

机器人导航辅助下联合 3D-C 型臂微创手术治疗手舟骨骨折的临床疗效分析

任京天¹ 李世昌² 王中宇² 张谦¹ 安明¹ 贾红伟¹

【摘要】 目的 研究机器人导航辅助下联合 3D-C 型臂微创手术治疗手舟骨骨折的安全性和有效性。**方法** 回顾性分析保定市第一中心医院 2020 年 5 月至 2023 年 7 月收治的 11 例手舟骨骨折病人,其中男 9 例,女 2 例,平均年龄为 33.8 岁(20~65 岁),对病人行机器人导航辅助下联合 3D-C 型臂双头螺纹空心加压螺钉内固定手术治疗。术后记录病人并发症的发生情况,比较术前、术后第 1 天、术后第 3 天炎症指标的变化,采用疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分、Mayo 腕关节评分及腕关节活动度评价功能恢复情况。**结果** 机器人导航手术均顺利完成,平均手术时间 64.1 min(50~100 min),微创手术出血均少量,平均随访时间 5.5 个月(3~14 个月),所有病人术后均无并发症发生。病人术后 X 线片及 CT 扫描显示手舟骨内固定螺钉位置良好,骨折位置良好。病人术后第 1 天、术后第 3 天的炎症指标与术前比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),各时间点两两比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。病人术后 1 个月、末次随访时的 VAS 评分和 Mayo 腕关节评分与术前比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$),且末次随访时与术后 1 个月比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。末次复查 X 线片及 CT 扫描见骨折均愈合良好,病人伤侧腕关节平均主动活动度为:屈曲 71.2°、背伸 67.5°、尺偏 42.6°、桡偏 21.8°,功能活动良好。**结论** 机器人导航辅助下联合 3D-C 型臂微创手术治疗手舟骨骨折安全有效,该手术精度高,创伤小,术后反应小,恢复快。

【关键词】 手舟骨骨折;机器人导航;3D-C 型臂;腕关节

Clinical Efficacy Analysis of Minimally Invasive Surgery with 3D-C Arm Assisted by Robot Navigation in the Treatment of Scaphoid Fractures. Ren Jingtian¹, Li Shichang², Wang Zhongyu², Zhang Qian¹, An Ming¹, Jia Hongwei¹. ¹The Third Department of Orthopaedics, Bao Ding No. 1 Central Hospital, Baoding 071000, China; ²Graduate School of Chengde Medical College, Chengde 067000, China

Corresponding author: Jia Hongwei, E-mail: 19273360270@163.com

【Abstract】 Objective To study the safety and effectiveness of using robot navigation assisted combined with 3D-C arm minimally invasive surgery for the treatment of scaphoid fractures. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 11 patients with scaphoid fractures admitted to Baoding No. 1 Central Hospital from May 2020 to July 2023, including 9 males and 2 females with an average age of 33.8 years (20-65 years). The patients were treated with robotic navigation assisted surgery combined with 3D-C arm type double head threaded hollow compression screw internal fixation. The occurrence of complications in patients after surgery was recorded, the changes in inflammatory indicators before surgery, on the first day after surgery, and on the third day after surgery was compared, and functional recovery was evaluated using visual analogue scale (VAS) scores, Mayo wrist joint scores, and wrist joint range of motion. **Results** The robot guided surgery was successfully completed, with an average operation time of 64.1 min (50-100 min). The minimally invasive surgery had minimal bleeding, and the average follow-up time was 5.5 months (3-14 months). All patients had no postoperative complications. The patient's postoperative X-ray and CT scan showed that the position of the internal fixation screw of the scaphoid bone was good, and the fracture location was good. There was no statistically significant difference ($P > 0.05$) in the inflammatory indicators of patients on the first and third day after surgery compared with preoperative levels, and there was no statistically significant difference ($P > 0.05$) in pairwise comparisons at each time point. The VAS score and Mayo wrist joint score of the patient at one

DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2024.05.006

基金项目:保定市科技计划项目(2241ZF242)

作者单位:1. 保定市第一中心医院骨三科,河北保定 071000;2. 承德医学院研究生院,河北承德 067000

通信作者:贾红伟, E-mail: 19273360270@163.com

month after surgery and at the last follow-up were significantly different from those before surgery ($P < 0.05$), and there was a significant difference between the last follow-up and one month after surgery ($P < 0.05$). The last follow-up X-ray and CT scan showed that the fractures healed well, and the average active range of motion of the injured wrist joint were: 71.2° in flexion, 67.5° in dorsiflexion, 42.6° in ulnar deviation, 21.8° in radial deviation, with good functional activity. **Conclusion** The combination of robot navigation assisted and 3D-C arm minimally invasive surgery for the treatment of scaphoid fractures is safe and effective, with high precision, minimal trauma, minimal postoperative reactions, and fast recovery.

