

机器人结直肠癌手术中国专家共识（2020 版）

中国医师协会结直肠肿瘤专业委员会机器人手术专业委员会

中国研究型医院学会机器人与腹腔镜外科专业委员会

摘 要 机器人微创手术是当代外科技术发展的重要趋势。我国《机器人结直肠癌手术专家共识（2015 版）》的发布对机器人结直肠癌手术的规范化开展与推广应用起到了重要作用。随着理念更新与技术进步，机器人结直肠癌手术又得到了进一步的发展。基于此，在 2015 版专家共识的基础上，修订并发布了《机器人结直肠癌手术中国专家共识（2020 版）》，对理论技术体系进行了补充、更新和完善，以期更好地指导临床实践。

关键词 结直肠癌；机器人手术；专家共识

中图分类号 R608 R656 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721（2021）03-0225-16

Chinese expert consensus on robotic surgery for colorectal cancer (2020 edition)

Professional Committee of Robotic Surgery, Colorectal Cancer Committee of Chinese Medical Doctor Association

Robotic and Laparoscopic Surgery Committee of Chinese Research Hospital Association

Abstract Robotic minimally invasive surgery is an important trend in the modern surgical techniques. The publish of *Chinese Expert Consensus on Robotic Surgery for Colorectal Cancer (2015 Edition)* has played an important role in the standardization, promotion and application of robotic colorectal cancer surgery. With the concept update and technological progress, robotic colorectal cancer surgery has been further developed. Based on this, on the basis of 2015 expert consensus, the *Chinese Expert Consensus on Robotic Surgery for Colorectal Cancer (2020 Edition)* is revised and published to supplement, update and improve the theoretical and technical system, so as to better guide clinical practice.

Key words Colorectal cancer; Robotic surgery; Expert consensus

机器人微创手术是当代外科技术发展的重要趋势。为推动我国机器人结直肠癌手术的发展，2015 年编撰了《机器人结直肠癌手术专家共识（2015 版）》。5 年来，机器人手术的设

备与技术均有了长足的进步，故而对《专家共识》进行修订，希望能对目前正在或将要开展机器人结直肠癌手术的同道起到一定的指导和参考作用。

通讯作者：许剑民，Email: xujmin@aliyun.com

Corresponding Author: XU Jianmin, Email: xujmin@aliyun.com

引用格式：中国医师协会结直肠肿瘤专业委员会机器人手术专业委员会，中国研究型医院学会机器人与腹腔镜外科专业委员会. 机器人结直肠癌手术中国专家共识（2020 版）[J]. 机器人外科学杂志（中英文），2021,2（3）：225-240.

Citation: Professional Committee of Robotic Surgery, Colorectal Cancer Committee of Chinese Medical Doctor Association, Robotic and Laparoscopic Surgery Committee of Chinese Research Hospital Association. Chinese expert consensus on robotic surgery for colorectal cancer (2020 edition)[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2021,2(3):225-240.

1 手术机器人的技术特点与应用现状

1.1 技术特点

手术机器人系统由影像处理平台、患者手术平台和医生操控台 3 部分组成。影像处理平台为主刀医师提供放大 10 倍的高清三维图像，赋予手术视野真实的纵深感，增加医师对手术的把控。患者手术平台置于手术台旁，具有 4 条机械臂，用于安装镜头或手术器械。机器人手术器械具有独特的可转腕结构，可进行 540° 旋转，突破了双手的动作限制，使操作更灵活，尤为适合狭小空间内的手术。主刀医师坐于控制台前，实时同步控制床旁机械臂的全部动作。机器人计算机系统自动滤除术者动作中的不自主颤动，使操作更稳定。

目前国内的手术机器人以达芬奇 (da Vinci) 外科系统为主，已更新至第四代 Xi 系统。相较第三代达芬奇 Si 系统及更早版本，第四代达芬奇 Xi 系统的机械臂体积小，重量轻，安装更为便捷；配备了可旋转吊臂 (Boom)，移动范围更大，基本覆盖整个腹部，一次定位连接即可进行多个区域的手术。达芬奇 Si 系统及更早版本的机械臂分为 1 条专门的镜头臂 (配合 12mm Trocar，用于安装镜头) 和 3 条通用的操作臂 (配合 8mm Trocar，用于安装手术器械)；达芬奇 Xi 系统对镜头也进行了轻量化设计，配合 8mm Trocar，可安装于任意一条机械臂，调整手术视野更方便。

为掌握机器人手术技术，提高手术质量，规范化培训十分必要。开展机器人结直肠癌手术前，应完成机器人手术操作基础培训课程并取得相应资格证书，还应针对机器人结直肠癌手术进行一定的专门培训。相较传统腹腔镜，机器人手术的学习难度稍低。研究显示，掌握机器人结直肠癌手术的主要技术，达到学习曲线的第一个平台期，需要约 25 例以上^[1-5]，较腹

