

机器人导航下顺行通道经皮螺钉内固定治疗髋臼前柱骨折

文祖洲 叶 贇 吴西智 周 华 罗 昂 陈洪强* 赵 奎^①

(贵阳市第四人民医院骨科, 贵阳 550002)

【摘要】 **目的** 探讨机器人导航下顺行通道经皮螺钉内固定治疗髋臼前柱骨折的临床疗效。**方法** 2021 年 4 月 ~ 2023 年 1 月我科对 7 例髋臼前柱骨折, 利用骨盆“双反”牵引床牵引复位, 骨科机器人辅助设计规划螺钉进针点与方向, 顺行通道空心螺钉内固定。**结果** 手术时间 60 ~ 95 min, 平均 78 min; 术中出血量 5 ~ 20 ml, 平均 8.6 ml; 透视次数 7 ~ 11 次, 平均 8.7 次; 3 例导针未调整, 4 例导针调整 1 ~ 2 次 (调整 1 次 2 例, 调整 2 次 2 例); 实际路径与规划偏离 0.65 ~ 1.50 mm, (0.98 ± 0.30) mm; 螺钉位置优良率 100%。术后 48 h 行 X 线和 CT 检查, 根据 Matta 复位标准: 解剖复位 6 例, 满意复位 1 例。7 例随访时间 6 ~ 28 个月, 平均 15 个月。末次随访时髋关节 Harris 评分 85 ~ 96 分, 平均 91.6 分; 疼痛视觉模拟评分 0 分; 均无感染、内植物松动、神经功能障碍等并发症。**结论** 机器人导航下顺行通道经皮螺钉内固定治疗髋臼前柱骨折安全高效, 效果满意。

【关键词】 机器人; 顺行通道; 经皮螺钉; 髋臼骨折

文献标识: A 文章编号: 1009 - 6604 (2024) 05 - 0350 - 05

doi: 10.3969/j.issn.1009 - 6604.2024.05.006

Treatment of Acetabular Anterior Column Fractures With Antegrade Percutaneous Screw Fixation Under Robot Navigation

Wen Zuzhou, Ye Yun, Wu Xizhi, et al. Department of Orthopedics, Guiyang Fourth People's Hospital, Guiyang 550002, China

Corresponding author: Chen Hongqiang, E-mail: chg3817119@sina.com

【Abstract】 **Objective** To investigate the clinical effect of antegrade percutaneous screw fixation under robot navigation in the treatment of acetabular anterior column fractures. **Methods** A retrospective analysis was made on 7 cases of anterior acetabular column fractures from April 2021 to January 2023. The traction reduction was conducted by using pelvic “double reverse” traction table, the orthopedic robot-assisted design was carried out to plan the screw entry point and direction, and the antegrade channel cannulated screw was used for internal fixation. **Results** The operation time was 60 - 95 min (mean, 78 min). The intraoperative blood loss was 5 - 20 ml (mean, 8.6 ml). The number of fluoroscopy was 7 - 11 (mean, 8.7). The guide needle was unadjusted in 3 cases and adjusted for 1 - 2 times in 4 cases (once in 2 cases and twice in 2 cases). The actual path deviated from the planned by 0.65 - 1.50 mm (mean, 0.98 ± 0.30 mm). The excellent and good rate of screw position was 100%. X-ray and CT examinations were performed at 48 h after the operation. According to the Matta reduction standard, anatomical reduction was achieved in 6 cases and satisfactory reduction in 1 case. All the 7 cases were followed up for 6 - 28 months (mean, 15 months). At the last follow-up, the Harris score of the hip joint was 85 - 96 points (mean, 91.6 points) and the pain of visual analogue scale (VAS) was 0. There were no complications such as infection, loosening of internal fixation, or neurological dysfunction. **Conclusion** Antegrade percutaneous screw fixation under robot navigation in the treatment of acetabular anterior column fractures is safe, effective, and satisfactory.

【Key Words】 Robot; Antegrade passage; Percutaneous screw; Acetabular fracture

* 通讯作者, E-mail: chg3817119@sina.com

① (贵州医科大学临床医学院, 贵阳 550004)

髌臼骨折是一种严重的高能量损伤,发生率占所有骨折的 2% ~ 8%,即使是经验丰富的外科医生也很难处理^[1]。Letournel-Judet 是目前常用分类系统,根据髌臼前后柱和前后壁的不同骨折组合,分为单一骨折和复合骨折,其中前柱骨折占 7.2%^[2]。与所有关节内骨折一样,髌臼骨折获得满意预后的关键是重建髌臼与股骨头的精确一致性,恢复关节面完整性,为早期康复提供强大有效的内固定力量^[3]。传统切开复位内固定由于髌臼周围解剖结构的特殊性,容易损伤血管、神经且术中需多次透视^[4,5],对术者的经验要求很高。近年来,骨科机器人的不断发展,为髌臼骨折微创化、螺钉置入的准确性及辐射暴露提供有利条件。2021 年 4 月 ~ 2023 年 1 月我科采用骨科机器人导航下顺行通道经皮螺钉内固定治疗 7 例髌臼前柱骨折,现报道如下。