【Key words】 Scaphoid fractures; Robot navigation; 3D-C arm; Wrist joint

手舟骨骨折是临床上常见的腕骨骨折,多见于青年人,约占腕部骨折的50%~70%,常为手舟骨腰部骨折^[1-2]。坚强且有效的内固定是促进骨折端血供重建、有利于骨折愈合的关键,目前临床上比较明确的手术方法是在透视下使用经皮螺钉固定手舟骨骨折^[3-4]。因为手舟骨形态不规则,血运比较差,如何使用微创手术将螺钉准确固定于手舟骨的中央且尽量减少手舟骨坏死的发生率是目前临床面临的一个难题。随着机器人导航技术的发展,微创手术在创伤外科中的应用越来越广泛^[5]。本研究采用机器人导航辅助下联合3D-C型臂双头螺纹空心加压螺钉内固定治疗手舟骨骨折的病人,探讨该方法的临床疗效。

资料与方法

一、纳入标准与排除标准

纳入标准:①伤后2周之内的手舟骨骨折病人;②伤前腕关节活动度正常,无腕关节炎等疾病;③同意接受该方法治疗,并获得临床随访的病人。

排除标准:①伤后超过2周的病人;②手舟骨开放性骨折;③伤前腕关节活动度差,合并有腕关节炎疾病病人。

二、一般资料

选取2020年5月至2023年7月,保定市第一中心医院收治的手舟骨骨折病人11例,均采用天玑机器人导航辅助下微创手术治疗,其中男9例,女2例;平均年龄33.8岁(20~65岁);骨折类型均为手舟骨腰部无明显移位或轻度移位的骨折。

三、手术方法

所有手术均由高年资医生完成。病人全身麻醉,取平卧位,上肢外展,将患肢放于机器人专用上肢外展支架上,使用无菌绷带将手牢靠固定于支架上,避免术中微动,将机器人示踪器安装在上肢外展支架上,使用3D-C型臂透视机扫描手舟骨骨折处的数据,然后将数据传输到机器人导航里,术者在机器人显示屏上行螺钉植入的规划,然后在机械臂

上安装定位套筒,由骨科机器人机械臂进行定位,在皮肤上作一个长约0.5 cm皮肤切口,使用纹氏钳分离软组织至骨面,再次确认导航无误差,沿定位套筒打入导针。3D-C型臂再次扫描,确认导针在手舟骨中央,在机器人显示器上测量好长度,将直径和长度合适的双头螺纹空心加压螺钉沿导针方向拧入手舟骨,扫描确认骨折位置良好,螺钉位置良好,缝合手术切口,腕部石膏固定2周。

四、术后处理和随访

术后给予间断冰敷消肿,术后第2天开始指导病人行指间关节、掌指关节被动锻炼和主动锻炼,术后2周拆除石膏,行腕关节主动和被动非负重锻炼,待病人复查见骨折端有骨痂时逐步负重锻炼。通过比较病人术前、术后第1天、术后第3天白细胞计数、中性粒细胞计数、红细胞沉降率(ESR)、C反应蛋白(CRP)的变化,术前、术后1个月和末次随访时的疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分、Mayo腕关节评分(优:90~100分;良:80~89分;可:60~79分;差:小于60分)及腕关节活动度,来评估术后临床效果。

五、统计学方法

应用SPSS 20.0统计软件(IBM公司,美国)分析数据,计量资料两两比较采用配对样本 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

所有病人均通过门诊获得随访,11例病人平均手术时间为64.1 min(50~100 min),微创手术出血均少量,平均住院时间6.5 d(3~14 d),平均随访5.5个月(3~14个月)。所有病人未发生感染、血肿、神经、血管损伤等并发症,手术切口均甲级愈合良好。病人术后第1天和术后第3天的白细胞计数、中性粒细胞计数、ESR、CRP与术前比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),术后第3天和术后第1天比较,差异无统计学意义($P > 0.05$,表1)。术后3个月门诊复查时X线片及CT均看不到骨折线,显示骨折愈合。病