腔镜手术有一定的优势^[6-7]。既往的腹腔镜结直肠癌手术经验有助于进一步缩短机器人手术的学习时间^[8]，但并非必须。

有研究认为，机器人较腹腔镜能够减少手术医师的疲劳，但尚待进一步验证^[9-14]。目前的机器人系统仍缺少力 / 触觉反馈功能，仅依靠术者视觉判断牵拉张力，容易导致组织损伤，有待改进。机器人手术的费用也较为昂贵，是影响其推广应用的重要因素之一；部分国产机器人已进入临床试验阶段，其上市有望缓解这一问题。

1.2 临床应用现状

在胃肠外科领域，机器人技术最早用于直肠和乙状结肠癌手术，已较为成熟^[15]。其优势主要在于更为精细的手术操作：高清三维视野配合高自由度可转向器械更易克服传统腹腔镜直杆器械在低位直肠侧方间隙游离中的“相对死角”，从而更为精准与流畅地进行直肠分离，保障系膜的完整切除，减少创伤，促进术后恢复，保护盆腔脏器功能。虽然一项国际多中心随机对照研究^[16]认为，对比腹腔镜，机器人直肠癌手术在中转开腹率、环周切缘 (circumferential resection margin, CRM) 阳性率、并发症发生率、住院时间、排尿功能、性功能等方面的优势并不显著。但是，大量回顾性研究的荟萃分析显示：机器人手术显著减少术中出血量，降低中转开腹率，加快术后胃肠道功能恢复，缩短住院时间^[17-21]，并能更好地保护排尿功能和性功能^[22-23]；在术后并发症方面，机器人手术的优势尚不明确，有待进一步验证^[17-20]；在肿瘤根治方面，机器人手术能够提高全直肠系膜切除术 (Total mesorectal excision, TME) 质量^[24]，并在降低 CRM 阳性率方面存在一定的优势^[25]，但仍有待进一步验证^[17, 19, 26]；在清扫淋巴结数量、远端切缘阳性率、局部复发率和长期生存率方面，机器人手术与腹腔镜手术相仿^[18, 20, 27]。目前该领域高质量随机对照研究较少，相关结果有待进一步验证。此外，对于肥胖患者，机器

人较腹腔镜手术同样显著促进术后康复，缩短住院时间，减少再入院风险^[28]。

机器人右半结肠癌手术起步稍晚，也已日趋成熟。基于回顾性研究的荟萃分析显示：在右半结肠癌根治术中，机器人较腹腔镜手术显著减少术中出血量，降低中转开腹率，加快术后胃肠道功能恢复，缩短住院时间，并在减少术后并发症方面有潜在优势^[29-32]。在肿瘤根治方面，小样本研究^[33-34]显示，机器人与腹腔镜手术的长期无疾病生存率和总生存率相仿。在消化道重建方面，相较腹腔镜右半结肠手术，机器人手术更为精准灵活，更容易实现全腔镜下消化道重建，应用也日渐广泛。目前尚缺乏机器人右半结肠癌手术的高质量临床研究，相关结果有待进一步验证。机器人左半结肠癌手术技术与高位乙状结肠癌相仿，少数研究显示其同样安全有效^[35-36]，有待高质量临床研究进一步验证。

经自然腔道取标本手术（Natural orifice specimen extraction surgery, NOSES）可以避免腹部辅助切口，减少疼痛和切口相关并发症，加快术后恢复，并兼顾美容效果。其长期生存与传统微创手术方式相仿^[37]。依据《结直肠肿瘤经自然腔道取标本手术专家共识（2019 版）》^[38-39]，根据肿瘤位置选择不同的 NOSES 术式，不影响根治效果^[40]。对于合适的患者，机器人手术与 NOSES 技术结合更有优势，不仅确保安全性与根治效果^[41-44]，较腹部辅助小切口能进一步减少疼痛，促进术后康复。目前尚缺乏高质量临床研究，相关结果有待进一步验证。

经肛全直肠系膜切除术（Transanal total mesorectal excision, taTME）对于中低位直肠癌，特别是骨盆狭窄、肥胖的患者，有一定的适应证，但需严格把控^[45-49]。机器人技术用于 taTME 手术尚在探索，即可以选择常规机器人系统结合单孔操作平台^[50-52]，也可以选择专门的柔性手术机器人，如达芬奇 Single Port（SP）系统^[53]、Medrobotics Flex 系统等^[54]。目前机器人 taTME

