

Mako 骨科手术机器人辅助人工全膝关节置换术的配合

孙莹¹, 路继科²

(北京和睦家医院 1. 手术室; 2. 骨科 北京 100015)

摘要 **目的:** 总结 5 例 Mako 骨科手术机器人辅助人工全膝关节置换术 (TKA) 的护理配合要点与经验。**方法:** 回顾性分析 2022 年 2 月—2023 年 7 月在北京和睦家医院行 Mako 骨科手术机器人辅助 TKA 的 5 例患者的临床资料及手术护理配合要点, 包括机器人器械物品准备、手术室布局、体位安置及护理配合等。**结果:** 5 例患者均采用 Mako 骨科手术机器人辅助 TKA 治疗。患者手术创伤小、术中出血量少, 术后 24 h 下床活动, 未出现护理并发症。**结论:** 手术室护士充分的术前准备, 熟练细致的护理配合, 是确保患者手术安全的重要基础, 也是 Mako 骨科手术机器人辅助 TKA 顺利完成的关键。

关键词 人工全膝关节置换术; 机器人辅助手术; 围手术期

中图分类号 R472.3 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2025) 02-0235-04

Collaboration in Mako orthopedic robot-assisted artificial total knee arthroplasty

SUN Ying¹, LU Jike²

(1. Operating Room; 2. Department of Orthopedics, Beijing United Family Hospital, Beijing 100015, China)

Abstract **Objective:** To summarize the key points and experiences of nursing collaboration in 5 cases of Mako orthopedic robot-assisted artificial total knee arthroplasty. **Methods:** 5 patients who underwent Mako orthopedic robot-assisted artificial total knee arthroplasty from February 2022 to July 2023 in Beijing United Family Hospital were selected. Their clinical data and key points of surgical care collaboration were analyzed, including preparation of robotic instrument, operating room layout, position placement, and nursing collaboration. **Results:** All the 5 patients were treated with Mako orthopedic robot-assisted artificial total knee arthroplasty with minimal surgical trauma and little intraoperative, bleeding and they were out of bed 24 hours after surgery without nursing complications. **Conclusion:** Adequate preoperative preparation, skilled and meticulous nursing cooperation of operating room nurses are the important to the surgical safety of patients and the key to the successful completion of Mako orthopedic robot-assisted artificial total knee arthroplasty.

Key words Total Knee Arthroplasty; Robot-assisted Surgery; Perioperative Period

人工全膝关节置换术 (Total Knee Arthroplasty, TKA) 是治疗因疾病或外伤导致的严重膝关节形态与功能异常的主要手段, 术后能有效提高患者的生活质量, 国内外每年有大量患者接受 TKA 手术治疗。随着数字化技术的不断进步, 机器人辅助 TKA 应运而生, 其临床应用量迅速增长^[1]。Mako 机器人是骨科机器人手术系统, 具有能在术中精准定位的特点。通过术前输入患者的 CT 数据, 即可在系统中制定手术计划。基于数据演算可在术前模拟手术, 确定假体的最佳位置和型号。2021 年 5 月, 中国人民解放军总医院第四医学中心完成了第一例 Mako 骨科手术机器人辅助 TKA, 这标志着该术式在我国正式进入

临床应用阶段。2022 年 2 月, 北京和睦家医院开展 Mako 骨科手术机器人辅助 TKA, 并且在术中创新性使用自制体位垫替代腿架, 取得满意效果, 现将护理经验总结如下, 为临床护理工作提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2022 年 2 月—2023 年 7 月在北京和睦家医院行 Mako 骨科手术机器人辅助 TKA 的 5 例重度膝关节骨性关节炎患者为研究对象。其中 3 例为中国籍患者, 2 例为外籍患者, 且均初次接受全膝关节置换术。

1.2 手术方法 患者于术前一日在 CT 引导下患侧髌、膝、踝关节扫描, 扫描数据全部导入 Mako 骨

引用格式: 孙莹, 路继科. Mako 骨科手术机器人辅助人工全膝关节置换术的配合 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2025, 6 (2): 235-238.

