

机器人结直肠手术的局限与前景

连国栋, 李乐平, 靖昌庆

(山东第一医科大学附属省立医院胃肠外科 山东 济南 250021)

摘要 微创手术目前已被大多数结直肠外科医生所认可, 但腹腔镜手术存在其固有的局限性, 包括立体视觉缺失、镜头不稳定、人体工程学设计不良、器械僵硬以及操作震颤等。目前, 机器人外科手术系统提供了解决方案, 包括稳定的 3-D 视野、灵活的腕式器械、良好的人体工程学设计以及震颤过滤功能。机器人辅助结直肠手术的可行性、安全性和临床有效性都已得到了广泛验证。机器人手术在肿瘤学上是安全的, 其结局可与常规腹腔镜手术相媲美, 甚至在直肠癌手术中具有更多的益处, 其在狭窄骨盆中操作更方便、吻合口漏发生率低、环周切缘阳性率低、术后肠道功能恢复快, 且自主神经功能保持更完好。虽然机器人手术增加了手术时间和住院费用, 但相较于其潜在的优势, 可以预见在不久的将来, 机器人手术系统将成为结直肠常规手术实践的重要组成部分。

关键词 结直肠手术; 机器人; 腹腔镜

中图分类号 R735.3 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2020) 04-0286-08

Limitations and prospects of robot-assisted colorectal surgery

LIAN Guodong, LI Leping, JING Changqing

(Department of Gastrointestinal Surgery, Shandong Provincial Hospital, Shandong First Medical University, Jinan 250021, China)

Abstract Minimally invasive surgery is currently accepted by most colorectal surgeons, but laparoscopic surgery has its intrinsic limitations, such as poor stereoscopic vision, unstable assistant-dependent camera, poor design of ergonomics, rigid instruments and enhanced tremor during operation. Robotic surgery systems were designed to overcome the limitations of laparoscopic surgery by providing stable 3-D field views from a surgeon-controlled camera, angulated instruments with 7 degrees

收稿日期: 2020-02-07 录用日期: 2020-05-22

Received Date: 2020-02-07 Accepted Date: 2020-05-22

基金项目: 济南市科技计划项目 (201907068); 山东省医药卫生科技发展计划项目 (2018WSB01021); 山东省重点研发计划项目 (2017GSF221018)

Foundation Item: Science & Technology Planning Project of Jinan City (201907068); Medical and Health Technology Development Program in Shandong Province (2018WSB01021); Key Research & Development planning Project of Shandong Province (2017GSF221018)

通讯作者: 靖昌庆, Email: jing66510122@sina.com

Corresponding Author: JING Changqing, Email: jing66510122@sina.com

引用格式: 连国栋, 李乐平, 靖昌庆. 机器人结直肠手术的局限与前景 [J]. 机器人外科学杂志, 2020, 1 (4): 286-293.

Citation: LIAN G D, LI L P, JING C Q. Limitations and prospects of robot-assisted colorectal surgery [J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2020, 1(4):286-293.

of freedom, markedly improved ergonomics and tremor filtering system. The feasibility, safety, and clinical effectiveness of robot-assisted colorectal surgery have been widely confirmed. Outcomes of robotic surgery is comparable to conventional laparoscopic surgery and even better in rectal cancer surgery, such as more convenient operation in narrow pelvis, lower incidence of anastomotic leak, lower positive rate of circumferential resection margin, faster recovery of intestinal function after surgery and better perseveration of autonomic nerve function. Although operation time and hospitalization costs increased, considering its potential advantages, it is foreseeable that robot-assisted surgery will play an important role in routine colorectal surgery in the near future.

