

· 临床论著 ·

激光引导经皮骶髂螺钉内固定治疗骶髂关节
复合体损伤的临床研究王秀峰¹ 黄金山¹ 余佳伟¹ 蔡明^{1△}

[摘要] 目的:探讨激光引导下经皮螺钉内固定治疗骶髂关节复合体损伤的临床疗效。方法:以 2022 年 9 月至 2024 年 5 月行经皮骶髂螺钉内固定治疗的患者为研究对象,以随机数字表法分为徒手置钉组和激光引导组,比较两组患者的透视次数、置钉质量及疗效。结果:激光引导组平均每人透视(21.0±3.4)次,徒手置钉组平均每人透视(30.8±4.4)次,组间差异有统计学意义($P<0.01$)。置钉质量:激光引导组 32 枚螺钉根据 Gras 分级全部为Ⅰ级;徒手置钉组共置入 29 枚螺钉,其中 25 枚为Ⅰ级,4 枚部分穿出为Ⅱ级;两组均无不良置钉,激光引导组Ⅰ级置钉率高于徒手置钉组,差异有统计学意义($P<0.05$)。功能评价按照 Majeed 评分标准,激光引导组评分为(86.1±4.5)分,徒手置钉组评分为(85.2±4.9)分,差异无统计学意义($P>0.05$)。结论:激光引导经皮骶髂螺钉置入技术是安全、有效、简便的技术,可以减少术中射线的暴露,提高置钉的准确性。

[关键词] 骶髂关节复合体损伤;激光引导;经皮螺钉内固定

[中图分类号] R687.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2025)06-0051-05

DOI:10.20085/j.cnki.issn1005-0205.250609

A Clinical Study on the Treatment of the Sacroiliac Joint Complex
Injuries Using Laser-Guided Percutaneous Screw FixationWANG Xiufeng¹ HUANG Jinshan¹ YU Jiawei¹ CAI Ming^{1△}

¹ Zhuji People's Hospital, Shaoxing 311800, Zhejiang China.

Abstract Objective: To investigate the clinical efficacy of laser-guided assisted percutaneous screw fixation for treatment of the sacroiliac joint complex injuries. **Methods:** Patients who underwent percutaneous sacroiliac screw internal fixation from September 2022 to May 2024 were selected as the research subjects. They were randomly divided into the manual group and the laser-guided group. The fluoroscopy times, the quality of screw placement and curative effect were compared between the two groups. **Results:** The laser-guided group averaged (21.0±3.4) times per person. The average time of fluoroscopy per person in the manual group was (30.8±4.4) times, and there was significant difference between the two groups ($P<0.01$). The quality of screw placement was evaluated, with 32 screws placed by the laser-guided group according to the Gras classification all being grade I, while 25 of the 29 screws placed by the manual group were grade I, 4 of which were partially protruding and were grade II. There were no bad screw placements in either group, and the difference between the two groups was statistically significant ($P<0.05$). Functional evaluation was performed according to the Majeed scoring system, with the laser-guided group scoring an average of (86.1±4.5) points, and the manual group scoring an average of (85.2±4.9) points ($P>0.05$). **Conclusion:** Laser-guided percutaneous screw placement is a safe, effective, and convenient technique that reduces radiation exposure and improves screw placement.

Keywords: sacroiliac joint complex injuries; laser-guided; percutaneous screw fixation

骶髂关节复合体损伤在骨盆骨折中的发生率约为

17%~30%,其死亡率较高^[1-2],手术复位和固定是其治疗的金标准,其中骶髂螺钉内固定是首选技术^[3-4],具有创伤小、固定可靠等优点^[5]。然而,徒手置钉技术学习曲线长、风险高,一旦螺钉偏移,可能导致血管、神经损伤等严重后果^[6-8]。近年来,计算机导航、3D 打印

基金项目:2022 年绍兴市卫生健康科技计划项目(2022KY102)

¹ 诸暨市人民医院(浙江 绍兴,311800)

