

机器人技术在子宫内膜癌治疗中的应用及展望

赵安娜¹, 张 丽^{2*}

¹济宁医学院临床医学院(附属医院), 山东 济宁

²济宁医学院附属医院妇科, 山东 济宁

收稿日期: 2025年11月29日; 录用日期: 2025年12月22日; 发布日期: 2025年12月31日

摘 要

机器人辅助手术已经成为外科领域的一项革命性技术, 与传统的开腹和腹腔镜手术相比具有许多优势。在妇科肿瘤学的背景下, 提供了一种治疗复杂妇科肿瘤的微创方法。本文就机器人手术治疗子宫内膜癌的现有文献进行叙述, 重点介绍了机器人手术的潜在益处、挑战和未来发展方向。

关键词

机器人技术, 子宫内膜癌, 手术治疗, 微创

Applications and Prospects of Robotic Technology in Endometrial Cancer Treatment

Anna Zhao¹, Li Zhang^{2*}

¹Clinical Medical College (Affiliated Hospital), Jining Medical University, Jining Shandong

²Gynecology Department, Affiliated Hospital of Jining Medical University, Jining Shandong

Received: November 29, 2025; accepted: December 22, 2025; published: December 31, 2025

Abstract

Robot-assisted surgery has become a revolutionary technology in the field of surgery, offering many advantages compared to traditional open and laparoscopic surgeries. In the context of gynecologic oncology, it provides a minimally invasive approach to treat complex gynecologic tumors. This article narrates the existing literature on robot-assisted surgery for the treatment of endometrial cancer, focusing on the potential benefits, challenges, and future directions of robotic surgery.

*通讯作者。

文章引用: 赵安娜, 张丽. 机器人技术在子宫内膜癌治疗中的应用及展望[J]. 临床个性化医学, 2026, 5(1): 188-192.
DOI: 10.12677/jcpm.2026.51028

Keywords

Robotic Technology, Endometrial Cancer, Surgical Treatment, Minimally Invasive

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 子宫内膜癌流行病学及危险因素

根据《全球疾病负担 2021》(GBD 2021)数据库, 子宫内膜癌是发病率增长最快的女性特异性癌症, 病例数从 1990 年的 191,291 例上升到 2021 年的 473,614 例。子宫内膜癌发病率最高的三个国家依次是: 美国、中国和俄罗斯。这三个国家总共约占全球新发病例的 45%。其中我国子宫内膜癌死亡病例最多[1]。随着社会生活方式的转变, 我国子宫内膜癌发病率逐年升高, 且有年轻化的趋势。严重威胁女性生命质量, 是我国女性健康的重大公共卫生问题, 给我国卫生系统及家庭带来沉重负担, 这一现状亟待关注。

子宫内膜癌危险因素可归为生活方式、代谢、生殖、遗传四类, 其中肥胖是最强风险因素, 有研究显示 BMI 每升高 5 kg/m², 患病风险增加 60%, 多囊卵巢综合征、2 型糖尿病等代谢病也会显著提升风险[2]。子宫内膜癌生殖相关风险核心是终生雌激素暴露过高, 如未生育、绝经晚、长期无排卵等; 而妊娠哺乳、长期(超 5 年)服含孕激素复方口服避孕药可保护子宫内膜、降低风险。此外, 他莫昔芬会使风险升至 4 倍, 林奇综合征患者因 MMR 基因变异, 终生患病风险达 13%~49% [3]。子宫内膜癌临床筛查中, 林奇综合征相关病例(约占 3%)推荐常规做 MMR 免疫组化检测; 其他遗传因素里, BRCA1/BRCA2 基因变异或轻微升高风险, PTEN 基因变异致考登综合征者, 终生患病风险达 20%~30% [4] [5]。