人术后 1 个月、末次随访时的 VAS 评分和 Mayo 腕关节评分与术前比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 且末次随访时与术后 1 个月比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$, 表 2)。末次随访时腕关节 VAS 疼痛评分平均为 1 分 (0~2 分); Mayo 腕关节评分平均为 94.3 分 (90~98 分), 11 例病人均为优, 且病人伤侧腕关节平均主动活动度为: 屈曲 71.2° 、背伸 67.5° 、尺偏 42.6° 、桡偏 21.8° , 功能活动良好。典型病例见图 1。

讨 论

一、手舟骨骨折治疗的趋势

表 1 病人术前术后炎症指标 ($\bar{x} \pm s$)			
指标	术前	术后第 1 天	术后第 3 天
白细胞计数 ($\times 10^9/L$)	5.78 ± 1.41	5.82 ± 1.06	5.72 ± 1.25
中性粒细胞计数 ($\times 10^9/L$)	3.48 ± 0.97	3.55 ± 1.19	3.40 ± 1.15
ESR (mm/h)	15.27 ± 2.97	15.81 ± 6.57	16.73 ± 5.78
CRP (mg/L)	7.52 ± 2.69	8.60 ± 3.53	7.98 ± 2.13

表 2 病人术前、术后 1 个月及末次随访的 VAS 评分和 Mayo 腕关节评分 ($\bar{x} \pm s$, 分)			
指标	术前	术后 1 个月	末次随访
VAS 评分	4.82 ± 0.87	$2.00 \pm 0.77^*$	$1.00 \pm 0.63^{**}$
Mayo 评分	25.00 ± 2.05	$61.27 \pm 3.88^*$	$94.27 \pm 3.00^{**}$

注: *与术前比较, $P < 0.05$; **与术后 1 个月比较, $P < 0.05$

手舟骨的解剖结构比较特殊, 其特殊的逆行供血特点致其血供较为脆弱, 骨折后不及时治疗, 容易发生缺血性坏死、骨折不愈合, 进而发展为腕关节炎^[6-7]。目前临床上对手舟骨骨折的治疗方法仍存在争议, 对于无移位或轻度移位的手舟骨骨折可采用保守治疗, 需要管形石膏固定 8~12 周左右^[8], 骨折也可获得愈合, 但是长时间石膏固定不仅会导致日常生活不便, 更容易导致腕关节僵硬^[9-10]。因此, 手术治疗逐渐被更多的医生推荐, 目前临床较为常用的手术治疗方法为经皮螺钉固定^[11], 螺钉固定又有半螺纹空心钉和全螺纹空心钉, 术中为了将螺钉固定于手舟骨的中央, 可能需要反复调整导针的位置并多次透视, 不仅增加病人和手术医生的辐射暴露, 而且可能会造成手舟骨血运的破坏及软骨的损伤, 增加手术的时间。如何降低医源性创伤, 减少辐射暴露, 缩短手术时间, 又可以将螺钉置于理想的手舟骨中轴线上是目前临床上所面临的难题^[12-13]。目前临床上可以通过 3D 打印辅助技术, 腕关节镜辅助技术准确植入手舟骨螺钉, 其中 3D 打印技术需要术前进行 CT 扫描重建并制备模具, 术前准备时间相对较长。使用腕关节镜辅助下行螺钉植入点选择并打入螺钉, 操作空间小, 手术技术要求高, 手术时间相对较长^[14-15]。使用机器人辅助下螺钉植入技术, 手术之前无需特殊的准备, 只需术中使用 3D-C 型臂扫描数据即可, 在机器人显示器上进行螺钉植入的