△通信作者 E-mail:Caiming1208@163.com

导航模板、机器人等辅助置钉技术提供了更为精确和安全的术式,但设备昂贵、操作复杂,不利于基层医院应用。为此,作者设计了一种在透视下结合体外可视激光引导的经皮骶髂螺钉置入技术,可减少透视次数,降低置钉偏移风险,尤其适用于缺乏先进设备和技术人员的临床环境,现报告如下。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

收集 2022 年 9 月至 2024 年 5 月于诸暨市人民医院创伤骨科行经皮骶髂螺钉内固定治疗的骶髂关节复合体损伤患者病例资料,共 37 例。以随机数字表法分为徒手置钉组(术中 C 臂机引导徒手置钉,不借助其他辅助技术)和激光引导组(术中 C 臂机联合激光引导辅助置钉)。所有病例均由同一手术团队完成。本研究获得诸暨市人民医院医学伦理委员会批准,所有患者均知情同意并签署知情同意书。

1.2 纳入标准

1)单纯骶髂骨间韧带损伤;2)骶髂关节损伤;3)骨盆骨折 Tile 分类 B、C 型;4)骶骨骨折 Denis 分类 I、II 型;5)Malgaigne 骨折。

1.3 排除标准

1)骶骨及骶髂关节发育异常,骶髂关节关系发生改变,手术安全通道小,不适合行骶髂螺钉固定;2)骶骨进针点附近粉碎性骨折;3)合并严重的肝肾功能不全、心血管疾病等基础疾病;4)开放性骨折。

1.4 方法

1.4.1 术前准备 入院监测患者生命体征,综合治疗。完善骨盆 CT、心肺胸腹部等必要的术前检查,进行综合评估。对骨折有垂直移位倾向的患者,行患侧

股骨髁上牵引,并复查骨盆 X 线片,依据骨盆复位情况,进行牵引重力的调整。根据骨折的类型、移位程度等,制定相应的术式(如置钉部位、置钉数量等)。禁食、清洁灌肠、预防感染等必要的常规术前准备。

1.4.2 手术方法 1)手术体位:采用仰卧位,骶部垫高 3~5 cm 以保证进钉点的操作空间;消毒范围自剑突至膝关节下方(可能需要术中股骨髁上牵引、屈膝等辅助复位)。

2)骨折复位:在术前准备阶段或手术过程中,需进行骨折复位操作。利用 LC II 通道(骨盆 Teepee 像、闭孔斜位入口位和髂骨斜位透视下)和髂臼上通道(骨盆正位和闭孔斜位透视下)置入 Schanz 钉,并逆着骨折的移位方向进行复位操作。若存在垂直方向的移位情况,则需通过牵引或回顶患侧下肢以辅助复位。对于复位困难的病例,需在手术床两侧安装固定架,并将其与外固定设备相连接,以实现更为精确和稳定的复位效果。

3)激光引导下置入骶髂螺钉:骶 1 和骶 2 骶髂螺钉平行通道规划,调整 C 臂机透视出骨盆侧位片(双侧髂骨皮质密度影(Iliac Cortical Density, ICD)和坐骨大切迹分别完全重叠),体表放置网格标志物(见图 1)。确定骶 1 安全三角结构,即由骶 1 椎体后缘、骶孔上缘、骶骨前缘所构成的三角区域,其上界为双侧髂骨密度影。若三角结构能够容纳直径 6.5 mm 或 7.3 mm 的螺钉,则可平行打入骶 1 骶髂螺钉。选择偏上偏前的位置做体表标记,手术床边放置可见激光发射装置(见图 2 和图 3),激光投射到体表定位点,在可见激光的引导下平行置入导针(见图 4),并在骨盆侧位、入口位、出口位方向检验导针的准确性,若有出入

