

# 机器人与腹腔镜治疗直肠癌：手术预后及手术并发症等的Meta分析

常 浩

青岛大学附属医院胃肠外科，山东 青岛

收稿日期：2025年1月28日；录用日期：2025年2月21日；发布日期：2025年2月28日

## 摘 要

手术一直是直肠癌治疗的基石，旨在切除肿瘤和尽可能保留肠道功能。腹腔镜手术已越发进入大众视野，机器人手术作为传统方法的微创替代方案。然而，传统腹腔镜手术在器械的移动性和灵巧性方面面临限制。另一方面，机器人方法通过为外科医生提供更好的精度、三维高清视图和卓越的组织操作能力来增强这些方面，使其成为直肠癌治疗越来越受欢迎的选择。我们进行此项Meta分析旨在评估机器人与腹腔镜方法治疗直肠癌的有效性和安全性及术后死亡率并发症等。

## 关键词

直肠癌，腹腔镜，机器人，手术预后

# Robotic versus Laparoscopic Surgery for Rectal Cancer: A Meta-Analysis of Surgical Outcomes and Complications

Hao Chang

Department of Gastrointestinal Surgery, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: Jan. 28<sup>th</sup>, 2025; accepted: Feb. 21<sup>st</sup>, 2025; published: Feb. 28<sup>th</sup>, 2025

## Abstract

Surgery has always been the cornerstone of rectal cancer treatment, aiming to remove the tumor and preserve bowel function as much as possible. Laparoscopic surgery has increasingly entered the public eye, and robotic surgery is a minimally invasive alternative to traditional methods. However, conventional laparoscopic surgery faces limitations in terms of mobility and dexterity of

instruments. On the other hand, robotic approaches enhance these aspects by providing surgeons with better accuracy, 3D HD view, and superior tissue manipulation capabilities, making it an increasingly popular option for rectal cancer treatment. We conducted this meta-analysis to evaluate the efficacy and safety of robotic versus laparoscopic approaches for rectal cancer, as well as post-operative mortality and complications.

## Keywords

Rectal Cancer, Laparoscopic, Robotic, Surgical Outcomes

Copyright © 2025 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. 背景

结直肠癌是消化系统最常见的恶性肿瘤之一，我国约 60% 的患者是直肠癌，其中 80% 以上为中低位直肠癌[1][2]。手术切除是直肠癌的主要治疗方法。自 1982 年 Heald 等提出全直肠系膜切除术(total mesorectal excision, TME)以来，业已证明，TME 是一种治疗中低位直肠癌比较好的手术方式，可明显降低局部复发，改善患者预后，提高括约肌保留机会，保留性功能和膀胱功能，改善患者生活质量[3]-[5]。手术可以采取传统开腹手术和腹腔镜或机器人手术，微创手术已经成为主流手术方式，其疗效不劣于或优于传统开腹手术，保肛率增加，创伤小，术后恢复快，住院时间短[6]。另外根据肿瘤部位、患者骨盆状态、术前治疗等因素采用经肛门全直肠系膜切除术(TaTME)、括约肌间切除术(ISR)、改良 Bacon 手术等方法。

然而，机器人入路与腹腔镜入路治疗直肠癌的有效性及手术预后是一个有争议的话题。大量研究对两种技术进行了比较，并对肿瘤结局、术后发病率、肠道功能和患者生活质量等各方面进行了评价[7][8]。

支持机器人入路的主要理由之一是它能够克服腹腔镜入路的局限性，特别是在灵巧程度方面，更大的机动性和控制，允许更精确地解剖和更精细地缝合和保存周围的神经和组织，可能导致更低的并发症发生率和更快的术后恢复[5][9]-[11]。此外，机器人系统提供的高清三维视觉可以更好地可视化组织和解剖结构，促进手术者术中肿瘤边缘的识别和健康组织的保存。机器人手术具备在狭小或难以触及的空间中进行精细缝合和精准操作的能力，可提升术后功能恢复效果，并有效降低长期并发症发生风险[12][13]。然而，机器人方法也提出了挑战和限制，如机器人系统和相关消耗品的成本。此外，需要更陡峭的学习曲线来掌握机器人方法的特定手术技能，这可能会限制其广泛采用。