Key words Colorectal surgery; Robot; Laparoscopic

自 1991 年腹腔镜手术首次报道应用于结直肠外科领域之后^[1], 其影响范围逐渐扩大, 尤其在发达国家, 腹腔镜手术已经成为结直肠外科的标准治疗方式^[2]。然而, 腹腔镜技术也存在其固有的局限性, 包括二维(2D)成像使得立体视觉和深度感知较差(尽管 3D 平台逐渐兴起)、镜头的不稳定性、不良的人体工程学设计、操作器械尖端笔直固定及放大的操作震颤等^[3]。当在狭窄的空间(如骨盆)进行手术时, 上述缺点更为明显。尤其是对于肥胖且低位的直肠癌患者, 进行腹腔镜操作时手术难度明显增加, 甚至影响手术质量。为克服腹腔镜手术的局限性, 从 1990 年开始, 科学家们将主从机械手(也称为远距机械手)引入微创手术, 这激发了第一批机器人外科手术系统的发展。正是腹腔镜手术的不断创新促进了机器人手术的逐渐兴起。

2000 年, 达芬奇外科手术系统获得了美国食品和药品管理局的初步批准。机器人外科手术系统的设计克服了腹腔镜手术的某些局限性, 如由主刀医生控制的稳定 3D 视图、具有 7 个自由度和 540° 旋转的腕状器械、卓越的人体工程学设计以及震颤过滤功能等, 以上优点促使机器人技术在结直肠外科领域飞速发展。机器人手术目前发展迅速, 截至 2019 年第 3 季度, 达芬奇机器人操作系统全球装机 5 406 台, 其中美国 3 459 台, 欧洲 936 台, 亚洲 718 台, 其他地区 293 台。目前, 中国大陆装机 135 台, 自

2006~2019 年, 大陆地区共行机器人结直肠手术 14 196 台, 约占全部机器人手术量的 10%。而 2019 年一整年机器人结直肠手术达 3 532 台, 约占中国大陆地区近 14 年来总手术量的 25%。机器人手术能否成为结直肠外科常规实践的一部分, 目前仍存争议。本文将评估机器人技术在结直肠手术中的可行性、安全性和临床有效性, 并总结各方面的文献证据。

1 机器人结肠切除术

继 Jacobs M 等^[1]1991 年首次报道腹腔镜右半结肠切除术以及 Fowler 随后报道腹腔镜左半结肠切除术之后, 微创手术近 40 年来在结肠癌领域开始广泛兴起, 几项大型临床研究发现, 结肠癌行微创手术的肿瘤学效果与开放手术无差异^[4]。2001 年达芬奇外科手术系统投放市场, 该手术系统克服了腹腔镜手术的局限性, 如在狭窄的骨盆, 特别是在放疗后低位直肠癌的肥胖男性中进行操作, 机器人手术具有明显优势。机器人外科手术的另一优势是可以更容易地在体内完成肠管吻合术。自 Weber P A 等^[5]2001 年首次报道机器人辅助结肠切除术(乙状结肠和右结肠切除)以来, 大量文献证实机器人手术在结肠癌外科治疗中的应用率正持续增加^[4]。