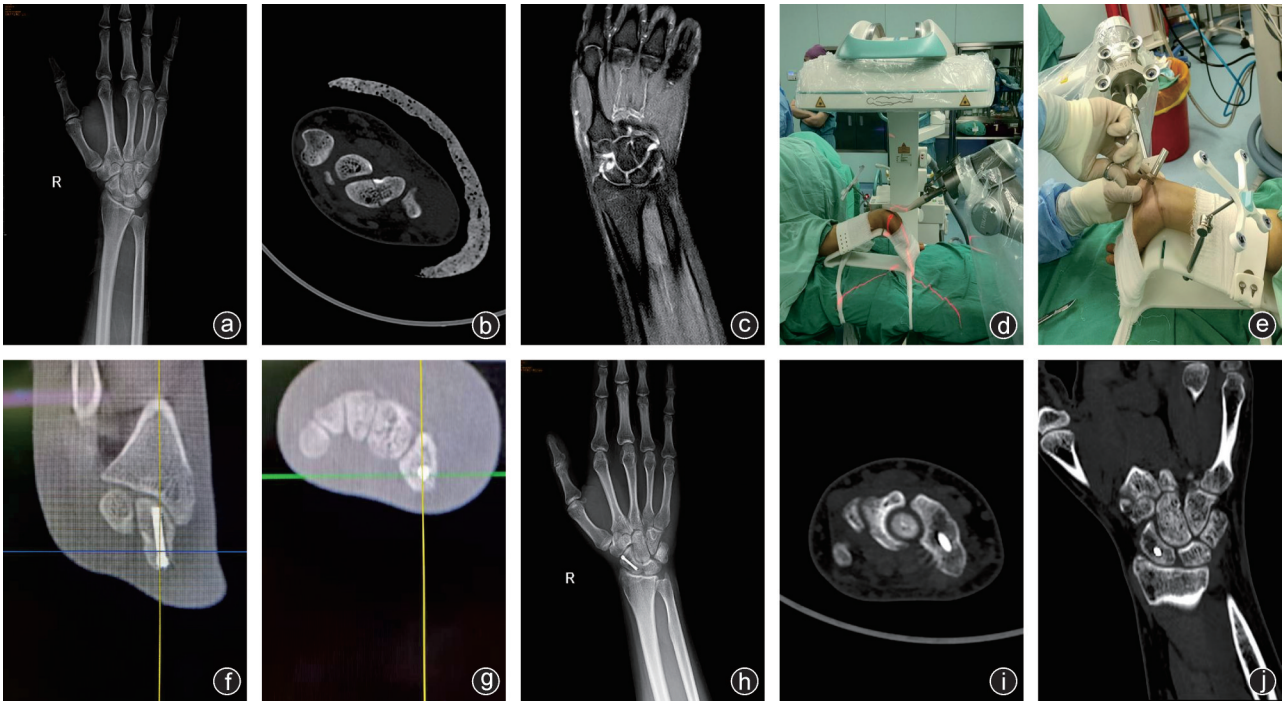


图 1 病人, 男, 22 岁, 诊断为右侧手舟骨腰部骨折 a~c: 术前手舟骨骨折的 X 线片、CT、MRI; d、e: 3D-C 型臂扫描骨折数据, 进行术前规划及定位; f、g: 3D-C 型臂验证螺钉是否在手舟骨中央; h~j: 术后 3 个月随访时 X 线片及 CT 均显示骨折愈合

术前规划,可将误差控制在1 mm之内,将螺钉精准植入,可以有效降低医源性损伤,缩短手术时间,减少术中透视次数,从而减少病人以及手术医生的辐射暴露。

二、机器人导航手术的优、缺点

我科机器人导航有以下优势:①行机器人手术时将手放于机器人专用的上肢外展支架上,相比于将手放在手术桌面上固定更牢靠,术中可避免发生微动,保证了手术的精准性。②使用3D-C型臂透视机扫描手舟骨,相当于对手舟骨行CT扫描,术后再次使用3D-C型臂扫描,更能精准验证螺钉植入,保障手术的精准性和安全性。③目前临床上使用半螺纹空心钉和全螺纹空心钉固定手舟骨较多,我科采用双头螺纹空心加压螺钉固定手舟骨,可以对骨折断端进行加压,更有利于促进骨折愈合。④机器人导航下可精准植入螺钉,误差在1 mm之内。⑤手术切口采用微创操作,不破坏手舟骨周围的血供,有利于促进骨折的愈合,并且通过术前和术后的化验结果数据分析得出机器人手术对病人创伤反应小,进一步印证了机器人的微创治疗。⑥允许病人早期功能锻炼,有助于腕关节功能早期恢复,术后恢复快,住院时间短。但是该手术仍有一些缺点:①该手术需要在全身麻醉下进行,病人术中不能有微动,避免影响手术操作精准。②骨科导航机器人价格较昂贵。③机器人导航不能辅助复位。