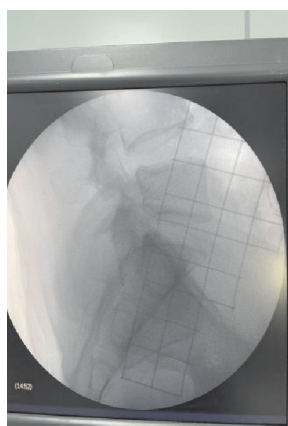


图 1 骨盆侧位网格确定经皮螺钉皮肤进针点

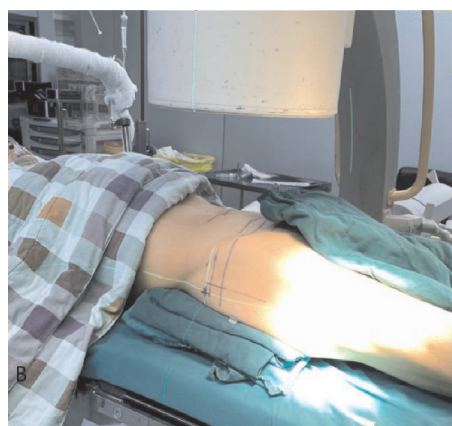


图 2 激光定位

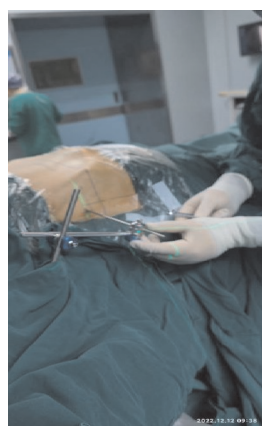


图 3 外架调整进钉套管方向



图 4 激光发射装置及三脚架

则做微调后置入导针至理想位置。测量深度,沿导针拧入合适长度的螺钉。同样的方法确定骶 2 螺钉通道并置入骶 2 螺钉。若骶 1 无平行螺钉通道则单独置入骶 2 螺钉或斜向置入骶 1 螺钉。骶 1 斜向螺钉起点为

骶 1 椎体的后下缘,方向指向骶骨岬。C 臂机侧位网格定位骶 1 后下缘点及导针方向,结合术前骨盆 CT 测量的进钉角度,确定皮肤进针点(与骶 1 后下缘的距离一般为 2~3 cm)。床边可见激光发射装置设置好进

钉角度投射定位皮肤进钉点,在激光引导下置入导针到骨面,C 臂机侧位透视确定导针是否在骶 1 的后下缘,若有偏差则进行微调,打入导针,用 C 臂机在骨盆入口位、出口位和侧位确定导针位置满意后再拧入螺钉。

4)徒手置钉组置钉过程与激光引导组大致相同,置钉过程中需结合医者经验及 C 臂机的透视引导,进行进针点的定位;进针过程中需进行多次 C 臂机透视,随时调整进针角度、方向,安全置入导针后再沿导针拧入骶髂螺钉。

1.4.3 术后处理 术后观察下肢血运、皮肤浅感觉,抗生素预防感染,止痛,低分子肝素预防下肢深静脉血栓等综合治疗;术后第 2 天可做翻身活动;术后 6 周可下床,患肢部分负重;术后 10~12 周可完全负重活动。

1.4.4 评价指标 1)手术透视次数:每位患者手术开始到结束所需要的透视次数。2)置钉质量:术后进行骨盆 CT 检查,采用 Gras 分级系统^[9]来评估骶髂螺钉植入的精确度。若螺钉完全嵌入松质骨内,则被划分为一级;螺钉触碰到骨皮质但没有穿透,属于二级;螺钉部分或完全穿透骨皮质,为三级不良置钉。3)功能

评价:术后患者骨盆功能的恢复情况可以通过 Majeed 评分系统^[10]进行评估。该评分系统从五个维度进行考量:患者的疼痛程度、工作能力、坐姿、性生活(对于没有性生活的患者,该项得分视为满分)以及站立能力。根据这五个方面的综合评分,可以得出总分,满分为 100 分,并定义 85~100 分为优秀,70~84 分为良好,55~69 分为一般,低于 55 分为较差。

1.5 统计学方法

通过 SPSS 26.0 软件进行统计分析。正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 形式描述,采用 t 检验进行组间比较;偏态分布的计量资料采用中位数(四分位间距)描述,比较采用秩和检验。计数资料和等级资料根据资料类型,分别采用卡方检验和秩和检验。 $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