1.1 机器人右半结肠切除术

研究机器人与腹腔镜在结肠切除术中的临床安全性和有效性, 发现二者具有相似

的围手术期并发症发生率和肿瘤学预后。Moghadamyeghaneh Z 等^[6]统计了 26 721 例行结肠切除术的患者，其中 16 780 例（62.8%）行开放手术，9 934 例（37.2%）行微创手术（9 614 例腹腔镜手术和 326 例机器人手术），与腹腔镜结肠切除术相比较，接受开腹手术患者的死亡率和围手术期并发症发生率明显增高，而腹腔镜手术和机器人手术之间的死亡率和并发症发生率没有显著性差异。deSouza A L 等^[7]回顾性分析了 40 例机器人右半结肠切除术和 135 例腹腔镜右半结肠切除术患者的临床病理资料，发现机器人手术与腹腔镜手术相比，在中转开腹率、术后并发症发生率以及肿瘤学预后方面无明显差别。此外，笔者进行成本分析发现，与腹腔镜手术相比，机器人手术时间明显更长、花费更高。另有研究表明，机器人右半结肠切除术在减少失血量、缩短住院时间和肠道功能恢复时间方面比腹腔镜手术更具优势^[8-10]。Widmar M 等^[11]回顾性研究了 463 例右半结肠切除术患者的资料，其中包括 181 例开放手术、163 例腹腔镜手术和 119 例机器人手术，发现机器人右半结肠切除术具有更多的淋巴结清扫数量和更大的淋巴结清扫数与手术标本长度（cm）比（LN-LSS ratio），提示机器人手术能够更完整地行全结肠系膜切除（CME）。在一项对机器人与腹腔镜右结肠切除术进行比较的 Meta 分析中（11 项研究， $n=8\ 257$ ），机器人组与更长的手术时间和增加的住院费用呈正相关，但中转开腹率却降低（ $RR\ 1.7\ [1.1, 2.6], P=0.02$ ）；与腹腔镜组相比，机器人组能够更快地恢复肠道功能（ $2.3d\ Vs\ 3.3d, P=0.016$ ）。

随着微创技术的普及，体内吻合技术逐渐流行。然而，与传统的体外吻合相比，体内吻合技术对围手术期并发症发生率是否存在影响也是外科医生目前关注的问题。近期有研究发

现，无论行腹腔镜还是机器人辅助下的右半结肠切除术，体内吻合与体外吻合相比较，其失血量更少，肠道功能的恢复更快^[12-13]。同时也有研究比较机器人和腹腔镜右半结肠手术同时采用体内吻合术，二者围手术期并发症发生率无显著性差异^[14]。比较机器人与腹腔镜右半结肠切除并体外吻合手术发现，围手术期并发症无显著性差异^[15]。以上研究表明，体内与体外吻合方式对围手术期并发症的发生有明确影响。一项对 236 例患者进行的大型多中心回顾性研究发现，机器人右半结肠切除并体内吻合术与腹腔镜右半结肠切除术并体内吻合和体外吻合术相比较，两者在中转开腹率、并发症发生率、死亡率及平均淋巴结清扫数量等方面均无显著性差异^[14]。此外，机器人右半结肠切除并体内吻合与腹腔镜右半结肠切除并体外吻合术相比较，前者明显缩短了排气时间和住院时间。针对体内和体外吻合方式，至今未见公开报道的前瞻性随机试验。但目前的文献表明，机器人右半结肠切除并体内吻合术是安全可行的。另外体内吻合还有其他方面的优势，比如更小的手术切口、更低的切口感染率和切口疝发生率，但同时，体内吻合术等体内缝合技术也在面临挑战。

以上研究表明，机器人技术的逐渐普及和手术方式的变革带来了较好的围手术期预后。然而，也有研究报道了相反的结果。Halabi W J 等^[16]的研究结果表明，机器人手术的并发症发生率更高，机器人结肠手术后出血发生率较腹腔镜手术增加（ $3.4\%\ Vs\ 2.14\%, P=0.005$ ）。Tyler J A 等^[17]在机器人与腹腔镜结肠手术相比较结果的报道指出，尽管总体并发症发生率相似，但两者并发症发生模式有所不同，机器人手术在术后感染、吻合口漏、静脉血栓、肠梗阻、吻合并发症和肺炎等方面发生率更高。

1.2 机器人左半结肠切除术

与右半结肠切除术相比，机器人左半结肠切除术的文献报道相对偏少，原因可能与左半结肠癌相对右半结肠癌发生率较低相关。而且，左半结肠切除术还需要结肠-结肠或结肠-直肠吻合术，因而吻合口漏、切口感染和总体并发症（如输尿管损伤、中转开腹等）的发生率明显增高，患者住院时间也比右半结肠切除术更长。