Citation: SUN Y, LU J K. Collaboration in Mako orthopedic robot-assisted artificial total knee arthroplasty[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2025, 6(2): 235-238.

通讯作者 (Corresponding Author): 路继科 (LU Jike), Email: jike.lu@ufh.com.cn

科手术机器人系统（如图 1），Mako 技术人员协助手术医生创建患者股骨和胫骨近端三维模型，用于手术当日协助进行截骨方案的规划和假体位置及大小的选择。手术当日，患者取仰卧位，气管插管全身麻醉，常规消毒铺巾。做膝前正中切口，由髌骨内侧入路，依次切开皮肤、皮下，沿髌骨内侧缘切开发节囊，屈膝至髌骨外翻后显露膝关节各关节面。于患者胫骨置入短骨针，股骨置入长骨针，安装股骨和胫骨参考架，植入股骨、胫骨标记钉后，进行骨注册。绿色钝探针初始注册患者标志点，蓝色尖探针精确注册患者骨表面，验证实际骨与术前骨模型的匹配情况，完成坐标系转换。在骨注册完成后，关节平衡调整前移除骨赘。膝关节屈曲 110° ，由医生将患者的实际病况与机器人规划的截骨方案比对应后进行调整。在机器人反馈引导下依次完成股骨侧和胫骨侧精确截骨，截骨后根据实际情况结合机器人建议的指导参数选择安放适当的假体。假体植入完成后，止血缝合，关闭切口。



图 1 Mako 骨科手术机器人

Figure 1 Mako orthopedic surgical robot

2 结果

5 例患者手术过程顺利，全部使用 Mako 骨科手术机器人辅助完成 TKA，手术时间 190~220 min，术中出量 200~500 mL，术后返回病房，24 h 后即开始下床活动。术后 3~5 d 出院并分别于术后 1 个月、3 个月随访，效果满意，无相关并发症发生。

3 手术配合

3.1 术前准备

3.1.1 手术间布局 Mako 骨科手术机器人辅助 TKA

相较于传统膝关节置换术，因术中需要使用导航系统定位，故在患者入室前须根据手术侧别设计好整个手术间的布局^[2]，避免后期仪器设备频繁搬运，以减少空气中的微粒数，确保房间空气洁净程度。麻醉机置于患者头侧，Mako 操作台置于房间角落处，机械臂置于患肢侧，摄像立架置于对侧略近头端，因手术间空间有限，手术床尽量靠近麻醉机及健侧边，为床尾端的无菌器械台和患者侧的机械臂留出较充分的空间。

3.1.2 专科能力要求 参与 Mako 骨科手术机器人辅助 TKA 的护士必须具备传统人工全膝关节置换术配合经验，熟悉术区相关解剖结构，熟练掌握配合步骤。既往有 Mako 骨科手术机器人辅助全髋关节置换术经验的护士优先纳入。所有小组成员，均须参加由专业工程师进行授课的理论培训，在对理论知识和操作要点充分学习理解，并使用机器人专用器械进行实操，熟练掌握机械臂无菌衣的套装、机械臂参考架的安装、动力系统的安装及机械臂注册方法之后，才可配合手术。在操作培训过程中发现，既往有 Mako 骨科手术机器人辅助全髋关节置换术经验的护士和无此经验但平日喜好 3D 游戏的护士在学习机械臂注册操作时速度较快，这与 Lynch J 和 Rosser JJ 等人^[3-4]研究结果一致。

3.1.3 患者心理护理 随着机器人手术技术在临床中的广泛应用，患者对于机器人手术已不再陌生。术前访视时，巡回护士可通过多媒体影像方式，使患者对于手术室环境、Mako 骨科手术机器人外观及手术原理具有更加形象的认识。结合不同国籍患者的文化背景，利用通俗易懂的语言与其沟通，注重多元文化护理的应用^[5]，耐心倾听，了解个体化需求，对患者进行正向心理疏导，给予更多心理支持，使之增强信心，同时也提高患者的配合度^[6]。