综上,机器人导航辅助下联合3D-C型臂双头螺纹空心加压螺钉固定手舟骨骨折,保证了螺钉植入的高精度,对骨折断端进行加压,为骨折的顺利愈合提供良好的条件,降低了手舟骨坏死和骨折不愈合的发生率,早期功能锻炼,降低了腕关节僵硬的发生率,术中透视次数少,保护了病人和医务人员不受辐射,创伤小,病人术后反应小,并且学习机器人操作简单,学习曲线相对较短。机器人导航技术在创伤骨科的应用是未来的发展趋势,病人更倾向于微创手术,并且对手术效果的要求越来越高,今后机器人发展的方向是可以通过微创辅助复位,并微创植入螺钉。本研究仍存在一些不足,其性质属于回顾性研究,可能有一定的选择偏差,纳入样本量较少,且病人术后随访时间较短,没有远期随访病人腕关节功能及并发症情况。

参 考 文 献

- [1] 方杰,朱辉,郑大伟,等. 机器人导航经皮内固定治疗新鲜无移位的舟骨腰部骨折的疗效分析[J]. 中华创伤骨科杂志, 2021, 23(11): 982-986.
- [2] Sabbagh MD, Morsy M, Moran SL. Diagnosis and management of acute scaphoid fractures[J]. Hand Clin, 2019, 35(3): 259-269.
- [3] Engel H, Xiong L, Heffinger C, et al. Comparative outcome analysis of internal screw fixation and Kirschner wire fixation in the treatment of scaphoid nonunion[J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2020, 73(9): 1675-1682.
- [4] 毛仁群,王培吉,姚海波,等. 掌侧经皮埋头空心加压螺钉内固定微创治疗新鲜腕舟骨腰部骨折[J]. 中华手外科杂志, 2019, 35(5): 329-332.
- [5] 李川,阮默,苏踊跃,等. 手术机器人在骨科领域中的应用及发展[J]. 中华创伤骨科杂志, 2021, 23(3): 272-276.
- [6] Dias JJ, Brealey SD, Fairhurst C, et al. Surgery versus cast immobilisation for adults with a bicortical fracture of the scaphoid waist (SWIFFT): a pragmatic, multicentre, open-label, randomised superiority trial[J]. Lancet, 2020, 396(10248): 390-401.
- [7] Schriever T, Olivecrona H, Wilcke M. There is motion between the scaphoid and the lunate during the dart-throwing motion[J]. J Plast Surg Hand Surg, 2021, 55(5): 294-296.
- [8] Cheng C, Jiang Z, Sun H, et al. Arthroscopic treatment of unstable scaphoid fracture and nonunion with two headless compression screws and distal radius bone graft[J]. J Orthop Surg Res, 2023, 18(1): 52.
- [9] 杨晨松,陈春华,李建锐,等. 掌侧经皮 Herbert 钉内固定治疗微小移位腕舟骨骨折[J]. 中华手外科杂志, 2019, 35(5): 332-333.
- [10] Surucu S, Kehribar L. Non-displaced scaphoid waist fractures: percutaneous screw fixation versus cast immobilization[J]. Cureus, 2022, 14(2): e22684.
- [11] Dodds SD, Zalikha AK, Rush AR, et al. A retrospective review of differences in complication rates between dorsal percutaneous and mini-open surgical fixation of scaphoid fractures[J]. J Wrist Surg, 2021, 10(1): 42-47.
- [12] Al-Ashhab ME, Elbegawi H. Percutaneous screw fixation for scaphoid fractures[J]. Orthopedics, 2017, 40(4): e729-e734.
- [13] Hegazy G, Alshal E, Abdelaal M, et al. Kirschner wire versus Herbert screw fixation for the treatment of unstable scaphoid waist fracture nonunion using corticocancellous iliac bone graft: randomized clinical trial[J]. Int Orthop, 2020, 44(11): 2385-2393.
- [14] 肖成伟,朱宗东,魏丹,等. 机器人辅助经皮掌侧入路全螺纹空心钉治疗新鲜稳定舟骨骨折[J]. 中华手外科杂志, 2020, 36(6): 422-424.
- [15] 魏利成,雷光华,易汉文,等. 腕关节镜监视经皮螺钉内固定治疗新鲜腕舟骨骨折的初步临床疗效研究[J]. 中国内镜杂志, 2016, 22(2): 57-60.

(收稿日期: 2024-03-05)

(本文编辑: 龚哲妮)

引用格式

任京天,李世昌,王中宇,等. 机器人导航辅助下联合3D-C型臂微创手术治疗手舟骨骨折的临床疗效分析[J]. 骨科, 2024, 15(5): 417-420. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2024.05.006.