.76	91.18±4.8
C 形臂组	37	26.81±2.31	19.14±1.08	9.19±1.02	2.76±1.19	9.84±1.32	10.43±1.26	11.05±1.00	89.22±6.13
t 值		0.801	2.682	2.616	0.786	0.710	1.008	1.124	1.558
P 值		0.426	0.009	0.011	0.435	0.480	0.317	0.265	0.123

单位:分

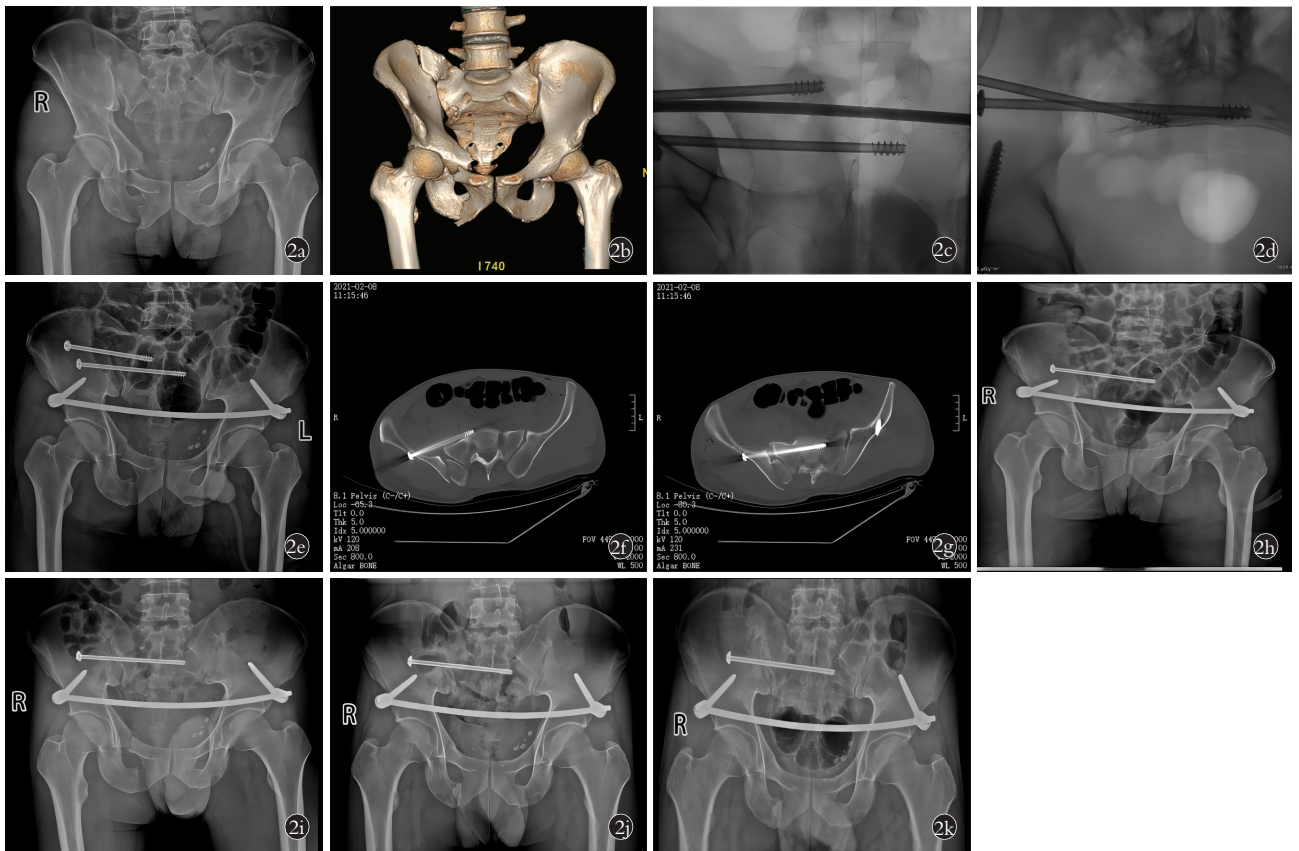


**图 1** 患者,女,56 岁,因车祸致骨盆损伤,采取经皮骶髂关节螺钉+INFIX 治疗骨盆骨折 **1a.** 术前正位 X 线示双侧耻骨上下支骨折合并左侧髂骨及右侧骶骨骨折 **1b.** 术前 CT 三维重建示骶髂关节完好,术中置入 1 枚骶髂螺钉固定即可 **1c.** 术中 C 形臂 X 线透视出口位以明确导针指向 **1d.** 术中 C 形臂 X 线透视入口位以明确术中导针指向 **1e.** 术中滑轨 CT 透视下置入导针 **1f.** 术中滑轨 CT 透视下置入螺钉 **1g.** 术后第 2 天骨盆正位 X 线示 INFIX 及骶髂螺钉固定在位,骨盆稳定性基本恢复 **1h.** 术后第 2 天骨盆 CT 平扫,证实骶髂螺钉位于骶骨内,未打入椎管或打穿对侧骶骨皮质 **1i.** 术后 2 个月骨盆正位 X 线示各内固定装置均固定在位,无断裂及变形等特殊情,双侧耻骨上下支,左侧髂骨及右侧骶骨的骨折骨折线较之前明显模糊 **1j.** 术后 7 个月骨盆正位 X 线示左侧耻骨上下支已畸形愈合,其余各部分骨折已基本愈合 **1k, 1l.** 术后 9 个月骨盆冠状位及横断面 CT 示骶髂螺钉固定在位,未打穿对侧骶骨,未打入椎管

**Fig.1** A 56-year-old female patient was treated with percutaneous sacroiliac joint screws and INFIX for pelvic injury due to a car accident **1a.** Preoperative AP X-ray showed bilateral fractures of the upper and lower pubic bone branches combined with fractures of the left iliac bone and the right sacrum **1b.** Preoperative CT 3D reconstruction showed that the sacroiliac joint was intact, and intraoperative placement of one sacroiliac screw fixation was sufficient **1c.** Intraoperative C-arm fluoroscopic exit position to clarify the pointing of the guide pin **1d.** Intraoperative C-arm fluoroscopic entrance position to clarify the pointing of the intraoperative guide pin **1e.** Intraoperative slide CT fluoroscopic placement of the guide pin **1f.