与机器人右半结肠切除术一样，机器人左半结肠切除术相较腹腔镜手术具有相似的围手术期并发症和肿瘤学预后，但手术时间增加。Davis B R 等^[18]分析了由 Premier Hospital Database 提取的 1 066 例接受腹腔镜和机器人左半结肠切除术患者的数据后发现，腹腔镜手术和机器人左半结肠切除术在临床结局和围手术期并发症方面相似，但机器人手术会增加住院费用并延长手术时间。Casillas M A 等^[19]在一项前瞻性研究中，对 344 例接受机器人或腹腔镜结直肠手术的患者进行了研究，发现腹腔镜和机器人左半结肠手术在预计失血量、中转开腹率和平均淋巴结清扫数量方面没有差异。此外，Casillas 等发现，虽然腹腔镜左半结肠切除术的手术时间比机器人手术时间短，但腹腔镜组的平均住院时间却比机器人组长了近 3d。Deutsch G B 等^[8]对 105 例接受腹腔镜或机器人左半结肠切除术的患者进行回顾性研究显示，机器人组的手术时间增加，但机器人组与腹腔镜组之间的住院时间相近。

2 机器人直肠切除术

针对直肠癌患者，全直肠系膜切除（TME）可以彻底切除直肠周围系膜的淋巴管和淋巴结，目前被认为是直肠癌手术治疗的“金标准”术式。

TME 的质量和周围切缘的阳性率均与直肠癌术后复发和长期生存密切相关^[20-21]。腹腔镜和机器人手术技术的出现能够使外科医生在手术过程中更清楚地理解 TME 的概念。一项基于美国国家数据库的大型回顾性研究分析了 16 275 例直肠癌手术患者，患者接受了机器人、腹腔镜或开放性直肠低位前切除术。结果表明，开放手术与腹腔镜手术相比较，或者开放手术与机器人手术相比较，直肠切缘阳性率、淋巴结清扫数量、再入院率以及 30d 死亡率均无显著差异；与开放手术相比，腹腔镜和机器人手术患者住院时间明显缩短；但与腹腔镜手术相比，机器人手术的中转开腹率较低^[22]。另一项 Meta 分析纳入了 17 项研究中的 2 224 例患者^[23]，研究者比较了机器人与腹腔镜手术对于直肠癌的治疗，发现机器人手术的中转开腹率明显降低，且手术后肠道排气时间明显缩短。另一项对 1 074 例患者的 Meta 分析比较了机器人手术与开腹手术在直肠癌治疗中的安全性和有效性^[24]，发现行机器人手术的患者术中出血量较少，术后排气时间及住院时间缩短，但手术时间延长。而两组之间在围手术期并发症、远端切缘阳性率或无病生存率方面无显著差异。另一项 Meta 分析评估了 24 项研究，包括 2 项 RCT 研究，对 3 318 例患者行直肠癌机器人手术与腹腔镜手术的比较^[25]，发现机器人组的中转开腹率明显降低，而两者在术后并发症发生率、远端切缘阳性率或住院费用上无显著差异。

至于肿瘤学结局，已有研究报道来评估机器人手术是否与腹腔镜手术一样，在 TME 质量、环周切缘（CRM）阳性率和无病生存率等方面具有同样良好的肿瘤学结局。其中一项回顾性配对队列研究比较了机器人、开放式和腹腔镜技术对直肠癌手术的影响，每组包含 165 例患者。结果表明，与开放组相比，机器人和腹腔镜组

的肠排气时间、恢复饮食和住院时间显著降低，而各组之间2年无病生存率无差异^[26]。另一项匹配的队列研究将过去接受过机器人辅助TME的患者与过去接受过腹腔镜TME的患者进行了比较，发现机器人组的CRM明显优于腹腔镜组，但清扫的淋巴结数量没有差异^[27]。另外一篇已发表的回顾性研究比较了直肠癌行机器人切除术和腹腔镜切除术的差异，该研究发现住院时间、并发症发生率、TME质量或CRM阳性率均无显著差异^[28]。