两组患者性别、年龄、骨折类型等组间差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性,见表 1。

2.2 手术透视次数

表 1 两组患者一般资料比较

组别	例数/例	性别		年龄/岁 ($\bar{x} \pm s$)	骨折类型	
		男/例	女/例		B 型/例	C 型/例
徒手置钉组	18	10	8	44.0 $\pm$ 13.4	11	7
激光引导组	19	11	8	41.6 $\pm$ 13.3	12	7
统计检验值		$\chi^2=0.021$		$t=0.552$	$\chi^2=0.016$	
P		1.000		0.584	0.899	

徒手置钉组平均每人透视(30.8 $\pm$ 4.4)次,共置入 29 枚骶髂螺钉,平均每枚螺钉透视 19.1 次;激光引导组平均每人透视(21.0 $\pm$ 3.4)次,置入 32 枚螺钉,平均每枚螺钉透视 12.5 次。激光引导组透视次数显著低于徒手置钉组,差异有统计学意义($t=7.560, P < 0.01$)。

2.3 置钉质量

术后根据骨盆 CT 片采用 Gras 分级评估骶髂螺钉置入位置的准确性。激光引导组共置入 32 枚螺钉,置入位置均为 I 级,无螺钉穿透皮质骨或进入骶管、骶孔。徒手置钉组共置入 29 枚,其中 25 枚为 I 级,4 枚

部分穿出为 II 级,无不良置钉。激光引导组 I 级置钉率高于徒手置钉组,组间差异有统计学意义($\chi^2=4.724, P=0.03$)。

2.4 功能评价

按照 Majeed 评分标准,激光引导组患者评分为 76~94 分,平均分为(86.1 $\pm$ 4.5)分;徒手置钉组患者评分为 76~96 分,平均分为(85.2 $\pm$ 4.9)分。两组患者术后骨盆功能评分均为优秀,组间差异无统计学意义($t=0.536, P=0.595$)。