** Intraoperative slide CT fluoroscopic placement of the screw **1g.** The pelvic AP X-ray on the second day after surgery showed that the INFIX and sacroiliac screws were fixed in place, and the pelvic stability was basically restored **1h.** The pelvic CT scan on the second day after surgery confirmed that the sacroiliac screws were located in the sacrum and did not penetrate the spinal canal or the contralateral sacral cortex **1i.** The pelvic AP X-ray on the second month after surgery showed that the internal fixation devices were fixed in place without fracture or deformation, and the fracture lines of the bilateral upper and lower pubic bone branches, the left iliac bone and the right sacrum were significantly blurred compared with before **1j.** The pelvic AP X-ray on the seventh month after surgery showed that the upper and lower branches of the left pubic bone were deformed and healed, and the rest of the fractures were basically healed **1k, 1l.** The coronal and cross-sectional CT scan of the pelvis in the ninth month after surgery showed that the sacroiliac screws were fixed in place and did not penetrate the contralateral sacrum or the spinal canal

手术过程中能够实时地提供重要解剖结构与螺钉之间的空间关系,从而增加手术安全性,减少透视频次与透视辐射,缩短手术时间,目前在脊柱外科、口腔颌面科中已有较为广泛的应用<sup>[14]</sup>。但是,它也有着设备庞大,价格昂贵,容易损坏以及需要专门操作术中 CT 的技术员等不足,对于需要外固定架 Schanz 螺钉辅助维持复位的患者,因其空间结构较大,导致

滑轨 CT 透视受限。本研究 76 例患者经过 3~12 个月随访,CT 组所有患者恢复效果满意,根据 Matta 复位标准及 Majeed 疗效评价标准及 CT 分级标准,优良率均远高于 C 形臂组,全部患者均未出现血管,神经,关节及盆腔脏器受损,无断钉和移位。而 C 形臂组一共出现 5 例术后二次翻修的患者。其中 3 例患者存在骶骨变异,5 例患者术中所摄骨盆入口位、出



