·学术探讨·

机器人胃癌根治术的再思考：与腹腔镜手术的异同

李沣员　刘宏达　何中原　宣哲　汪未知　王林俊　徐泽宽　徐皓
南京医科大学第一附属医院胃肿瘤中心，南京 210029
通信作者：徐皓，Email：hxu@njmu.edu.cn

【摘要】 达芬奇手术系统为外科医生提供了清晰度更高的三维图像视角，提升了手术精确性，在狭窄手术空间中优势尤为明显。与腹腔镜手术相比，机器人手术的学习曲线较短，可能是术者更优的选择。然而，在使用机器人系统进行手术时，容易受到腹腔镜经验的影响，从而削弱机器人系统的优势。本文从腹腔镜手术的习惯出发，结合笔者团队在机器人胃癌根治术方面积累的经验和最新文献，对机器人胃癌根治术适应证、能量器械的使用、手术入路、淋巴结清扫和消化道重建等一些关键问题进行深入探讨，以便帮助初学者更全面地理解机器人手术系统。

【关键词】 胃肿瘤；　机器人手术；　学习曲线
基金项目：国家自然科学基金面上项目（82373335）；江苏省科教能力提升工程（江苏省医学重点学科，ZDXK202222）；江苏省自然科学基金（BK20231372）

Rethinking of robotic radical gastric cancer surgery: similarities and differences to laparoscopic surgery

Li Fengyuan, Liu Hongda, He Zhongyuan, Xuan Zhe, Wang Weizhi, Wang Linjun, Xu Zekuan, Xu Hao
Gastric Cancer Center, the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China
Corresponding author: Xu Hao, Email:hxu@njmu.edu.cn

【 **Abstract** 】 The da Vinci Surgical System provides surgeons with a three-dimensional image view with greater clarity, which improves surgical precision, particularly in confined surgical spaces. Compared to laparoscopic surgery, robotic surgery has a shorter learning curve and may be a better choice for surgeons. However, some surgeons are susceptible to laparoscopic experience when performing robotic surgery, which can diminish the advantages of the robotic system. We discussed some key issues such as indications, use of energy instruments, surgical approach, lymph node dissection, and digestive tract reconstruction, from the habit of laparoscopic surgery, in light of our team's experience with robotic radical gastric cancer surgery and the latest literature, in order to help beginners better understand the robotic surgical system.

【 **Key words** 】 Gastric neoplasms;　Robotic surgery;　Learning curve
Fund programs: National Natural Science Foundation of China (82373335); Jiangsu Provincial Science and Education Capability Enhancement Project (Jiangsu Provincial Key Discipline of Medicine, ZDXK202222); Natural Science Foundation of Jiangsu Province (BK20231372)

与传统的腹腔镜方法相比，达芬奇手术系统显著改善了手术精度，在狭窄手术空间尤其显著[1]。多项研究表明，机器人手术能减少术中出血量，有助于淋巴结清扫，并发症发生率较低[1-7]。与腹腔镜手术相比，机器人手术学习曲线较短，因此一旦度过学习曲线，机器人手术可能成为更优的选择。国内多数应用机器人系统进行胃癌根治的外科医生具有丰富的腹腔镜经验，因此在使用机器人系统手术时，他们可能会受到腹腔镜经验的影响，从而影响机器人系统优势的发挥。本文结合笔者团队近年机器人胃癌根治术的经验和最新文献，深入探讨机器人手术中的一些关键问题，旨在帮助初学者快速掌握机器人胃癌根治术的技巧。

一、适应证

机器人胃癌手术适应证与腹腔镜手术类似，主要包括：（1）肿瘤浸润深度<T4a级；（2）术前肿瘤分期为Ⅰ、Ⅱ期；（3）

DOI：10.3760/cma.j.cn441530-20240803-00270
收稿日期　2024-08-03　　**本文编辑**　朱雯洁
引用本文：李沣员, 刘宏达, 何中原, 等. 机器人胃癌根治术的再思考：与腹腔镜手术的异同[J]. 中华胃肠外科杂志, 2025, 28(2): 191-194. DOI: 10.3760/cma.j.cn441530-20240803-00270.