迄今规模最大、设计最完善的研究仍是机器人与腹腔镜直肠癌切除术(ROLARR)的试验^[29]。这项国际性的多中心前瞻性随机对照试验将来自10个国家/地区的29个中心的471例患者随机分配至机器人或腹腔镜组行直肠癌切除术。主要结果为中转开腹率，次要结果包括30d的并发症发生率和死亡率、CRM阳性率、3年局部复发率、无病生存率和总生存率以及性功能和泌尿系统并发症等。该实验的研究结果表明腹腔镜和机器人手术的中转开腹率没有显著差异(8.1% Vs 12.2%，机器人 Vs 腹腔镜， $P=0.16$)。此外，在CRM阳性率、TME完成率、术中并发症发生率、术后并发症或30d死亡率方面，也未见明显差异。这项大型的多中心研究的最终结果表明，在直肠癌外科手术方面，机器人技术相较于腹腔镜手术并未显示出明显优势。

但在ROLARR亚组分析中，腹腔镜手术中转开腹率在男性(16.0%)、肥胖患者(27.8%)和接受低位前切除术的患者(13.3%)中更高，而在机器人手术中，上述比率分别为8.7%、18.9%和7.2%^[29]。因此笔者推测，在较窄的男性骨盆中，机器人手术比腹腔镜手术具有更大的优势。虽无足够的患者提供统计学上有意义的比较，但这些数字可能仍具有临床意义。同样，在对高危患者的研究中(定义为 $BMI \geq 30\text{kg/m}^2$ ，

男性，术前放化疗，距肛门边缘 $<8\text{cm}$ 的肿瘤或既往开放腹部手术史)，Ahmed等的研究结果表明：与腹腔镜手术相比，机器人直肠癌手术可减少失血量、降低中转开腹率、缩短手术时间并缩短住院时间，基于机器人组行直肠前切除术的百分比更高。其还得出结论，机器人技术有更大的机会保留括约肌并避免了永久性造口^[30]。

另外，研究发现与行腹腔镜手术的直肠癌患者相比，接受机器人手术的患者在性功能和泌尿功能恢复方面可能有更好的结局。通过国际勃起功能指数(IIEF)评分系统对每组40例患者进行的回顾性研究显示，机器人手术组比腹腔镜手术组在术后3个月和6个月时具有更好的性功能改善^[23]。通过更精确的解剖来保留神经功能正是机器人手术的另一优势。在韩国进行的一项前瞻性队列研究分析了机器人辅助和腹腔镜TME术后的泌尿生殖功能^[31]，发现机器人组的正常排尿功能恢复较早，其国际前列腺症状评分(IPSS)可以在3个月内恢复，而腹腔镜组为6个月。基于尿动力学的研究，机器人组在术后3个月和6个月时与术前平均排尿量相比，变化也更少(分别为 $P=0.007$ 和 $P=0.049$)。尽管两组的IIEF评分没有显著差异，但机器人组行TME术后的恢复时间更快(6个月 Vs 12个月)。WANG G等^[32]评估了137例(共336例)男性患者的泌尿和性功能，结果显示接受腹腔镜手术的患者术后国际前列腺症状总评分(IPSS)较术前显著提高(9.66 Vs 4.12， $P=0.031$)，而机器人组无明显差异(6.79 Vs 4.04， $P=0.068$)。性功能障碍的发生率在机器人组也较低($P=0.033$)，机器人组的国际勃起功能指数(IIEF)总分也较腹腔镜组高(46.2 Vs 40.1， $P=0.043$)。Park S Y等^[33]的类似研究选择接受机器人TME手术的32例男性患者和51例接受