**图 2** 患者,男,42 岁,因重物砸伤致骨盆损伤,采取经皮骶髂关节螺钉+INFIX 治疗骨盆骨折 **2a.** 术前骨盆正位 X 线片示右耻骨上下支、右髂骨、右坐骨以及骶骨右份发生骨折 **2b.** 术前骨盆 CT 三维重建可明确存在右侧骶骨骨折,故术中更适合置入 2 枚骶髂螺钉固定 **2c.** 术中 C 形臂 X 线透视出口位,以明确骶髂螺钉位置位于骶骨中,而未在椎管内 **2d.** 术中 C 形臂透视入口位,以明确骶髂螺钉位置位于骶骨中,而未在椎管内 **2e.** 术后第 2 天复查骨盆正位 X 线可见骶髂螺钉及 INFIX 装置均固定到位,骨盆稳定性基本恢复 **2f,2g.** 术后第 2 天骨盆 CT 平扫发现其中 1 枚螺钉打偏,未在骶骨内,3 d 后行二次行翻修手术取出 **2h.** 翻修后第 2 天骨盆正位 X 线片示未在骶骨内的骶髂螺钉已完全取出,其余各内固定装置均固定到位,无断裂及变形等特殊情况 **2i.** 术后 1 个月复查骨盆正位 X 线片可见各骨折线较前稍模糊,各内固定装置均固定到位,无断裂及变形等特殊情况 **2j.** 术后 8 个月复查骨盆正位 X 线片可见各骨折处已基本愈合 **2k.** 术后 11 个月骨盆正位 X 线片可见各骨折处已基本愈合,可考虑拆除 INFIX 固定装置

**Fig.2** A 42-year-old male patient was treated with percutaneous sacroiliac joint screws and INFIX for pelvic injury caused by a heavy object **2a.** Preoperative pelvic AP X-ray showed fractures of the right upper and lower pubic bone branches, the right ilium, the right sitis and the right portion of the sacrum **2b.** Preoperative CT 3D reconstruction of the pelvis could clarify the presence of right sacral fracture, so it was more appropriate to place two sacroiliac screws for fixation intraoperatively **2c.** Intraoperative C-arm fluoroscopy exit position to clarify that the sacroiliac screw position was located in the sacrum and not in the spinal canal **2d.** Intraoperative C-arm fluoroscopic entrance position to clarify that the sacroiliac screw position was located in the sacrum and not in the spinal canal **2e.** Postoperative pelvic AP X-ray on the second day of surgery showed that both the sacroiliac screw and the INFIX device were fixed in place and pelvic stability was basically restored **2f,2g.** Postoperative pelvis CT plain scan on the second day of surgery showed one of the screws was deviated and not in the sacrum, the second revision surgery was performed three days later to remove the screw **2h.** On the second day after the revision, the pelvic AP X-ray showed that the sacroiliac screw that was not in the sacrum had been completely removed, and the rest of the internal fixation devices were fixed in place without any special conditions such as fracture or deformation **2i.** All the internal fixation devices were fixed in place without any special conditions such as fracture or deformation **2j.** The pelvic AP X-ray at 8 months after surgery, and the fractures were basically healed **2k.** The pelvic AP X-ray at 11 months after surgery, the fractures were basically healed, and the INFIX fixation devices could be considered to be removed

口位、侧位均提示内固定装置位于骶骨中,但术后复查 CT 发现内固定未在骶骨内,所幸并未造成血管、神经、关节及盆腔脏器损伤,但未置入骶骨内的螺钉,可能会随着患者活动对周围软组织进行刺激,甚至螺纹可能卷入周围血管神经,造成损伤并影响取钉,对于这类患者,二次手术取钉并在滑轨 CT 引导

下重新置钉。

综上所述,本研究通过回顾性研究证实了滑轨 CT 联合 C 形臂 X 线机辅助下经皮骶髂关节螺钉固定术的临床意义,与常规单纯采用 C 形臂 X 线机透视辅助下的经皮骶髂关节螺钉固定术相比,其特点是手术时间短、创伤小、安全性高、受肠道气体影响

小、术后需要二次翻修的概率显著下降<sup>[15]</sup>等。能够对骨盆后环损伤的患者提供更标准、更有效的临床治疗,是重建骨盆骨折后环稳定性的有效方法之一。