对于具备丰富胃癌手术经验且熟练掌握机器人手术系统操作经验的胃外科医师，可应用机器人手术系统为术前肿瘤分期为Ⅲ期或需行联合器官切除的患者开展手术。对于那些存在较为复杂情况（如局部T4b、有淋巴结侵袭周围脏器或接受新辅助治疗后仍存在肿大淋巴结等）的患者来说，采用机器人胃癌手术可能更有优势，因为机器人系统能够提供高清晰度图像，并且马里兰钳的使用不仅可以减少对邻近组织造成的损伤，还能有效分离肿瘤或淋巴结与周围脏器之间的黏连，满足精细解剖分离，同时避免对邻近脏器造成损伤。

二、能量器械的使用

超声刀是外科手术中最常用的能量器械，特别是在腹腔镜胃癌根治术中被广泛应用。其在切割、止血、分离等方面的优势，既可保证手术安全，也可缩短手术时间。尽管腹腔镜超声刀具有多种优点，但在使用中仍需考虑其明显的缺点和局限性[8]：（1）超声刀产生的温度可达到150℃~400℃，存在横向热扩散的可能性，从而对目标部位周围组织造成损害。（2）超声刀的刀头不具有活动度，在某些特殊部位刀头无法到达，例如：胰腺与脾静脉之间和脾门血管后方的淋巴结缔组织等区域（图1）。该部位的淋巴结缔组织与超声刀的位置呈相对平行的角度，超声刀无法到达，强行清扫需要较大力量牵拉周围组织，容易损伤组织，增加术后并发症的发生风险。（3）超声刀头较钝，在分离薄而疏松的组织时，较难实现类似分离钳的开合分离，且超声刀击发后所产生的热量使周围组织凝固聚集，失去了疏松的间隙。综上，机器人手术若在超声刀辅助下完成，则可能失去机器人所带来的精细解剖层面的优势，因此，笔者更推荐在机器人手术中使用马里兰钳（双极电凝）作为主要能量器械。

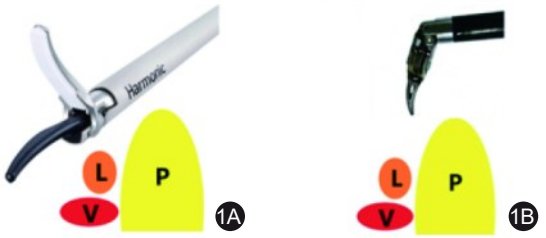

图1 超声刀和马里兰钳在分离胰腺与脾静脉之间组织（P:胰腺；L:淋巴结；V:血管）

马里兰钳通过双极的两个尖端向机体组织提供高频电能，使两尖端之间的组织和血管脱水而凝固，以达到止血的目的。其作用范围只限于两个尖端之间，影响范围比单极电刀和超声刀小，更适用于较为精细的手术，如保留迷走神经的胃切除术，迷走神经与周围二、三级血管关系极为紧密，用双极电凝处理此处的小血管，可避免过度牵拉，且一般不会对神经造成热损伤。此外，术中常常会出现血管表面的滋养血管出血，单极电凝和超声刀止血容易损伤血管，导致术后假性动脉瘤的发生；而双极电凝的特性可安全应对该问题。

马里兰钳类似分离钳的钳头可轻松实现开合分离，可帮助医生在手术过程中进行精准的分离操作（图2）。其独特的可转腕结构，可进行540°旋转，突破了双手的动作限制，使操作更灵活，使得原本在腹腔镜系统下难以完成的某些动作可较为容易完成，特别是在清扫血管后方淋巴结缔组织（图3）。如何巧用和活用马里兰钳以发挥其最大功效，需要注意以下技巧。

1.“若即若离”：马里兰钳的两个尖端向组织提供高频电能，局部温度迅速升高至80℃，使血管壁脱水皱缩、血管内血液凝固，血管与血凝块互融为一体，达到有效止血目的。细胞内水分迅速蒸发胶原蛋白凝结，从而达到分离组织的目的。但马里兰钳的两个尖端一旦闭合，会产生类似“短路”现象，不能继续使组织蛋白变性凝固。因此，在使用时马里兰钳的两个尖端要保持一定距离。