腹腔镜 TME 的男性患者相匹配，发现机器人组勃起功能恢复较早，而平均 IPSS 评分与腹腔镜组无差异。

3 局限与前景

目前机器人手术正处于发展成长期，其全新的理念及操作技巧对外科学发展具有重大的里程碑意义。目前，已有相当数量的文献数据表明，机器人辅助的左/右半结肠切除手术在围手术期并发症及术后住院时间方面具有明显优势，并且比腹腔镜结肠切除术更容易完成困难淋巴结的清扫及体内吻合。尽管存在不同结论的研究结果，特别是机器人手术增加了的成本和手术时间，甚至有结论反对机器人手术。由于目前仍缺乏评估机器人结肠手术的大规模随机对照试验数据，如前所述，机器人结肠切除手术与缩短住院时间，降低再入院率和并发症发生率均呈正相关，这些益处在一定程度上能够抵消机器人操作系统的额外手术时间和费用。

直肠癌手术需要精确的骨盆解剖，这使得腹腔镜技术存在一定的操作难度，尤其是在使用不可弯曲的手术器械以及在狭窄骨盆中操作时。相比之下，机器人操作系统能够提供稳定的三维手术视野以及可灵活弯曲的手术器械，从而有助于外科医生在更好的可视化条件下进行更精确的解剖操作，进而改善了狭窄骨盆中器械的拥挤程度。另外机器人手术对直肠癌的潜在优势还包括：降低开腹手术的转化率、更好的肿瘤学结果以及神经保护。总体而言，目前的证据表明机器人技术在直肠手术中是安全可行的，其短期和长期结果与腹腔镜手术的结果相当。但是机器人手术成本较高是其最大缺点之一。但随着规模经济不断扩大、仪器设计不断改进以及操作团队的熟练程度不断提高，与机器人手术相关的成本可能会不断降低。

目前已经广泛应用的机器人手术系统也存在其他问题，例如机械臂体积较大导致术中操作干扰、30° 摄像系统无法像腹腔镜摄像系统一样旋转角度以达到最好的手术野、操作器械缺少力反馈等。但以上情况正在改善：例如第 4 代达芬奇 Xi 系统的机械臂和数字内窥镜已经明显小型化，降低了手术操作中机械臂相互干扰的发生几率；Senhance 手术机器人系统已经能够提供触觉力反馈；达芬奇 SP 系统配置了柔性 3D 摄像头；荧光成像以及虚拟现实等新科技已经与机器人技术相结合等。相信随着未来工业领域的科技创新和人工智能的不断发展，越来越多的新技术将被整合到机器人手术系统中。

4 结语

鉴于微创技术能够减少术后辅助放化疗的启动时间，采用微创手术来治疗结直肠癌，已经得到了绝大多数结直肠外科医生的认可^[34]。机器人结直肠手术是安全的，它不仅具有腹腔镜手术的许多优点，包括疼痛更少、恢复更快、住院时间更短、术后切口并发症更少以及美容效果更好，而且有更低的中转开腹率，机器人手术还便于体内消化道重建，使得患者术后肠道功能恢复更快。

目前，在全球范围内接受和推广机器人手术的唯一障碍是其成本高昂，但随着外科医生在机器人技术方面的专业水平不断提高以及降低机器人手术系统固定成本的努力，机器人结直肠切除手术将可能被证明是一种经济有效的方法。由于机器人手术是一项相对较新的技术，因此几乎没有大型高质量的研究，机器人技术的应用前景仍需要高质量的随机对照研究来证实。我们相信随着机器人技术的发展、临床结果的改善以及外科医生经验的不断提高，机器人手术终将会发挥出其真正潜力。