1 临床资料与方法

1.1 一般资料

本组 7 例,男 5 例,女 2 例。年龄 28 ~ 50 岁,平均 39.0 岁。均因髌部疼痛伴活动受限就诊,无神经症状。均有明确外伤史,高坠伤 3 例,车祸伤 2 例,自行摔伤 2 例。左侧 4 例,右侧 3 例。受伤至手术时间 3 ~ 7 d, (4.4 ± 1.4) d。疼痛视觉模拟评分 (Visual Analogue Scale, VAS) 5 ~ 9 分, (7.1 ± 3.3) 分。均行 X 线、CT 检查,诊断为髌臼骨折,Letournel-Judet 分型前柱骨折。合并耻骨上下支骨折 2 例,髌骨、耻骨梳、耻骨上下支骨折 1 例,耻骨梳骨折 1 例。合并原发性高血压 3 级 (极高危组) 1 例。

病例选择标准:①髌臼骨折 Letournel-Judet 分型为前柱骨折;②新鲜闭合性髌臼骨折。排除标准:①髌臼保守治疗;②开放性、陈旧性髌臼骨折;③髌臼前柱骨折明显分离移位;④因自身原因不能耐受手术。

1.2 方法

手术均由同一组医生完成。腰麻联合硬膜外麻醉,取平卧位。利用骨盆“双反”牵引床牵引复位,3D C 形臂透视见骨折复位效果。常规消毒铺单,于健侧髌前上棘处取长约 1 cm 切口,用电钻打入斯氏针,将示踪器牢靠固定 (图 1, 2),连接天玑系统。3D C 形臂采集骨盆正位、出入口位、闭孔斜位、髌骨

斜位等图像,将图像数据传输至机器人工作平台 (图 3, 4),由一名高年资主任医师以髌臼内侧缘与真性骨盆狭窄通道为中心,模拟设计螺钉置入位置、长度,确定螺钉位置,控制机械臂移动至规划路径并进行微调,直至操控界面提示精准度小于 1 mm 且界面显示为绿色 (图 5)。按规划位置于患侧臀部取长约 1 cm 切口,钝性分离软组织至髌骨骨面,插入套筒,直至套筒末端至髌骨骨面,再次进行微调,直至操控界面提示精准度小于 1 mm 且界面显示为绿色。按设计规划路径在机械臂引导下从髌骨翼指向耻骨联合方向予电钻打入导针 1 枚 (图 6),3D C 形臂透视骨盆正位、出入口位、闭孔斜位、髌骨斜位,见导针位置良好,骨折对位对线良好,导针未进入关节腔及穿出骨皮质,按规划螺钉长度,顺导针方向拧入空心加压螺钉,再次 3D C 形臂透视骨盆正位、闭孔入口位、出口位,见螺钉位置良好,未进入关节腔及穿出骨皮质,拔除导针,无菌生理盐水冲洗,逐层缝合切口,无菌敷料包扎。骨盆环稳定,骨折无明显移位,合并骨折均未行特殊处理。

术后预防性应用抗生素防止感染,常规利伐沙班片抗凝预防深静脉血栓等治疗。在医生指导下及早行髌、膝关节功能康复锻炼。术后 2 d 复查 X 线片、CT,评价复位标准及判断螺钉位置。术后 4 ~ 6 周后复查 X 线片,根据复查情况扶拐下部分负重,2 ~ 3 个月后复查 X 线片,根据骨折愈合情况逐渐脱拐至正常行走。

1.3 观察指标

①手术时间 (从皮肤切口到切口缝合完成)、术中出血量 (术中吸引液体量 - 冲洗液体量)、透视次数、导针调整次数、螺钉最终位置与规划时的偏移量和并发症。②术后 CT 检查判断螺钉位置^[6]:优,螺钉完全位于通道内;良,螺钉与皮质骨部分接触但未穿出;差,螺钉穿出皮质骨或进入关节腔。③术后 48 h 行 X 线和 CT 检查,采用 Matta 复位标准^[7]评价骨折复位质量:骨折移位 0 ~ 1 mm 为解剖复位,2 ~ 3 mm 为复位满意,3 mm 以上为复位不满意。④末次随访髌关节 Harris 评分、骨折部位疼痛 VAS 评分。