这项 Meta 分析旨在评估机器人与腹腔镜方法治疗直肠癌的有效性和安全性及手术预后、手术并发症等。

## 2. 研究方法

### 2.1. 研究设计

此项 Meta 分析旨在评估机器人入路与腹腔镜入路治疗直肠癌的手术预后及并发症等，该试验是根据《赫尔辛基宣言》的伦理原则和良好临床实践原则进行的。

### 2.2. 选择标准

我们选择直接比较机器人入路与腹腔镜入路在直肠癌患者中的疗效和安全性的 II 期或 III 期 RCT 研

究。我们纳入了提供相关结果定量数据的研究，如生存率、术后并发症、住院时间和术后生活质量等。

2.3. 搜索策略

我们在多个电子数据库中实施了全面的搜索策略，包括 PubMed、Web of Science、EMBASE、Cochrane Library 等，截止到 2024 年 5 月。搜索策略被设计为包括与“机器人手术(robotic surgery)”、“腹腔镜手术(laparoscopic surgery)”和“直肠癌(rectal cancer)”相关的术语，同时使用关键词和 MeSH 术语。

2.4. 统计分析

统计分析采用随机效应模型进行荟萃分析，分别估计连续和二分结局的平均差异或风险比。采用 Cochran’s Q 检验和 I<sup>2</sup> 统计量评估研究间的异质性。异质性可接受的情况下，处理异质性采用亚组分析和敏感性分析，以探索潜在的异质性来源并评估主要结果的稳健性。采用 RevMan 5.4 统计软件进行分析。

3. 结果

在系统综述过程中，最终共纳入 6 项 RCT 研究进行深入分析。最初的搜索产生了 350 条记录，其中 139 条是重复的，92 项研究没有共享我们研究相关的变量，113 项研究的设计与纳入标准不同。因此，选取 6 篇文章进行分析[14]-[19]。

6 项研究共纳入 2322 例患者(1195 例患者采用机器人入路，1127 例患者采用腹腔镜入路)。患者平均年龄 61 岁(SD 4.5)。主要的机器人技术是达芬奇手术系统。中位随访时间为 12 个月(IQR 6~33)。在接受直肠手术的患者中，与腹腔镜入路相比，机器人入路并没有显著降低死亡率(RR 0.80; 95% CI 0.45~1.41;  $p = 0.29$ ; I<sup>2</sup> = 0%; 图 1)。与腹腔镜入路相比，机器人入路没有显著增加 Clavien-Dindo III 级并发症(RR 1.45; 95% CI 0.32~6.57;  $p = 0.49$ ; I<sup>2</sup> = 43%; 图 2)。相比之下，在接受直肠癌手术的患者中，机器人入路并未显著增加吻合口漏的发生率(RR 1.01; 95% CI 0.62~1.66;  $p = 0.92$ ; I<sup>2</sup> = 22%)。

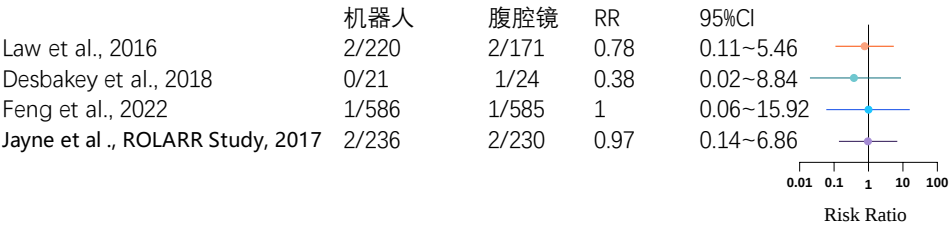


Figure 1. Forest plot of mortality  
图 1. 死亡率森林图

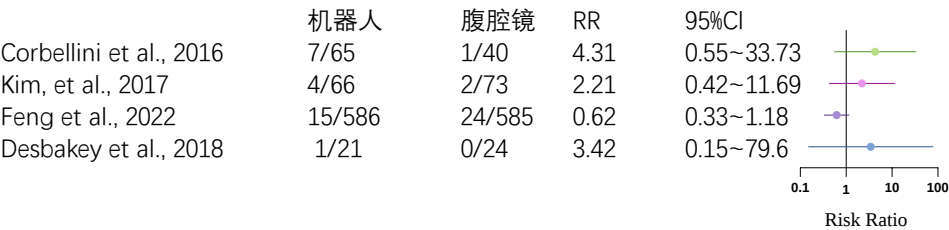


Figure 2. Clavien-Dindo III forest plot of complications  
图 2. 并发症 Clavien-Dindo III 级森林图