2. 子宫内膜癌手术方式变迁

手术治疗是子宫内膜癌临床诊疗中最核心的一线治疗手段, 其技术发展历经多代革新: 从传统的开腹手术, 逐步演进至腹腔镜手术、单孔腹腔镜手术, 当前临床上最新的术式为达芬奇机器人手术。达芬奇机器人系统的临床应用始于 1999 年, 经美国食品和药品管理局(FDA)批准, 最初用于泌尿外科与心外科领域。该系统于 2005 年获 FDA 批准拓展至妇产科领域, 此后在妇科疾病诊疗中的应用迅速普及, 技术成熟度持续提升。早在 2002 年, Diaz-Arastia 等学者便首次报道了采用达芬奇机器人系统开展子宫内膜癌分期手术的临床案例, 为该技术在子宫内膜癌治疗中的应用奠定了基础[6]。我国在达芬奇机器人手术技术的引进与应用上起步较晚, 2010 年首次将该系统用于子宫内膜癌治疗。自此, 我国妇科机器人手术领域进入高速发展阶段, 技术推广、临床应用及研究探索均呈现蓬勃态势, 推动我国妇科手术诊疗正式迈入“机器人辅助”的新时代。基于手术操作的直观数据统计结果显示, 2015 年全球范围内开展的机器人辅助手术总量约为 60 万例, 其中妇科领域的机器人手术占比达 1/2 [7]。

3. 机器人技术治疗子宫内膜癌的优势

美国《2020NCCN 子宫肿瘤临床实践指南》推荐早期子宫内膜癌有条件者首选微创手术。已有临床研究结果显示, 针对合并肥胖及其他基础疾病的子宫内膜癌患者, 采用机器人手术方案进行治疗具有更为显著的优势。一项纳入 10,800 名肥胖型子宫内膜癌患者(BMI ≥ 30 kg/m²)的 meta 分析显示机器人手术治疗和腹腔镜治疗在子宫内膜癌肥胖型患者中的围手术期并发症发生率相似, 但由于病态肥胖患者体位不耐受, 中转传统开腹手术发生率较机器人手术更高[8]。肥胖患者因身体条件特殊, 腹腔镜手术常面临

操作空间受限、术后恢复难度大等问题,而机器人手术的技术特性可在一定程度上规避此类风险,为该群体提供了更适配的治疗选择[9]。机器人技术在妇科恶性肿瘤治疗中的应用势头日益凸显。凭借操作更灵活、术野更清晰、术中失血更少等突出优势,机器人手术不仅优化了治疗效果,也显著改善了患者围手术期体验,从而促使其在临床中的应用范围不断扩大[10]。

Ikebuchi 等人对比了 IA 期子宫内膜癌患者采用机器人辅助手术、腹腔镜手术及开腹手术的效果,发现机器人辅助手术组的总手术时间和住院时间最短,术中出血量比开腹手术组更少,且老年患者用该术式的并发症发生率更低[11]。一项纳入 1003 例患者的多中心回顾性研究,分析了机器人辅助手术治疗子宫内膜癌的长期效果与生存情况。结果显示,该术式与传统腹腔镜手术的长期生存结果相当,且能明显减少术后轻微并发症[12]。一项纳入了 5 项研究,涉及 7629 名老年子宫内膜癌患者的 meta 分析显示,与剖腹手术相比,机器人手术显著降低了总体和围手术期并发症的风险,以及住院时间。随着患者年龄的增加,总体并发症的风险降低幅度更大[13]。大量临床研究结果证实,机器人辅助子宫切除术治疗妇科恶性肿瘤的安全性及有效性已得到充分验证,该术式的临床治疗效果可与传统开腹手术及腹腔镜手术相媲美,为妇科恶性肿瘤诊疗提供了可靠的微创治疗选择。

此外,机器人手术相较于其他微创术式,其学习曲线更短,外科医生掌握该技术所需的实践周期显著缩短,这一特性有效降低了从传统开放手术向微创技术转型的门槛,使更多临床医师能够熟练应用该术式,进而扩大了机器人辅助子宫切除术在妇科恶性肿瘤治疗中的临床可及范围[14][15]。与腹腔镜相比,机器人器械可以更精确地移动,具有更大的自由度和更好的视觉灵敏度,允许更复杂的解剖和更好的解剖结构可视化[16]。与传统腹腔镜相比,机器人手术的一大优势在于注入二氧化碳后可实现低腹压操作,这能明显减轻患者术后疼痛,加快恢复速度。而对于超重或肥胖患者,包括机器人辅助手术在内的微创技术,在控制术中失血、缩短住院时间上还能带来更显著的好处,更契合这类患者的治疗需求[17]-[19]。