2 结果

手术时间 60 ~ 95 min,平均 78 min。术中出血

量 5 ~ 20 ml, 平均 8.6 ml。透视次数 7 ~ 11 次, 平均 8.7 次。3 例导针未调整, 4 例导针调整 1 ~ 2 次 (调整 1 次 2 例, 调整 2 次 2 例)。实际路径与规划偏离 0.65 ~ 1.50 mm, 平均 0.98 mm。共置入螺钉 7 枚, 螺钉位置 5 枚为优, 2 枚为良。根据 Matta 复位标准: 解剖复位 6 例, 满意复位 1 例。7 例随访 6 ~ 28 个月, 平均 16 个月, 其中 > 24 个月 2 例。末次随访髋关节 Harris 评分 85 ~ 96 分, (91.6 ± 4.0) 分; VAS 疼痛评分 0 分; 均无感染、内植物松动、神经功能障碍等并发症。典型病例见图 7。

3 讨论

髋臼骨折比较复杂, 骨折类型繁多, 是骨科医师面临的一大挑战。没有一个理想的手术入路适用于所有髋臼骨折, 选择合适的手术入路至关重要, 但即使完全了解骨折形态和选择正确的手术入路, 想要髋臼骨折获得解剖复位, 仍然是骨科医师一个很大的挑战。因此, 对于术者来说, 必须做到以下几点: ①髋臼骨折的手术经验; ②准确的骨折分型; ③合适的手术入路; ④牢靠的固定。髋臼骨折手术治疗旨在为恢复髋臼解剖结构的对称性和稳定性。切开复位内固定是此类骨折的首选治疗方案, 但随之而来的是软组织严重损伤、出血较多、感染风险高^[4,5]。即使是经验丰富的外科医生, 徒手技术顺行前柱螺钉固定也不容易准确插入。由于入线点不确定, 骨通道狭窄, 准确插入导针通常需要花费大量时间, 给患者和手术医生带来过多的辐射暴露。随着微创技术的发展和骨通道结构概念的提出, 经皮螺钉技术治疗髋臼骨折已被应用于临床, 并被证明是有效的。1992 年 Gay 等^[8]首次报道基于 CT 定位下经皮螺钉内固定术治疗髋臼骨折是可行的, 能够提高螺钉准确率, 减少手术创伤, 出血量等。然而髋臼的解剖结构复杂, 周围有许多重要的神经和血管, 以往的透视螺钉置入容易出现螺钉错位, 甚至微小的角度改变都可能导致螺钉穿孔, 导致神经血管损伤。同时, 该技术也存在一些弊端, 需要手术医师有一定的经验及对髋臼解剖结构的掌握, 对于低年资医师来说操作有不小难度^[9]。

近年来, 随着计算机技术在骨科中的发展, 基础

研究不断改进, 骨科手术机器人已逐渐进入我们视野, 机器人导航下骨科手术治疗也已逐渐兴起^[10]。骨科机器人引导下经皮螺钉内固定具有准确、方便等优点, 已有文献^[11,12]报道。机器人导航下螺钉内固定进一步保障螺钉置入的准确性, 弥补基于 CT 或 X 线定位下的不足, 提高复杂手术的安全性, 并且可以降低手术风险和术中辐射暴露问题。重要的是, 机器人辅助下能通过术前成像、术中实时跟踪、机械臂辅助等进行螺钉位置规划, 确保螺钉放置位置与规划一致。赵春鹏等^[13]报道机器人能够准确定位髋臼螺钉置入位置, 实现髋臼骨折治疗的微创化, 减少住院时间及 ICU 的使用率。Liu 等^[14]比较机器人辅助下经皮前柱螺钉内固定与经 Kocher-Langenbeck (K-L) 入路钢板螺钉内固定治疗髋臼横断骨折, 虽然在复位质量、住院时间、骨折愈合时间和功能无显著差异, 但机器人辅助下螺钉内固定在手术时间、出血量、无创性等方面具有明显优势。Mouhsine 等^[15]报道 21 例传统透视经皮逆行螺钉固定治疗髋臼骨折平均透视 62 次, Crowl 等^[16]报道 23 例传统透视髋臼前柱骨折闭合复位经皮螺钉内固定平均透视 73 次。本组采用机器人导航下顺行通道经皮螺钉内固定治疗 7 例髋臼前柱骨折, 术中透视 7 ~ 11 次, 平均 8.7 次, 3 例导针未调整, 4 例导针调整 1 ~ 2 次 (调整 1 次 2 例, 调整 2 次 2 例), 螺钉位置优良率 100% (7/7), 由此可见, 机器人导航下能够明显降低术中透视次数, 减少术中辐射暴露。在未来, 机器人辅助骨科手术将成为一种更加可行的工具, 在实现更高精度手术的同时, 并节省手术时间。