2.“低电压”：马里兰钳因其放电区域精准，副损伤小，故常常用于分离血管和神经周围的脂肪结缔组织。但为了使副损伤降到最低，马里兰钳在使用时建议使用低电压，推荐功率Power limit设定为80 W，EFFECT设定为6。双极钳内置有“自动停止”的安全机制，确保双极能量只能在抓住足够数量的组织时被激活，但该机制也会限制对微小血管的有效止血，建议临床使用设置为OFF状态。

3.“灵活的关节头”：马里兰钳具有独特的可转腕结构，可进行540°旋转，在手术中需要充分应用该功能，特别是在对胰腺上缘清扫时，可减少对胰腺的按压，避免损伤胰腺。笔者中心统计超声刀和双极电凝在胃癌根治术淋巴结清扫中的差异，发现两者在总淋巴结清扫数目上没有显著差异，但使用双极电凝清扫第8组淋巴结时更有优势，两者清扫淋巴结情况的对比见表1。

4.“简单缝合”：马里兰钳不仅具有解剖和分离功能，同时还具有抓取组织的功能。术中为了节约时间，在有些场景下马里兰钳也可做简单缝合，避免术中反复更换器械，延长手术时间（图4）。

5.“保持干净”：马里兰钳使用时会产生焦痂，不但影响工作效率，同时击发后容易与组织形成粘连，牵拉后容易导致创面渗血，所以术中需要保持马里兰钳的清洁。防粘连油的使用可在马里兰钳表面形成一层保护膜，减少焦痂的产生。另外，术中制作一个带纱布的囊，可以在手术中随时对马里兰钳进行清洁，避免反复拔插清洁马里兰钳，缩短手术时间（图5）。

三、淋巴结清扫入路

腹腔镜胃癌根治术有助手的帮助，可更好地暴露手术视野。总结笔者单位近年来5 000余台腹腔镜胃癌根治术的经验，认为在腹腔镜手术中，以下淋巴结清扫入路最为快速有效：幽门下区，胰腺上缘左侧，左侧膈肌角，胰腺上缘右侧，脾脏下极，脾门区，最后进行膈肌角右侧清扫。但该清扫入路的高效完成主要依靠腹腔镜手术中助手的有效牵拉

表 1　笔者团队使用超声刀与双极电凝在胃癌根治术中清扫淋巴结情况的对比

组别	手术时间（min，$\bar{x}\pm s$）	术中出血量［ml，$M(Q_1,Q_3)$］	清扫淋巴结总数（枚，$\bar{x}\pm s$）	第 8 组淋巴结清扫数（枚，$\bar{x}\pm s$）
超声刀（30 例）	259.0±29.8	50（20，200）	56.6±14.0	2.81±2.42
双极电凝（41 例）	271.0±39.8	50（20，200）	59.3±14.8	4.63±2.76
t 值	1.39	–	0.78	2.98
P 值	0.185	0.842	0.421	0.007

暴露，而机器人手术的暴露主要靠 3 个机械臂之间的牵拉，缺乏助手的暴露，该清扫入路难以实现。机器人胃癌根治淋巴结清扫的入路应与腹腔镜手术有所不同。

经过作者团队的反复摸索实践，最终形成一套高效的机器人手术清扫入路：首先分离贲门左侧，游离贲门至贲门右侧，带线牵拉食管后，游离食管下端并离断食管；牵拉离断的胃向脚侧翻转，以便于分离胃后间隙至胰后间隙上方；打开胃结肠韧带，向脾下极清扫第 4sb 组淋巴结，使用无损伤止血钳钳夹胃体后壁，向顶部牵拉（图 6）；打开胃胰皱襞，向脾动脉远端清扫和脾下极汇合，再向脾上级清扫与之前清扫汇合，完成第 10 和 11d 组淋巴结清扫（图 7）；之后清扫第 7、8、9 组淋巴结，最后进行幽门下区清扫。

上述清扫入路有如下优势：（1）先离断食管并向脚侧翻转胃体，可减少向顶部牵拉。顶部牵拉时，上方组织较多，不容易暴露，干扰较大。食管先行可较快进入胃后间隙，更容易与前面的胃胰皱襞汇合，更便于汇合后沿脾动脉进行清扫至脾门。（2）如果先清扫幽门下区淋巴结，那在后续清扫提拉第 7、8、9 组淋巴结时，较多的组织会向下滑动，清扫的干扰较大；（3）该清扫入路多数为向脚侧牵拉，可以充分利用重力作用，便于暴露。例如，在第 8 和 12 组淋巴结清扫时，向脚侧牵拉胃窦部，可以充分暴露该区域，再结合可旋转的马里兰刀头，可以轻松完成该区域的清扫（图 8）。