3.2 术中配合

3.2.1 器械护士配合要点 Mako 骨科手术机器人辅助 TKA 中所需不仅包括传统手术器械，还有机器人专用手术器械、专用设备。如何在有限的空间内合理摆放手术设备，建立并管理无菌区域，成为手术室护士面临的一大挑战。结合之前 Mako 骨科手术机器人辅助人工全髋关节置换术的配合经验，器械护士先将 Mako 骨科手术机器人专用器械按照手术

步骤进行标记打包；基础手术台铺设完毕后开始为机械臂套置无菌衣、安装机械臂参考架、动力系统和动力参考架，进行机械臂注册；随后再外置一层无菌盖单，将套装好的机械臂置于人员走动较少处；完成上述操作后，再打开剩余 Mako 手术器械包，减少器械暴露时间。器械护士术前整理器械台时，将两个器械台呈“一”字并排放置，靠近手术间入口处的器械台上放置手术衣、无菌单、开台器械等便于传递，从而减少人员走动；手术中则将两个器械台呈“L”型放置，与手术床尾端相连的器械台放置常规手术器械，另一个器械台上放置 Mako 骨科手术机器人辅助系统专用手术器械，利于精细器械的管理和器械的拿取。

3.2.2 巡回护士配合要点

3.2.2.1 手术体位摆放：患者取仰卧位，首先将自制半圆柱状体位垫牢固固定于手术床患侧下肢中部，起到替代腿架、便于术中患肢屈曲、显露术野的作用。自制半圆柱状体位垫相对于 Mako 配备的金属腿架，更有利于保护患者的皮肤，使患者的舒适性更强，且对于小腿长度略短的患者更为友好。患侧上肢取功能位，安放在胸前，妥善固定，防止术中滑落。对侧上肢自然贴身体放置，注意保护外周静脉通路。

3.2.2.2 术中体温管理：巡回护士在术前根据患者的需求，将手术间初始温度调节为 21℃~25℃，湿度维持在 30%~60%，为患者及医护人员提供较为舒适的手术环境。手术时由于患者患侧下肢消毒铺单后裸露在外，安装假体前和关闭筋膜前也会使用大量生理盐水进行冲洗，这一系列操作都会导致患者热量丢失，增加术中低体温的发生率^[7]。所以在手术全程及术后恢复时，采用复合保温措施，定时监测核心体温，确保核心体温维持在 36℃以上。

4 讨论

与传统 TKA 比较，Mako 骨科手术机器人辅助 TKA 可实现精确截骨、精准放置植入物、对软组织损伤更小^[8-10]、出血量更少^[11]、保证假体定位及软组织平衡^[12-15]、优化膝关节力线^[16-18]、降低假体脱位及手术翻修几率^[19]、缩短康复时间及减少术后不适^[20-21]等优势，具有较高的临床应用价值。但与此同时，新技术的应用对围术期管理和医护配合也提出了新的挑战^[22]。手术室护士除了熟练掌握传统关

节置换术的护理配合方法，还需针对机器人手术的特点，掌握术前房间的布局要求，熟知术中手术步骤，能够快速、准确传递手术器械，特别是 Mako 专用的易混淆的器械，如精、钝探针等。在护士前期培训中，应用清单式管理培训方法及思维导图培训方法^[23-24]，能有效提高培训效果，规范护理人员操作，使护士更加熟练地配合手术。同时，在全膝关节置换术围术期运用手术室护理干预，也能取得很好的预防术后感染的效果，与赵杨春^[25]研究结果一致。手术中关节腔注射所需“鸡尾酒（1% 罗哌卡因 25 mL + 0.9% 生理盐水 75 mL + 肾上腺素 0.15 mL + 酮咯酸 1 mL）”，应掌握精准配制时间，避免药物长时间暴露于空气中而增加污染几率。另外，在围术期应用多元文化护理，细致了解患者需求，为患者提供个体化护理方案，优化围术期手术管理，进一步提升患者手术体验，缓解患者术后不适感，增强患者术后康复的决心与信心。