2.5 典型病例

典型病例影像资料见图 5-图 7。

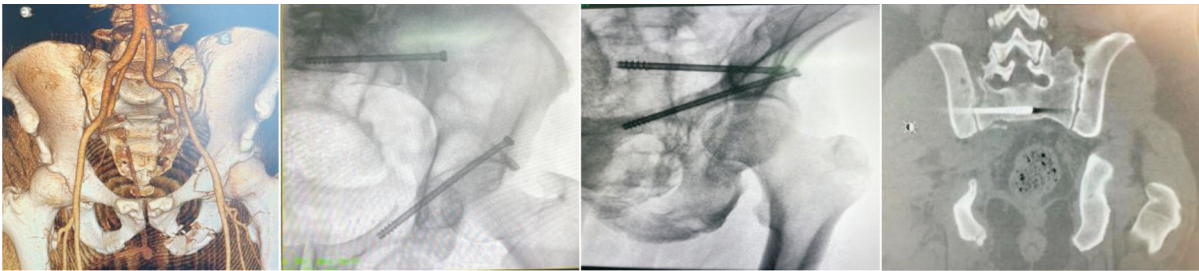


图 5 患者 1 手术前后影像资料



图6 患者2手术前后影像资料



图7 患者3手术前后影像资料

3 讨论

骶髂关节复合体是位于骨盆后环的骨韧带复合结构,主要由髂骨、骶骨及周围韧带组成,在连接躯干与下肢中起着重要的枢纽作用,约占骨盆功能的60%,对骨盆的稳定性起着决定性作用。骶髂关节复合体损伤,即 Tile B型和 Tile C型不稳定骨盆骨折,是骨盆骨折中死亡率较高的骨折^[1-2]。通过手术实现骨盆前后环的复位和稳定,是目前治疗骨盆骨折的金标准^[3]。重建骨盆后环的稳定可通过开放或闭合两种手术方式实现。开放手术创伤大,钢板张力带固定在生物力学上弱于骶髂螺钉固定的强度,骶髂螺钉固定的抗垂直剪切力和抗旋转力较钢板内固定材料更具优势。自1989年 Matta 和 Saucedo 首次提出采用骶髂螺钉治疗骶髂关节损伤,骶髂螺钉内固定目前被认为是治疗骨盆后环骨折的首选技术^[4]。经皮骶髂螺钉固定具有创伤小、固定可靠等优点,甚至一些研究认为经皮骶髂螺钉固定是重建骨盆后环的唯一微创技术^[5]。但骶髂螺钉通道狭窄,前方有髂血管、骶前静脉和骶丛神经,后方有马尾神经等,螺钉偏移容易造成血管神经损伤等严重后果^[6],因此,徒手置钉对于经验丰富的医生也具有一定的挑战。此外,徒手置钉存在透视次数多、手术时间长等弊端。Berger-Groch 等^[11]采用传统 C 臂机透视下经皮置入骶髂螺钉平均需透视 25 次,而导航辅助下仅需 12 次,辐射暴露显著减少了约一半。近年来随着手术机器人的发展,机器人导航辅助骶髂螺钉置入不仅提高了置钉的安全性和准确性,还可以减少手术创伤及失血量,缩短手术时间,减少辐射,提高手术效率^[12-13]。但手术机器人仍有不足,首先,机械臂在运动过程中的空间位置依赖于光学跟踪,一旦跟踪器与光学跟踪装置之间的路径被遮挡,机器人就无法完成定位;其次,机器人手术成本高,普及难度大;第三,

设备需要专业技术人员定期维护,手术室设备有客观要求,无形增加了手术成本。Wu 等^[14]设计的一款组配式 3D 打印导航模板,由底板和导管组成,其优势在于通过术中组配导管,减少了皮肤张力对置入螺钉的准确性影响,不需取出引导底板即可完成置钉,提高了准确性。但这类技术有共同的不足:需要做 5~10 cm 的切口,导板要和骨皮质紧密结合,一旦有软组织残留,或者固定产生微动导致二者产生相对移位,就会造成误差;同时,剥离软组织会造成神经、血管损伤^[15]。Yang 等^[16]根据相同原理设计了一款体外导向模板,导板与置入的外固定支架相结合以减少软组织剥离,为该项技术提供了新思路。

术前根据 CT 结果制定置钉规划,术中根据术前规划进行置钉,以此减少术中的随意性,提高置钉的准确性及置钉速度。本研究中激光引导组置入一枚骶髂螺钉平均需要透视 12.5 次,明显低于徒手置钉组,明显降低了辐射暴露。Zwingmann 等^[17]通过荟萃分析发现 2D 或 3D 传统 X 线透视下存在 2.6% 的错置率,而本组 19 例共置入 32 枚螺钉无一例发生错位,螺钉置入优良率达 100%。Zhao 等^[18]研究指出,与传统 C 臂机辅助螺钉置入相比,机器人辅助置入辐射暴露时间更短,术中透视频率更低,螺钉准确性更高。不过也有文献报道^[7]即使在机器人辅助下也没有明显减少透视时间,关于传统透视方法下置入螺钉平均透视时间的报道差异较大。贾帅军等^[8]报告的计算机辅助三维导航下每枚螺钉置入所需透视时间为 3.5~5.2 min,平均为 (4.55±0.80) min。多中心研究显示,传统透视下单枚螺钉平均透视时间为 126 s^[17],在正常患者中内固定错位发生率达 12%;在骶骨解剖变异的病例中,错位发生率甚至达到 28%^[19]。最常见的医源性损害包括损伤闭孔神经和腰骶干以及髂内动静脉,发生

率高达 8%，此外还包括胃肠道和泌尿生殖系统损伤等并发症^[9]。同时，螺钉错位会增加内固定失败率，导致预后不良，翻修率升高。因此，计算机辅助导航、3D 打印个体化导航模板、骨科机器人和体外导向器等骨科专业先进的设备技术应运而生，并相继应用于临床，参与骶髂螺钉的置入。这些先进的辅助置钉技术提供了较为精确和安全的手术方式，降低了手术难度。但所有这些技术不但设备贵，而且操作复杂，需配备专业的技术人员。本研究提出的技术在上列精良设备的情况下，可以提高置钉的稳定性和准确性，同时具有良好的可复制性。