参考文献

- [1] Jacobs M, Verdeja J C, Goldstein H S. Minimally invasive colon resection (laparoscopic colectomy)[J]. *Surg Laparosc Endosc*, 1991, 1(3): 144–150.
- [2] Araujo S E, Seid V E, Klajner S. Robotic surgery for rectal cancer: current immediate clinical and oncological outcomes[J]. *World J Gastroenterol*, 2014, 20(39): 14359–14370.
- [3] Mak T W, Lee J F, Futaba K, et al. Robotic surgery for rectal cancer: A systematic review of current practice[J]. *World J Gastrointest Oncol*, 2014, 6(6): 184–193.
- [4] Andolfi C, Umanskiy K. Appraisal and Current Considerations of Robotics in Colon and Rectal Surgery[J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2019, 29(2): 152–158.
- [5] Weber P A, Merola S, Wasielewski A, et al. Telerobotic-assisted laparoscopic right and sigmoid colectomies for benign disease[J]. *Dis Colon Rectum* 2002, 45(12): 1689–1694; discussion 1695–1686.
- [6] Moghadamyeghaneh Z, Hanna M H, Carmichael J C, et al. Comparison of open, laparoscopic, and robotic approaches for total abdominal colectomy[J]. *Surg Endosc*, 2016, 30(7): 2792–2798.
- [7] deSouza A L, Prasad L M, Park J J, et al. Robotic assistance in right hemicolectomy: is there a role? [J]. *Dis Colon Rectum*, 2010, 53(7): 1000–1006.
- [8] Deutsch G B, Sathyanarayana S A, Gunabushanam V, et al. Robotic Vs laparoscopic colorectal surgery: an institutional experience[J]. *Surg Endosc* 2012, 26(4): 956–963.
- [9] Morpurgo E, Contardo T, Molaro R, et al. Robotic-assisted intracorporeal anastomosis versus extracorporeal anastomosis in laparoscopic right hemicolectomy for cancer: a case control study[J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2013, 23(5): 414–417.
- [10] Rondelli F, Balzarotti R, Villa F, et al. Is robot-assisted laparoscopic right colectomy more effective than the conventional laparoscopic procedure? A meta-analysis of short-term outcomes[J]. *Int J Surg*, 2015. DOI: 10.1016/j.ijso. 2015. 04. 044.
- [11] Widmar M, Keskin M, Strombom P, et al. Lymph node yield in right colectomy for cancer: a comparison of open, laparoscopic and robotic approaches[J]. *Colorectal Dis*, 2017, 19(10): 888–894.
- [12] WU Q, JIN C, HU T, et al. Intracorporeal Versus Extracorporeal Anastomosis in Laparoscopic Right Colectomy: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2017, 27(4): 348–357.
- [13] Akram W M, Al-Natour R H, Albright J, et al. A propensity score-matched comparison of intracorporeal and extracorporeal techniques for robotic-assisted right colectomy in an Enhanced Recovery Pathway[J]. *Am J Surg*, 2018, 216(6): 1095–1100.
- [14] Trastulli S, Coratti A, Guarino S, et al. Robotic right colectomy with intracorporeal anastomosis compared with laparoscopic right colectomy with extracorporeal and intracorporeal anastomosis: a retrospective multicentre study[J]. *Surg Endosc*, 2015, 29(6): 1512–1521.
- [15] Solaini L, Bazzocchi F, Cavaliere D, et al. Robotic versus laparoscopic right colectomy: an updated systematic review and meta-analysis[J]. *Surg Endosc*, 2018, 32(3): 1104–1110.
- [16] Halabi W J, Kang C Y, Jafari M D, et al. Robotic-assisted colorectal surgery in the United States: a nationwide analysis of trends and outcomes[J]. *World J Surg*, 2013, 37(12): 2782–2790.
- [17] Tyler J A, Fox J P, Desai M M, et al. Outcomes and costs associated with robotic colectomy in the minimally invasive era[J]. *Dis Colon Rectum*, 2013, 56(4): 458–466.
- [18] Davis B R, Yoo A C, Moore M, et al. Robotic-assisted versus laparoscopic colectomy: cost and clinical outcomes[J]. *JSLS*, 2014, 18(2): 211–224.
- [19] Casillas M A Jr, Leichtle S W, Wahl W L, et al. Improved perioperative and short-term outcomes of robotic versus conventional laparoscopic colorectal operations[J]. *Am J Surg*, 2014, 208(1): 33–40.
- [20] Parfitt J R, Driman D K. The total mesorectal excision specimen for rectal cancer: a review of its pathological assessment[J]. *J Clin Pathol*, 2007, 60(8): 849–855.
- [21] Quirke P, Steele R, Monson J, et al. Effect of the plane

of surgery achieved on local recurrence in patients with operable rectal cancer: a prospective study using data from the MRC CR07 and NCIC-CTG CO16 randomised clinical trial[J]. *Lancet*, 2009, 373(9666): 821–828.