机器人辅助骨科手术具有更精准、更微创以及个体化的特点，是骨科手术领域未来的发展方向^[26-29]。2024 年中华医学会骨科学分会关节外科学组制定的《机器人辅助关节置换术操作规范（草案）》^[30]，为临床医师提供了标准化指南。但是 2021 年 Mako 骨科手术机器人辅助 TKA 引入国内后，相关护理经验尚少。本研究中病例数较少，仅是对该种手术护理经验的初步总结，在未来的研究中，应进一步增加样本量，在国外已有的护理经验基础上，结合我国患者的情况，探索适合国内患者的机器人辅助关节置换术护理培训方案和标准化手术配合流程，以推动相应手术护理配合操作规范的建立。

利益冲突声明：本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明：孙莹负责设计论文框架，起草论文，收集数据及修改论文；路继科对文章的知识性内容作批判性审阅及指导。

参考文献

- [1] Antonios J K, Korber S, Sivasundaram L, et al. Trends in computer navigation and robotic assistance for total knee arthroplasty in the United States: an analysis of patient and hospital factors[J]. *Arthroplast Today*, 2019, 5(1): 88-95.
- [2] 何丽, 曾玉, 喻晓芬, 等. 机器人手术护理配合中国专家共识 (2024 版)[J]. *机器人外科学杂志 (中英文)*, 2024, 5(2): 288-298.
- [3] Rosser J C, Lynch P J, Cuddihy L, et al. The impact of video games on training surgeons in the 21st century[J]. *Arch Surg*, 2007, 142(2): 181-186.
- [4] Lynch J, Aughwane P, Hammond T M. Video games and surgical ability: a literature review[J]. *J Surg Educ*, 2010, 67(3): 184-189.
- [5] 孙莹. 多元文化护理模式在 419 例骨科外籍手术患者围术期的应用[J].