本研究存在一定不足: ①纳入样本量较小, 术后随访时间较短, 未来会纳入更多的患者, 进一步扩大机器人手术的适应证; ②缺乏对照; ③由于缺乏相应的设备, 机器人辅助骨科手术可能在大多数医疗机构尚未普及。

综上所述, 采用机器人导航下顺行通道经皮螺钉内固定治疗髋臼前柱骨折是一种安全有效的选择, 术中透视次数少、螺钉置入准确率高, 并发症少, 符合现阶段国际医学所推崇个性化、微创化的手术理念, 复杂手术简单化, 简单手术精细化, 是未来发展的趋势。

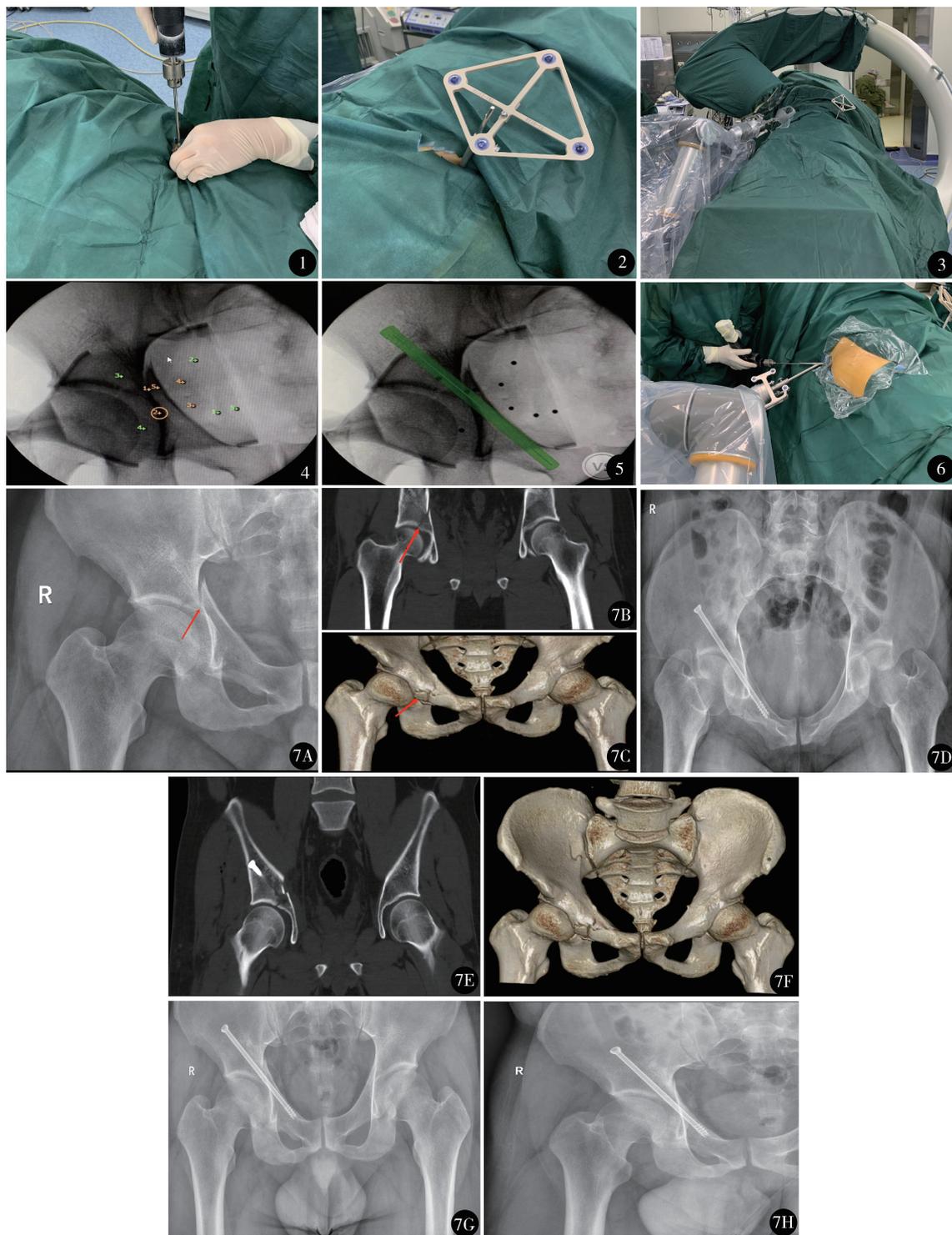


图 1,2 健侧髂前上棘处取长约 1 cm 切口,用电钻打入斯氏针,将示踪器牢固固定 图 3,4 3D C 形臂采集骨盆正位、出入口位、闭孔斜位、髌骨斜位等图像,将图像数据传输至机器人工作平台,拾取标记点 图 5 模拟设计螺钉置入位置、长度 图 6 根据设计规划路径在机械臂引导下从髌骨翼指向耻骨联合方向予电钻打入导针 图 7 A ~ C. 术前 X 线、CT 示右侧髌臼骨折 (Letournel-Judet 分型前柱骨折); D ~ F. 术后 X 线片、CT 示右侧髌臼骨折内固定术后骨折对位对线可; G, H. 术后 7 个月 X 线片示右侧髌臼骨折内固定术后,可见连续性骨痂通过骨折线,骨折线模糊

参考文献

- 1 Brand A, von Rűden C, Probst C, et al. Early biomechanical outcome in patients with acetabular fractures treated using the pararectus approach: a gait and stair climb analysis study. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2022, 48(2):1307 – 1316.
- 2 Letournel E. Acetabulum fractures: classification and management. *Clin Orthop Relat Res*, 1980, (151):81 – 106.
- 3 Baumann F, Schmitz P, Mahr D, et al. A guideline for placement of an infra-acetabular screw based on anatomic landmarks via an intra-pelvic approach. *J Orthop Surg Res*, 2018, 13(1):77.
- 4 Reichel LM, MacCormick LM, Dugarte AJ, et al. Minimally invasive anterior pelvic internal fixation: An anatomic study comparing pelvic bridge to INFIX. *Injury*, 2018, 49(2):309 – 314.
- 5 Eastridge BJ, Starr A, Minei JP, et al. The importance of fracture pattern in guiding therapeutic decision-making in patients with hemorrhagic shock and pelvic ring disruptions. *J Trauma*, 2002, 53(3):446 – 451.
- 6 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. *北京大学学报(医学版)*, 2017, 49(2):274 – 280.
- 7 Matta JM. Operative treatment of acetabular fractures through the ilioinguinal approach: a 10-year perspective. *J Orthop Trauma*, 2006, 20(1 Suppl):S20 – S29.