4. 机器人技术的局限性

尽管机器人手术在临床应用中展现诸多优势,但其仍存在技术局限与应用挑战。经济方面是一个重大障碍,机器人系统及其维护的高昂成本可能会限制这项技术的开展。在手术准备阶段,机器人手术的术前准备时长显著长于腹腔镜手术;同时,该技术对外科主刀医生及配套手术团队均提出特殊培训要求,这导致手术整体成本的增加[20]。其次,从设备特性来看,机器人手术所用操作端口的直径大于传统腹腔镜设备,这种结构差异可能对手术器械进入特定解剖区域形成限制,进而要求术者调整原有手术操作技术以适配设备特点[21]。机器人手术器械的适用范围存在一定局限性,部分操作需联合使用额外的腹腔镜工具辅助完成[22]。在术者感知层面,机器人手术器械普遍缺乏触觉反馈功能,这可能影响外科医生在解剖操作过程中对组织层次及平面的精准感知,对手术操作的精细度构成潜在影响[23]。

5. 未来展望

随着 5G 技术的全面落地与深度应用,远程机器人手术正成为医疗领域极具潜力的新发展方向。这一技术突破了传统手术的地域壁垒,让手术医师能够通过远程操控机器人系统为跨区域的患者精准实施手术,这不仅能更高效地响应我国医联体建设的政策要求,更能推动优质医疗资源向基层、向资源匮乏地区流动,从而进一步优化全国医疗资源的整体配置格局。从长远来看,5G 技术赋能下的机器人远程操控系统拥有极为广阔的应用前景。未来,它将在多个医疗关键领域发挥不可替代的作用:不仅能显著提升优质医疗资源的利用效率,让更多患者共享高水平医疗服务;还能为医学教育提供沉浸式实操教学场景、为跨地域科研团队搭建实时协作平台,助力医学人才培养与科研成果转化;同时,其技术迭代与临床应用探索,也将持续推动外科手术技术、医疗设备研发等领域的创新突破,为医疗行业发展注入新动能。