4. 讨论

在对数据进行分析后，结果显示在直肠癌手术的关键结局上没有显著差异。与腹腔镜入路相比，主

要使用达芬奇系统的机器人入路没有显著增加 Clavien-Dindo III 级并发症、降低死亡率或增加吻合口漏率。中位随访时间为 12 个月, 这些发现表明两种手术技术具有相当的安全性和有效性。

Clavien-Dindo 分类被广泛用于对术后并发症的严重程度进行分级。III 级并发症被认为是严重的, 通常需要手术、内镜或放射干预[20]-[22]。我们的分析发现, 没有统计学上显著的证据表明, 在直肠癌患者中, 机器人入路比腹腔镜入路增加了严重术后并发症的风险。Jayne 等人(2017)研究了腹腔镜与机器人辅助腹腔镜治疗直肠癌的结果。本研究发现两种方法的并发症发生率无显著差异, 支持机器人入路与腹腔镜入路相比不会增加严重并发症风险的断言。同样, Xiong 等人的团队在 2014 年发表的一项 Meta 分析比较了机器人辅助和传统腹腔镜入路治疗直肠癌, 得出的结论是, 两种入路在术后主要并发症(包括 Clavien-Dindo III 级并发症)方面没有显著差异[19]。

然而, 在直肠癌的手术干预方面, 机器人和腹腔镜方法之间的争论仍然是一个调查点。Trastulli 等人(2021)的一项 Meta 分析表明, 与腹腔镜入路相比, 机器人入路可能在较低的中转开腹手术率和稍好的术后泌尿功能方面具有优势[23]。

另一方面, Kim 等人(2018)的一项研究表明, 机器人入路可能与更短的住院时间和减少失血有关, 尽管该研究指出, 与腹腔镜入路相比, 机器人入路在术后并发症方面没有显著差异[19]。相反, Prete 等人(2020)的一项系统综述和荟萃分析支持这样一种观点, 即尽管机器人入路可能提供某些围手术期益处, 如减少失血和更快恢复肠道功能, 但与腹腔镜入路相比, 它对主要术后并发症的发生率没有显著影响[24]。

在评估机器人手术与腹腔镜手术对直肠癌患者死亡率的影响时, 证据倾向于与我们的发现一致, 表明这两种手术方法之间没有显著差异。Jayne 等人(2017)在比较腹腔镜与机器人辅助直肠癌方法时发现死亡率没有显著差异, 这与我们的研究相符。Park 等人(2020)研究了机器人和腹腔镜入路治疗直肠癌的短期和肿瘤学结果, 也报告了两组之间的死亡率没有显著差异, 支持机器人入路与腹腔镜入路相比没有显著降低死亡率的结论[25]。

此外, 在接受直肠癌手术的患者中, 与腹腔镜入路相比, 机器人入路并没有显著增加吻合口漏。Simillis 等(2020)发现机器人与腹腔镜直肠癌手术吻合口漏发生率无显著差异。他们的结果显示, 两种手术方法的吻合口瘘率相当, 与我们计算的相对风险和置信区间一致, 强调没有显著差异[26]。此外, Feng 等人(2019)研究了机器人与腹腔镜方法治疗中低位直肠癌的手术结果, 也报告了两组吻合口漏率无显著差异, 进一步证实了他们的发现[27]。

未来, 我们可能需要更多大样本量、高质量的临床研究来评估机器人与腹腔镜手术治疗直肠癌的差异。

## 5. 结论

在接受直肠癌手术的患者中, 与腹腔镜入路相比, 机器人入路没有显著增加 III 级 ClavienDindo 并发症。同样, 与腹腔镜入路相比, 机器人入路并没有显著降低死亡率, 也没有增加吻合口漏的发生率。

综上, 机器人入路与腹腔镜入路在手术预后及手术并发症等方面的结果是相当的。未来的前瞻性对照研究应旨在验证机器人 TME 是否可以增加男性患者对直肠癌的局部控制、无病生存率和术后性功能, 以进一步明确机器人手术价值。

## 利益冲突

作者声明本研究不存在利益冲突。

## 参考文献

- [1] 姚宏伟, 李心翔, 崔龙, 等. 中国结直肠癌手术病例登记数据库 2022 年度报告: 一项全国性登记研究[J]. 中国实用外科杂志, 2023, 43(1): 93-99.