- 当代护士 (中旬刊), 2022, 29(3): 72–74.
- [6] 成剑文, 莫春丽, 罗宇文, 等. 术前心理沟通疏导对人工膝关节置换术患者应激反应、心理状态及术后疼痛的影响 [J]. 现代生物医学进展, 2020, 20(11): 2089–2093.
- [7] 许萍萍. 人工膝关节表面置换术患者术中发生低体温的相关影响因素分析 [J]. 中国医学创新, 2024, 21(9): 159–162.
- [8] Batailler C, Fernandez A, Swan J, et al. MAKO CT-based robotic arm-assisted system is a reliable procedure for total knee arthroplasty: a systematic review[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2021, 29(11): 3585–3598.
- [9] Zambianchi F, Bazzan G, Marcovigi A, et al. Joint line is restored in robotic-arm-assisted total knee arthroplasty performed with a tibia-based functional alignment[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2021, 141(12): 2175–2184.
- [10] Hampp E L, Sodhi N, Scholl L, et al. Less iatrogenic soft-tissue damage utilizing robotic-assisted total knee arthroplasty when compared with a manual approach: A blinded assessment[J]. Bone Joint Res, 2019, 8(10): 495–501.
- [11] 蒋涛, 张传开, 郝亮, 等. MAKO 机器人与导航辅助膝关节置换: 下肢力线及假体位置准确性比较 [J/OL]. 中国组织工程研究, 2025, 29(33): 7150–7157.
- [12] Kayani B, Konan S, Pietrzak J R, et al. Iatrogenic bone and soft tissue trauma in robotic-arm assisted total knee arthroplasty compared with conventional jig-based total knee arthroplasty: a prospective cohort study and validation of a new classification system[J]. J Arthroplasty, 2018, 33(8): 2496–2501.
- [13] Held M B, Grosso M J, Gazgalis A, et al. Improved compartment balancing using a robot-assisted total knee arthroplasty[J]. Arthroplast Today, 2021, 30(7): 130–134.
- [14] Tandogan R N, Kort N P, Ercin E, et al. Computer-assisted surgery and patient-specific instrumentation improve the accuracy of tibial baseplate rotation in total knee arthroplasty compared to conventional instrumentation: a systematic review and meta-analysis[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2022, 30(8): 2654–2665.
- [15] Deckey D G, Rosenow C S, Verhey J T, et al. Robotic-assisted total knee arthroplasty improves accuracy and precision compared to conventional techniques[J]. Bone Joint J, 2021, 103–B(6 Supple A): 74–80.
- [16] 刘思佳, 赵磊, 李格格. 机器人辅助全膝关节置换术对股骨旋转对线及早期疗效的研究进展 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2023, 4(6): 593–596.
- [17] Vaidya N, Jaysingani T N, Panjwani T, et al. Assessment of accuracy of an imageless hand-held robotic-assisted system in component positioning in total knee replacement: a prospective study[J]. J Robot Surg, 2022, 16(2): 361–367.
- [18] LEI K, LIU L, CHEN X, et al. Navigation and robotics improved alignment compared with PSI and conventional instrument, while clinical outcomes were similar in TKA: a network Meta-analysis[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2022, 30(2): 721–733.
- [19] Cool C L, Jacofsky D J, Seeger K A, et al. A 90-day episode-of-care cost analysis of robotic-arm assisted total knee arthroplasty[J]. J Comp Eff Res, 2019, 8(5): 327–336.
- [20] 李真真, 顾文超, 徐艺, 等. MAKO 辅助全膝关节置换术对膝单间室骨关节炎术后疼痛、肢体肿胀及关节功能的影响 [J]. 中国临床医生杂志, 2024, 52(4): 437–441.
- [21] 鲁军伟, 韩亮, 韩帅, 等. 机器人辅助全膝关节置换术治疗膝骨关节炎临床效果研究 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5(5): 783–788.
- [22] 张颖, 韩慧, 刘烨, 等. MAKO 机器人辅助下全膝关节置换的手术室标准护理流程探讨 [J]. 中日友好医院学报, 2022, 36(5): 295–297.
- [23] 沈小芬, 石泽亚, 周毅峰, 等. 达芬奇机器人手术护士基于清单管理的培训 [J]. 护理学杂志, 2022, 37(8): 34–36.
- [24] 张芹芹, 宋丽, 薛庆, 等. 思维导图在机器人手术护士培训中的应用与效果评价 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5(4): 687–691.
- [25] 赵杨春. 手术室护理干预对全膝关节置换患者术后感染的预防效果研究 [J]. 山西医药杂志, 2021, 50(4): 663–665.
- [26] 张志磊, 宋晋刚, 尹振宇, 等. 2003 年–2023 年机器人辅助骨科手术的研究热点与趋势 [J/OL]. 华西医学, 2024, 39(12): 1917–1921.
- [27] 卜延民, 赵慧雯, 郑得志, 等. 关节置换术机器人手术系统的现状及发展趋势 [J]. 中国矫形外科杂志, 2024, 32(19): 1780–1785.
- [28] 邵宏翊, 吴立东, 曹光磊, 等. 国产机器人辅助全膝关节置换术的精准性: 一项多中心随机对照临床研究 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2023, 16(4): 310–316.
- [29] 李亦丞, 张晓岗, 曹力, 等. 国产机器人辅助与传统人工全膝关节置换术疗效比较: 一项多中心随机对照研究 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2023, 37(11): 1326–1334.
- [30] 中华医学会骨科学分会关节外科学组. 机器人辅助关节置换术操作规范 (草案) [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2024, 17(9): 769–780.

收稿日期: 2024–02–23

编辑: 魏小艳

手术影院

机器人辅助乳腺癌保留乳头乳晕的腺体单纯切除联合胸大肌后垂直筋膜双平面假体乳房重建术

吕鹏威

(郑州大学第一附属医院乳腺外科 河南 郑州 450052)



扫码观看视频