参考文献

- [1] Li, T., Zhang, H., Lian, M., He, Q., Lyu, M., Zhai, L., *et al.* (2025) Global Status and Attributable Risk Factors of Breast, Cervical, Ovarian, and Uterine Cancers from 1990 to 2021. *Journal of Hematology & Oncology*, **18**, Article No. 5. <https://doi.org/10.1186/s13045-025-01660-y>
- [2] Renehan, A.G., Tyson, M., Egger, M., Heller, R.F. and Zwahlen, M. (2008) Body-Mass Index and Incidence of Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Observational Studies. *The Lancet*, **371**, 569-578. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(08\)60269-x](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(08)60269-x)
- [3] Dominguez-Valentin, M., Sampson, J.R., Seppälä, T.T., ten Broeke, S.W., Plazzer, J., Nakken, S., *et al.* (2020) Cancer Risks by Gene, Age, and Gender in 6350 Carriers of Pathogenic Mismatch Repair Variants: Findings from the Prospective Lynch Syndrome Database. *Genetics in Medicine*, **22**, 15-25. <https://doi.org/10.1038/s41436-019-0596-9>
- [4] Ryan, N.A.J., McMahon, R., Tobi, S., Snowsill, T., Esquibel, S., Wallace, A.J., *et al.* (2020) The Proportion of Endometrial Tumours Associated with Lynch Syndrome (PETALS): A Prospective Cross-Sectional Study. *PLOS Medicine*, **17**, e1003263. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003263>
- [5] Crosbie, E.J., Kitson, S.J., McAlpine, J.N., Mukhopadhyay, A., Powell, M.E. and Singh, N. (2022) Endometrial Cancer. *The Lancet*, **399**, 1412-1428. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(22\)00323-3](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(22)00323-3)
- [6] Diaz-Arrastia, C., Jurnalov, C., Gomez, G. and Townsend, C. (2002) Laparoscopic Hysterectomy Using a Computer-Enhanced Surgical Robot. *Surgical Endoscopy*, **16**, 1271-1273. <https://doi.org/10.1007/s00464-002-8523-5>
- [7] 王雪燕, 贺燕, 李静文, 等. 机器人手术系统在妇科肿瘤中的应用及研究进展[J]. 癌症进展, 2019, 17(16): 1881-1884.
- [8] Cusimano, M.C., Simpson, A.N., Dossa, F., Liani, V., Kaur, Y., Acuna, S.A., *et al.* (2019) Laparoscopic and Robotic Hysterectomy in Endometrial Cancer Patients with Obesity: A Systematic Review and Meta-Analysis of Conversions and Complications. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, **221**, 410-428.e19. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2019.05.004>
- [9] McMartin, K. (2023) Robotic-Assisted Hysterectomy for Endometrial Cancer in People with Obesity: A Health Technology Assessment. *Ontario Health Technology Assessment Series*, **23**, 1-70.
- [10] Soleymani majd, H., Ferrari, F., Gubbala, K., Campanile, R.G. and Tozzi, R. (2015) Latest Developments and Techniques in Gynaecological Oncology Surgery. *Current Opinion in Obstetrics & Gynecology*, **27**, 291-296. <https://doi.org/10.1097/gco.0000000000000186>
- [11] Ikebuchi, A., Komatsu, H., Yamamoto, K., Okawa, M., Hikino, K., Iida, Y., *et al.* (2024) Outcome of Robot-Assisted Surgery for Stage IA Endometrial Cancer Compared to Open and Laparoscopic Surgeries: A Retrospective Study at a Single Institution. *Journal of Robotic Surgery*, **18**, 133. <https://doi.org/10.1007/s11701-024-01897-8>
- [12] Eoh, K.J., Kim, T., Park, J., Kim, H.S., Paek, J. and Kim, Y.T. (2023) Robot-Assisted versus Conventional Laparoscopic Surgery for Endometrial Cancer: Long-Term Comparison of Outcomes. *Frontiers in Oncology*, **13**, Article ID: 1219371. <https://doi.org/10.3389/fonc.2023.1219371>
- [13] Raffone, A., Travaglino, A., Raimondo, D., Boccia, D., Vetrella, M., Verrazzo, P., *et al.* (2021) Laparotomic versus Robotic Surgery in Elderly Patients with Endometrial Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, **157**, 1-10. <https://doi.org/10.1002/ijgo.13766>
- [14] Chahal, B., Aydın, A., Amin, M.S.A., Ong, K., Khan, A., Khan, M.S., *et al.* (2022) Transfer of Open and Laparoscopic Skills to Robotic Surgery: A Systematic Review. *Journal of Robotic Surgery*, **17**, 1207-1225. <https://doi.org/10.1007/s11701-022-01492-9>
- [15] Xie, Y. (2015) Cost-Effectiveness of Robotic Surgery in Gynecologic Oncology. *Current Opinion in Obstetrics & Gynecology*, **27**, 73-76. <https://doi.org/10.1097/gco.0000000000000134>
- [16] Zanagnolo, V., Garbi, A., Achilarré, M.T. and Minig, L. (2017) Robot-Assisted Surgery in Gynecologic Cancers. *Journal of Minimally Invasive Gynecology*, **24**, 379-396. <https://doi.org/10.1016/j.jmig.2017.01.006>
- [17] Menahem, B., Alves, A., Regimbeau, J.M. and Sabbagh, C. (2019) Lynch Syndrome: Current Management in 2019. *Journal of Visceral Surgery*, **156**, 507-514. <https://doi.org/10.1016/j.jviscsurg.2019.07.009>
- [18] Backes, F.J. and Fowler, J.M. (2014) Hysterectomy for the Treatment of Gynecologic Malignancy. *Clinical Obstetrics & Gynecology*, **57**, 115-127. <https://doi.org/10.1097/grf.0000000000000006>
- [19] Gupta, K., Mehta, Y., Jolly, A.S. and Khanna, S. (2012) Anaesthesia for Robotic Gynaecological Surgery. *Anaesthesia and Intensive Care*, **40**, 614-621. <https://doi.org/10.1177/0310057x1204000406>
- [20] Wang, J., Huang, S., Li, K., Li, J. and Huang, X. (2025) Bibliometric Analysis of Global Research Dynamics in Robot-Assisted Hysterectomy over the Past 20 Years. *Journal of Robotic Surgery*, **19**, Article No. 613. <https://doi.org/10.1007/s11701-025-02783-7>

- [21] Cho, J.E. and Nezhat, F.R. (2009) Robotics and Gynecologic Oncology: Review of the Literature. *Journal of Minimally Invasive Gynecology*, **16**, 669-681. <https://doi.org/10.1016/j.jmig.2009.06.024>
- [22] Connor, A., Pasic, R., Quevedo, A. and Chamseddine, P. (2021) Robotic Applications for Benign Gynecologic Procedures. *Surgical Technology Online*, **39**, 232-240. <https://doi.org/10.52198/21.sti.39.gv1409>
- [23] Lambert, J., Al Majid, S., Salaman, R., Gavan, D., Sheikh, A. and Gill, M. (2022) Indocyanine Green Colonic Perfusion Demonstration Following Robotic Da Vinci X Inferior Mesenteric Artery Ligation for the Treatment of Type II Endoleak. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, **18**, e2407. <https://doi.org/10.1002/rcs.2407>