- [2] 姚宏伟, 李心翔, 崔龙, 等. 中国结直肠癌手术病例登记数据库 2019 年度报告: 一项全国性登记研究[J]. 中国实用外科杂志, 2020, 40(1): 106-110+116.
- [3] Heald, R.J. and Ryall, R.D.H. (1986) Recurrence and Survival after Total Mesorectal Excision for Rectal Cancer. *The Lancet*, **327**, 1479-1482. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(86\)91510-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(86)91510-2)
- [4] Thyø, A., Emmertsen, K.J. and Laurberg, S. (2018) The Rectal Cancer Female Sexuality Score: Development and Validation of a Scoring System for Female Sexual Function after Rectal Cancer Surgery. *Diseases of the Colon & Rectum*, **61**, 656-666. <https://doi.org/10.1097/dcr.0000000000001064>
- [5] de Lacy, F.B., Turrado-Rodriguez, V., Torroella, A., van Laarhoven, J., Otero-Piñeiro, A., Almenara, R., *et al.* (2021) Functional Outcomes and Quality of Life after Transanal Total Mesorectal Excision for Rectal Cancer: A Prospective Observational Study. *Diseases of the Colon & Rectum*, **65**, 46-54. <https://doi.org/10.1097/dcr.0000000000001939>
- [6] Feng, Q., Yuan, W., Li, T., Tang, B., Jia, B., Zhou, Y., *et al.* (2022) Robotic versus Laparoscopic Surgery for Middle and Low Rectal Cancer (REAL): Short-Term Outcomes of a Multicentre Randomised Controlled Trial. *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*, **7**, 991-1004. [https://doi.org/10.1016/s2468-1253\(22\)00248-5](https://doi.org/10.1016/s2468-1253(22)00248-5)
- [7] Tang, B., Lei, X., Ai, J., Huang, Z., Shi, J. and Li, T. (2021) Comparison of Robotic and Laparoscopic Rectal Cancer Surgery: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *World Journal of Surgical Oncology*, **19**, Article No. 38. <https://doi.org/10.1186/s12957-021-02128-2>
- [8] Tamba, H., Miura, T., Sakamoto, Y., *et al.* (2023) Short-Term and Long-Term Outcomes of Robotic Surgery in Sphincter-Preserving Surgery for Lower Rectal Cancer [In Japanese]. *Gan To Kagaku Ryoho*, **50**, 212-214.
- [9] Martins, R.S., Fatimi, A.S., Mahmud, O., Jahangir, A., Mahar, M.U., Aamir, S.R., *et al.* (2023) Multidimensional Quality of Life after Robotic versus Laparoscopic Surgery for Rectal Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. *World Journal of Surgery*, **47**, 1310-1319. <https://doi.org/10.1007/s00268-023-06936-3>
- [10] Numata, M., Tamagawa, H., Kazama, K., Atsumi, Y., Iguchi, K., Sawazaki, S., *et al.* (2021) Potential Benefits of Minimally Invasive Laparoscopy in Reducing Local Recurrence after Surgery for Low Rectal Cancer. *Anticancer Research*, **41**, 2617-2623. <https://doi.org/10.21873/anticancer.15042>
- [11] Nasir, I., Mureb, A., Aliozo, C.C., Abunada, M.H. and Parvaiz, A. (2021) State of the Art in Robotic Rectal Surgery: Marginal Gains Worth the Pain? *Updates in Surgery*, **73**, 1073-1079. <https://doi.org/10.1007/s13304-020-00965-6>
- [12] Kowalewski, K.F., Seifert, L., Ali, S., Schmidt, M.W., Seide, S., Haney, C., *et al.* (2020) Functional Outcomes after Laparoscopic versus Robotic-Assisted Rectal Resection: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Surgical Endoscopy*, **35**, 81-95. <https://doi.org/10.1007/s00464-019-07361-1>
- [13] Uk Bae, S. (2022) Current Status and Future of Robotic Surgery for Colorectal Cancer—An English Version. *Journal of the Anus, Rectum and Colon*, **6**, 221-230. <https://doi.org/10.23922/jarc.2022-047>
- [14] Corbellini, C., Biffi, R., Luca, F., Chiappa, A., Costa, S., Bertani, E., *et al.* (2016) Open, Laparoscopic, and Robotic Surgery for Rectal Cancer: Medium-Term Comparative Outcomes from a Multicenter Study. *Tumori Journal*, **102**, 414-421. <https://doi.org/10.5301/tj.5000533>
- [15] Jayne, D., Pigazzi, A., Marshall, H., Croft, J., Corrigan, N., Copeland, J., *et al.* (2017) Effect of Robotic-Assisted vs Conventional Laparoscopic Surgery on Risk of Conversion to Open Laparotomy among Patients Undergoing Resection for Rectal Cancer. *Journal of the American Medical Association*, **318**, 1569-1580. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.7219>
- [16] Law, W.L. and Foo, D.C.C. (2016) Comparison of Short-Term and Oncologic Outcomes of Robotic and Laparoscopic Resection for Mid and Distal Rectal Cancer. *Surgical Endoscopy*, **31**, 2798-2807. <https://doi.org/10.1007/s00464-016-5289-8>
- [17] Debakey, Y., Zaghloul, A., Farag, A., Mahmoud, A. and Elattar, I. (2018) Robotic-Assisted versus Conventional Laparoscopic Approach for Rectal Cancer Surgery, First Egyptian Academic Center Experience, Rct. *Minimally Invasive Surgery*, **2018**, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2018/5836562>
- [18] Meyer, J., van der Schelling, G. and Crolla, R. (2023) Robotic versus Laparoscopic Surgery for Middle and Low Rectal Cancer. *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*, **8**, 11. [https://doi.org/10.1016/s2468-1253\(22\)00314-4](https://doi.org/10.1016/s2468-1253(22)00314-4)
- [19] Xiong, B., Ma, L., Huang, W., Zhao, Q., Cheng, Y. and Liu, J. (2015) Robotic versus Laparoscopic Total Mesorectal Excision for Rectal Cancer: A Meta-Analysis of Eight Studies. *Journal of Gastrointestinal Surgery*, **19**, 516-526. <https://doi.org/10.1007/s11605-014-2697-8>
- [20] Numata, M., Kazama, K., Onodera, A., Hara, K., Atsumi, Y., Okamoto, H., *et al.* (2020) Short-Term Outcomes Following Robotic-Assisted Laparoscopic Surgery for Technically Demanding Rectal Cancer. *Anticancer Research*, **40**, 2337-2342. <https://doi.org/10.21873/anticancer.14201>
- [21] Katsuno, H., Hanai, T., Masumori, K., Koide, Y., Ashida, K., Matsuoka, H., *et al.* (2020) Robotic Surgery for Rectal Cancer: Operative Technique and Review of the Literature. *Journal of the Anus, Rectum and Colon*, **4**, 14-24.