四、消化道重建

机器人下的消化道重建目前主要参考《机器人胃癌切除术后完全腔内消化道重建中国专家共识（2021 版）》[9]。目前，机器人适配的线型切割闭合器已在国内上市，但由于其价格较高，未得到广泛应用。机器人的缝合器械特别灵活，尤其是在抓针缝合时，可以轻松变换角度，并且稳定性较高，每针之间的距离也非常均匀。机器人缝合器械的灵巧性可在狭小空间内完成吻合，特别是对于纵隔内的吻合［如双肌瓣（kamikawa）吻合、食管空肠手工吻合、“拱桥式”吻合等］（图 9）。笔者单位在机器人下已完成了近 40 例近端胃切除双肌瓣吻合，手术安全，缝合可靠（图 10）。对于需要缝合较多的消化道重建，机器人下的缝合可轻松实现缝针的自由旋转，缝合安全可靠，缝合时间较短，还可减少对线型闭合器的使用需求，节约手术费用。因此，在选择机器

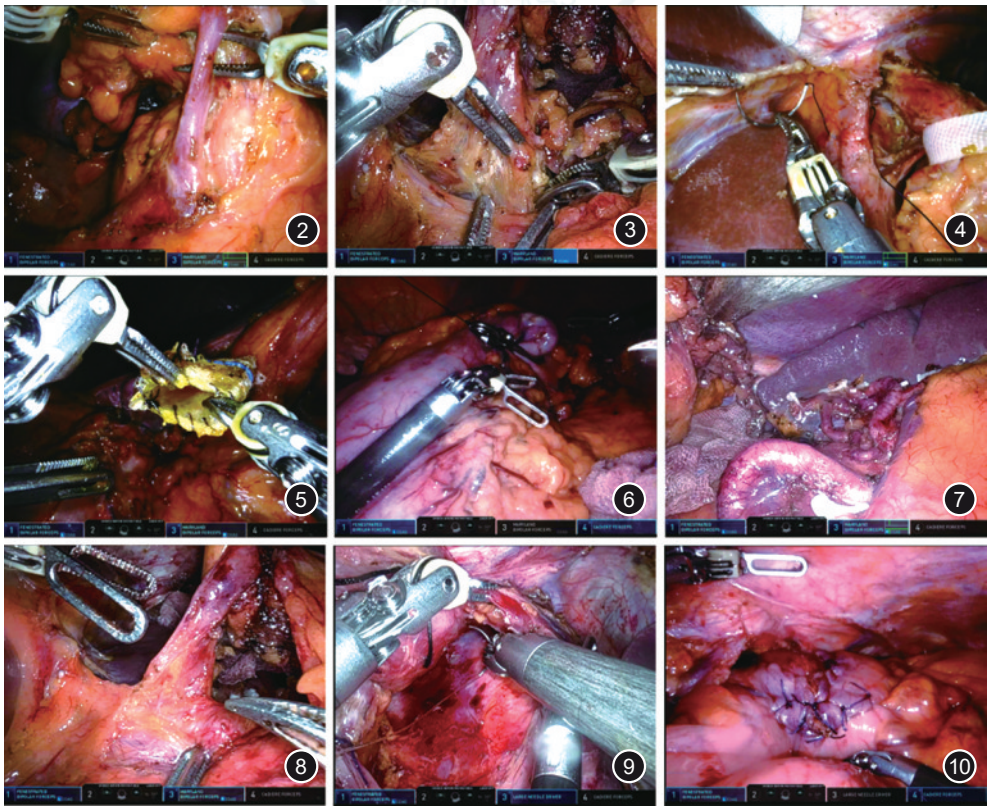

图 2　马里兰钳开合分离　**图 3**　马里兰钳转腕操作　**图 4**　马里兰钳进行简单缝合　**图 5**　术中清洁马里兰钳　**图 6**　无损伤止血钳牵拉胃体后壁　**图 7**　完成脾门淋巴结清扫　**图 8**　清扫第 8 组和 12 组淋巴结　**图 9**　反针缝合　**图 10**　机器人下完成双肌瓣吻合