- 8 Gay SB, Siström C, Wang GJ, et al. Percutaneous screw fixation of acetabular fractures with CT guidance: preliminary results of a new technique. *AJR Am J Roentgenol*, 1992, 158(4):819 – 822.
- 9 聂玉琪, 汪国栋, 孟乘飞, 等. 三维数字规划结合导航与单纯导航下经皮髌臼前柱螺钉内固定术的对比研究. *中华创伤杂志*, 2017, 33(1):51 – 56.
- 10 Pavelka T, SaláÁšek M, DŽupa V. Causes of changes in the spectrum of acetabular fractures in the last 20 years. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*, 2020, 87(5):329 – 332.
- 11 Liu Z, Gu Y, Jin X, et al. Comparison of outcomes following TiRobot-assisted sacroiliac screw fixation with bone grafting and traditional screw fixation without bone grafting for unstable osteoporotic sacral fracture: A single-center retrospective study of 33 patients. *Med Sci Monit*, 2021, 27:e932724.
- 12 Liu ZJ, Hu YC, Tian W, et al. Robot-aided minimally invasive lumbopelvic fixation in treatment of traumatic spinopelvic dissociation. *Orthop Surg*, 2021, 13(2):563 – 572.
- 13 赵春鹏, 肖鸿鹄, 汪凯文, 等. 骨科机器人辅助髌臼骨折微创手术的临床研究. *中华创伤骨科杂志*, 2020, 22(12):1021 – 1028.
- 14 Liu ZJ, Gu Y, Jia J. The Kocher-Langenbeck approach combined with robot-aided percutaneous anterior column screw fixation for transverse-oriented acetabular fractures: a retrospective study. *BMC Musculoskelet Disord*, 2022, 23(1):345.
- 15 Mouhsine E, Garofalo R, Borens O, et al. Percutaneous retrograde screwing for stabilisation of acetabular fractures. *Injury*, 2005, 36(11):1330 – 1336.
- 16 Crowl AC, Kahler DM. Closed reduction and percutaneous fixation of anterior column acetabular fractures. *Comput Aided Surg*, 2002, 7(3):169 – 178.

(收稿日期:2023 – 11 – 24)

(修回日期:2024 – 04 – 05)

(责任编辑:李贺琼)