- <https://doi.org/10.23922/jarc.2019-037>
- [22] Pascual, M. (2016) Laparoscopic Colorectal Surgery: Current Status and Implementation of the Latest Technological Innovations. *World Journal of Gastroenterology*, **22**, 704-717. <https://doi.org/10.3748/wjg.v22.i2.704>
- [23] Trastulli, S., Desiderio, J., Lin, J., Reim, D., Zheng, C., Borghi, F., *et al.* (2021) Laparoscopic Compared with Open D2 Gastrectomy on Perioperative and Long-Term, Stage-Stratified Oncological Outcomes for Gastric Cancer: A Propensity Score-Matched Analysis of the IMIGASTRIC Database. *Cancers*, **13**, Article 4526. <https://doi.org/10.3390/cancers13184526>
- [24] Prete, F.P., Pezzolla, A., Prete, F., Testini, M., Marzaioli, R., Patriiti, A., *et al.* (2018) Robotic versus Laparoscopic Minimally Invasive Surgery for Rectal Cancer. *Annals of Surgery*, **267**, 1034-1046. <https://doi.org/10.1097/sla.0000000000002523>
- [25] Park, E.J., Cho, M.S., Baek, S.J., Hur, H., Min, B.S., Baik, S.H., *et al.* (2015) Long-Term Oncologic Outcomes of Robotic Low Anterior Resection for Rectal Cancer. *Annals of Surgery*, **261**, 129-137. <https://doi.org/10.1097/sla.0000000000000613>
- [26] Simillis, C., Lal, N., Thoukididou, S.N., Kontovounisios, C., Smith, J.J., Hompes, R., *et al.* (2019) Open versus Laparoscopic versus Robotic versus Transanal Mesorectal Excision for Rectal Cancer. *Annals of Surgery*, **270**, 59-68. <https://doi.org/10.1097/sla.0000000000003227>
- [27] Shigesaki, N., Kvaskoff, M., Kirtley, S., Feng, Q., Fang, H., Knight, J.C., *et al.* (2019) The Association between Endometriosis and Autoimmune Diseases: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Human Reproduction Update*, **25**, 486-503. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmz014>