#### 参考文献

- [1] IORIO J A, JAKOI A M, REHMAN S. Percutaneous sacroiliac screw fixation of the posterior pelvic ring[J]. *Orthop Clin North Am*, 2015, 46(4):511-521.
- [2] EASTMAN J G, CHIP ROUTT M L Jr. Correlating preoperative imaging with intraoperative fluoroscopy in iliosacral screw placement[J]. *J Orthop Traumatol*, 2015, 16(4):309-316.
- [3] 李宇能, 孙旭, 吴新宝. 损伤控制技术与早期全面手术在不稳定骨盆骨折治疗中的对比研究[J]. *骨科临床与研究杂志*, 2016, 1(1):18-21.  
LI Y N, SUN X, WU X B. Acute management of unstable pelvic injury: DCO vs. ETC[J]. *J Clin Orthop Res*, 2016, 1(1):18-21. Chinese.
- [4] 黄淑明, 兰树华, 邢海林, 等. 通道螺钉技术在骨盆环脆性骨折中的应用[J]. *中国骨伤*, 2022, 35(4):309-316.  
HUANG S M, LAN S H, XING H L, et al. Effect analysis of trajectory screw technique in fragility fracture of pelvic ring[J]. *China J Orthop Traumatol*, 2022, 35(4):309-316. Chinese.
- [5] MATTA J M. Fracture of the acetabulum: accuracy of reduction and clinical results in patients managed operatively within three weeks after the injury[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1996, 78(11):1632-1645.
- [6] MAJEED S A. Grading the outcome of pelvic fractures[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1989, 71:304-306.
- [7] 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.  
ZHAO C P, WANG J Q, SU Y G, et al. Clinical research on robot-assisted percutaneous pelvic and acetabular screws surgery[J]. *J Peking Univ Health Sci*, 2017, 49(2):274-280. Chinese.
- [8] 徐启飞, 林岚然, 赵代杰, 等. 骶髂关节螺钉联合前环耻骨支螺钉在 Tile B 型骨盆骨折中的应用[J]. *中国骨伤*, 2017, 30(3):202-207.  
XU Q F, LIN K R, ZHAO D J, et al. Clinical application of percutaneous iliosacral screws combined with pubic ramus screws in Tile B pelvic fracture[J]. *China J Orthop Traumatol*, 2017, 30(3):202-207. Chinese.
- [9] GARDNER M J, MORSHED S, NORK S E, et al. Quantification of the upper and second sacral segment safe zones in normal and dysmorphic sacra[J]. *J Orthop Trauma*, 2010, 24(10):622-629.
- [10] GARDNER M J, PARADA S, CHIP ROUTT M L Jr. Internal rotation and taping of the lower extremities for closed pelvic reduction[J]. *J Orthop Trauma*, 2009, 23(5):361-364.
- [11] CHEN X H, ZHENG F, ZHANG G D, et al. An experimental study on the safe placement of sacroiliac screws using a 3D printing navigation module[J]. *Ann Transl Med*, 2020, 8(22):1512.
- [12] WANG X D, LAN H, LI K N. Treatment of femoral neck fractures with cannulated screw invasive internal fixation assisted by orthopaedic surgery robot positioning system[J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(5):864-872.
- [13] ECKER T M, JOST J, CULLMANN J L, et al. Percutaneous screw fixation of the iliosacral joint: a case-based preoperative planning approach reduces operating time and radiation exposure[J]. *Injury*, 2017, 48(8):1825-1830.
- [14] GONZÁLEZ-VARGAS P M, CALERO FÉLIX L, MARTÍN-GALLEGO Á, et al. Evaluation of the implantation of transpedicular screws in spinal instrumentation with free-hand technique and navigation-assisted with intraoperative computed tomography: an analytical-positional study[J]. *Neurocirugia*, 2022, 33(2):71-81.
- [15] KUMAR V, BABURAJ V, PATEL S, et al. Does the use of intraoperative CT scan improve outcomes in Orthopaedic surgery? A systematic review and meta-analysis of 871 cases[J]. *J Clin Orthop Trauma*, 2021, 18:216-223.

(收稿日期:2023-06-10 本文编辑:王玉蔓)