人手术的消化道重建方式时，我们建议尽量采用机器人缝合完成消化道重建。

综上所述，机器人胃癌根治术具有优越的临床效果，但外科医生需要改变既往的腹腔镜胃癌根治术的思维模式，接受机器人系统的理念和新的器械，才能充分发挥出机器人手术最大的临床优势，使其发挥最大功效。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

[1] Isobe T, Murakami N, Minami T, et al. Robotic versus laparoscopic distal gastrectomy in patients with gastric cancer: a propensity score-matched analysis[J]. BMC Surg, 2021, 21(1):203. DOI: 10.1186/s12893-021-01212-4.

[2] Ma J, Li X, Zhao S, et al. Robotic versus laparoscopic gastrectomy for gastric cancer: a systematic review and meta-analysis[J]. World J Surg Oncol, 2020,18(1):306. DOI: 10.1186/s12957-020-02080-7.

[3] Baral S, Arawker MH, Sun Q, et al. Robotic Versus Laparoscopic Gastrectomy for Gastric Cancer: A Mega Meta-Analysis[J]. Front Surg, 2022, 9: 895976. DOI: 10.3389/fsurg.2022.895976.

[4] Uyama I, Suda K, Nakauchi M, et al. Clinical advantages of robotic gastrectomy for clinical stage I/II gastric cancer: a multi-institutional prospective single-arm study[J]. Gastric Cancer, 2019, 22(2): 377-385. DOI: 10.1007/s10120-018-00906-8.

[5] Zeng F, Chen L, Liao M, et al. Laparoscopic versus open gastrectomy for gastric cancer[J]. World J Surg Oncol, 2020, 18(1):20. DOI: 10.1186/s12957-020-1795-1.

[6] Hyung WJ, Woo Y, Noh SH. Robotic surgery for gastric cancer: a technical review[J]. J Robot Surg, 2011, 5(4): 241-249. DOI: 10.1007/s11701-011-0263-x.

[7] Chen K, Pan Y, Zhang B, et al. Robotic versus laparoscopic Gastrectomy for gastric cancer: a systematic review and updated meta-analysis[J]. BMC Surg, 2017, 17(1):93. DOI: 10.1186/s12893-017-0290-2.

[8] 李国新. 超声刀在腹腔镜胃肠手术中的使用技巧[J]. 中华胃肠外科杂志, 2013,16(10):919-921. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0274.2013.010.003.

[9] 中国医师协会外科医师分会上消化道外科学组, 中华医学会外科学分会胃肠外科学组, 中国研究型医院学会消化道肿瘤专业委员会, 等. 机器人胃癌切除术后完全腔内消化道重建中国专家共识(2021版)[J]. 中华胃肠外科杂志, 2021, 24(8): 647-652. DOI: 10.3760/cma. j. issn. 441530-20210727-00299.

·读者·作者·编者·

本刊对作者署名及其工作单位的撰写要求

1. 作者署名：作者姓名在题名下按序排列，排序应在投稿前由全体作者共同讨论确定，**投稿后不应再作改动，确需改动时必须出示单位证明以及所有作者亲笔签名的署名无异议的书面证明**。作者单位名称（具体到科室）及邮政编码列于作者姓名下方，并注明通信作者的Email地址。作者应同时具备以下4项条件：（1）参与选题和设计，或参与资料的分析与解释者；（2）撰写论文或对其学术内容的重要方面进行关键修改者；（3）对最终要发表的论文版本进行全面的审阅和把关者；（4）同意对论文的所有方面负责，保证对涉及研究工作的任何部分的准确性和科研诚信的问题进行恰当的调查，并及时解决者。**仅参与获得资金或收集资料者不能列为作者，仅对科研小组进行一般管理者也不宜列为作者。**

2. 工作单位：原则上1位作者仅能标注1个单位（著录个人隶属的行政机构，如果作者隶属的行政机构与完成课题选题、研究方案设计、进行研究工作和提供研究条件的机构不一致，或作者隶属不同机构时，**以提供研究条件和完成研究工作的机构为作者单位），确需标注多个单位的，需在投稿介绍信加盖所有著录单位的公章（所有公章盖在同一张纸上），且第一作者单位必须为资料来源单位。**