[22] Speicher P J, Englum B R, Ganapathi A M, et al. Robotic Low Anterior Resection for Rectal Cancer: A National Perspective on Short-term Oncologic Outcomes[J]. *Ann Surg*, 2015, 262(6): 1040–1045.

[23] Park S Y, Choi G S, Park J S, et al. Short-term clinical outcome of robot-assisted intersphincteric resection for low rectal cancer: a retrospective comparison with conventional laparoscopy[J]. *Surg Endosc*, 2013, 27(1): 48–55.

[24] LIAO G, LI Y B, ZHAO Z, et al. Robotic-assisted surgery versus open surgery in the treatment of rectal cancer: the current evidence[J]. *Sci Rep*, 2016, 6: 26981.

[25] ZHANG X, WEI Z, BIE M, et al. Robot-assisted versus laparoscopic-assisted surgery for colorectal cancer: a meta-analysis[J]. *Surg Endosc*, 2016, 30(12): 5601–5614.

[26] Kang J, Yoon K J, Min B S, et al. The impact of robotic surgery for mid and low rectal cancer: a case-matched analysis of a 3-arm comparison-open, laparoscopic, and robotic surgery[J]. *Ann Surg*, 2013, 257(1): 95–101.

[27] D’Annibale A, Pernazza G, Monsellato I, et al. Total mesorectal excision: a comparison of oncological and functional outcomes between robotic and laparoscopic surgery for rectal cancer[J]. *Surg Endosc*, 2013, 27(6): 1887–1895.

[28] Valverde A, Goasguen N, Oberlin O, et al. Robotic versus laparoscopic rectal resection for sphincter-saving surgery: pathological and short-term outcomes in a single-center analysis of 130 consecutive patients[J]. *Surg Endosc*, 2017, 31(10): 4085–4091.

[29] Jayne D, Pigazzi A, Marshall H, et al. Effect of Robotic-Assisted vs Conventional Laparoscopic Surgery on Risk of Conversion to Open Laparotomy Among Patients Undergoing Resection for Rectal Cancer: The ROLARR Randomized Clinical Trial[J]. *JAMA*, 2017, 318(16): 1569–1580.

[30] Ahmed J, Cao H, Panteleimonitis S, et al. Robotic vs laparoscopic rectal surgery in high-risk patients[J]. *Colorectal Dis*, 2017, 19(12): 1092–1099.

[31] Kim J Y, Kim N K, Lee K Y, et al. A comparative study of voiding and sexual function after total mesorectal excision with autonomic nerve preservation for rectal cancer: laparoscopic versus robotic surgery[J]. *Ann Surg Oncol*, 2012, 19(8): 2485–2493.

[32] WANG G, WANG Z, JIANG Z, et al. Male urinary and sexual function after robotic pelvic autonomic nerve-preserving surgery for rectal cancer[J]. *Int J Med Robot*, 2016.DOI: 10.1002/res.1725.

[33] Park S Y, Choi G S, Park J S, et al. Urinary and erectile function in men after total mesorectal excision by laparoscopic or robot-assisted methods for the treatment of rectal cancer: a case-matched comparison[J]. *World J Surg*, 2014, 38(7): 1834–1842.

[34] Lee L, Wong-Chong N, Kelly J J, et al. Minimally invasive surgery for stage III colon adenocarcinoma is associated with less delay to initiation of adjuvant systemic therapy and improved survival[J]. *Surg Endosc*, 2019, 33(2): 460–470.



欢迎投稿

欢迎订阅

欢迎指导