本研究也有不足之处：1)置钉过程中容易偏移，需要手术过程中进行微调纠正；2)需要一定的徒手置钉经验；3)对术前规划依赖度较高。

综上所述，激光引导经皮骶髂螺钉置入技术是安全有效简便的技术，可以减少术中射线的暴露，提高置钉的准确性，值得推广和应用。

参考文献

- [1] RUATTI S, GUILLOT S, BRUN J, et al. Which pelvic ring fractures are potentially lethal? [J]. *Injury*, 2015, 46(6):1059-1063.
- [2] MCLACHLIN S, LESIEUR M, STEPHEN D, et al. Bio-mechanical analysis of anterior ring fixation of the ramus in type C pelvis fractures[J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2018, 44(2):185-190.
- [3] SANTORO G, BRAIDOTTI P, GREGORI F, et al. Traumatic sacral fractures: navigation technique in instrumented stabilization[J]. *World Neurosurg*, 2019, 131:399-407.
- [4] 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.
- [5] MENDEL T, RADETZKI F, WOHLRAB D, et al. CT-based 3-D visualisation of secure bone corridors and optimal trajectories for sacroiliac screws[J]. *Injury*, 2013, 44(7):957-963.
- [6] ALZOBI O Z, ALBORNO Y, TOUBASI A, et al. Complications of conventional percutaneous sacroiliac screw fixation of traumatic pelvic ring injuries: a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2023, 33(7):3107-3117.
- [7] LONG T, LI K N, GAO J H, et al. Comparative study of percutaneous sacroiliac screw with or without tirobot assistance for treating pelvic posterior ring fractures[J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(3):386-396.
- [8] 贾帅军, 曹峥, 吕尚军, 等. 计算机辅助三维导航下经皮骶髂螺钉固定骨盆后环损伤[J]. *中国骨与关节杂志*, 2014, 3(7):525-530.
- [9] GRAS F, MARINTSCHEV I, WILHARM A, et al. 2D-fluoroscopic navigated percutaneous screw fixation of pelvic ring injuries: a case series[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2010, 11:153.
- [10] MAJEED S A. Grading the outcome of pelvic fractures[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1989, 71(2):304-306.
- [11] BERGER-GROCH J, LUEERS M, RUEGER J M, et al. Accuracy of navigated and conventional iliosacral screw placement in B- and C-type pelvic ring fractures[J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2020, 46(1):107-113.
- [12] LIU H S, DUAN S J, LIU S D, et al. Robot-assisted percutaneous screw placement combined with pelvic internal fixator for minimally invasive treatment of unstable pelvic ring fractures[J]. *Int J Med Robot*, 2018, 14(5):e1927.
- [13] WANG J, ZHANG T, HAN W, et al. Robot-assisted S2 screw fixation for posterior pelvic ring injury[J]. *Injury*, 2023, 54(Suppl 2):S3-S7.
- [14] WU C, DENG J Y, LI T, et al. Combined 3D printed template to guide iliosacral screw insertion for sacral fracture and dislocation: a retrospective analysis[J]. *Orthop Surg*, 2020, 12(1):241-247.
- [15] 王祎, 张立峰, 王斌, 等. 骶髂关节螺钉新型辅助置钉技术的研究进展[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2020, 22(6):507-511.
- [16] YANG F, YAO S, CHEN K F, et al. A novel patient-specific three-dimensional-printed external template to guide iliosacral screw insertion: a retrospective study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2018, 19(1):397.
- [17] 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[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2013, 133(9):1257-1265.
- [18] ZHAO C, ZHU G, WANG Y, et al. TiRobot-assisted versus conventional fluoroscopy-assisted percutaneous sacroiliac screw fixation for pelvic ring injuries: a meta-analysis[J]. *J Orthop Surg Res*, 2022, 17(1):525.
- [19] BOUDISSA M, ROUDET A, FUMAT V, et al. Part 1: outcome of posterior pelvic ring injuries and associated prognostic factors: a five-year retrospective study of one hundred and sixty five operated cases with closed reduction and percutaneous fixation[J]. *Int Orthop*, 2020, 44(6):1209-1215.

(收稿日期:2025-01-01)