的临床研究较少，相关结果有待进一步验证。

荧光显像技术同样适用于机器人结直肠癌手术。研究显示，采用术中实时荧光显像技术评估肠管血供情况可以显著降低吻合口漏发生率^[55-56]。同时，术中荧光显像有助于显示肿瘤的淋巴引流区域，特别是传统手术范围以外的可疑淋巴结^[57-59]，便于手术清扫。有研究将其用于前哨淋巴结活检，荟萃分析显示总体灵敏度 63%（95% 可信区间 51%~74%），阴性预测值 81%（95% 可信区间 73%~86%），但不同研究结果差异较大，尚待进一步验证^[60]。此外，术中荧光显像也被用于输尿管识别^[61-63]，腹腔种植病灶识别^[64-65]，以及 taTME 的引导^[66]等。

对于我国机器人结直肠癌手术开展的现状，全国 28 家单位联合开展了一项多中心回顾性研究^[67]，总计纳入机器人结直肠癌手术 5 389 例，占同期全国机器人结直肠癌手术总量的 72.2%。结果显示，机器人技术已广泛用于直肠、左半结肠、右半结肠等各部位肿瘤手术，且手术量迅速增长。其中，传统低位前切除术（59.8%）、传统经腹会阴联合切除术（14.0%）、乙状结肠肿瘤根治术（9.8%）、右半结肠肿瘤根治术（9.2%）、左半结肠肿瘤根治术（4.0%）分列手术量前 5 位。NOSES 技术（3.9%）、括约肌间切除术（Intersphincteric resection, ISR, 1.2%）、经肛提肌外腹会阴联合切除术（Extralevator abdominoperineal excision, ELAPE, 0.2%）、多器官联合切除（6.0%）等技术也有所开展。对于原发灶手术，总体中转开腹率约 1.0%，中位术后住院时间约 8d，Clavien-Dindo68 II 级和以上并发症发生率约 8.3%，其中直肠癌术后吻合口漏发生率约 4.4%。

2 机器人结直肠癌手术适应证与禁忌证

手术适应证与传统腹腔镜手术类似。

手术禁忌证：①不能耐受全身麻醉，如严

重的心、肺、肝等主要脏器功能不全；②严重凝血功能障碍；③妊娠期患者；④腹盆腔内广泛转移、机器人手术系统下清扫困难；⑤结直肠癌梗阻伴有明显腹胀；⑥肿瘤穿孔合并急性腹膜炎；⑦腹腔广泛严重粘连等导致不能进行穿刺建立气腹；⑧身体衰竭，大量腹腔积液、内出血或休克；⑨ BMI>40kg/m² 的重度肥胖者（目前尚无加长的机器人手术系统穿刺器及手术器械）。

3 围术期准备

3.1 患者准备

包括术前肠道准备、麻醉诱导期预防性应用抗生素等。麻醉方式宜采用气管内插管全身麻醉，并留置导尿管。其他术前准备按常规手术进行。

加速康复外科（Enhanced recovery after surgery, ERAS）方案同样可以用于机器人手术的围手术期管理，且有助于进一步加快术后康复，缩短住院时间^[69-72]。相较腹腔镜，机器人联合 ERAS 的获益可能更为显著^[73]。

3.2 器械准备

①器械臂使用专门设计的配套器械；如有助手参与手术，可使用传统腹腔镜器械；②器械臂所持器械有多种选择：如热剪（单极电剪）、电钩、超声刀、无损伤抓钳、带双极电凝的无损伤抓钳、带双极电凝的马里兰抓钳、抓持牵开器等；③助手所持器械：主要有腹腔镜无损伤肠钳、剪刀、冲洗吸引器、5mm 结扎速（Ligasure V）、Hemo-lock 钳、施夹钳、内镜用直线切割吻合器；④开放吻合所用器械；⑤机械臂专用的一次性无菌套。

3.3 机器人系统准备

①机器人系统开机自检；②检查器械是否齐全，功能是否良好。应特别注意检查机械臂运动是否灵活，专用器械的可转腕有无活动受限，剪刀、抓钳等是否正常开合；③机械臂安

装专用的一次性无菌套；④达芬奇 Si 系统及更早版本系统的机器人专用镜头连接光源，白平衡，对焦以及三维校准确认后，应在热水（不宜超过 55℃）中加温，防止起雾。而达芬奇 Xi 系统的镜头为自动白平衡、自动对焦及三维校准，同时头端有加温功能，需提前打开光源；⑤注意调整手术台四周及上方设备，妥善固定各设备供电传输线路，避免影响机械臂运动；⑥若在手术过程中发生机械臂活动相互磕碰，可以及时地对机械臂位置进行适当的调整；⑦主刀医师可以通过调整控制台上的人体工程学调节按钮，调整主操控台的目镜高低和倾斜角度、手臂支撑架的高度。

4 机器人结直肠癌手术步骤

4.1 机器人直肠和乙状结肠癌根治术

机器人手术治疗直肠及乙状结肠肿瘤，主要包括：乙状结肠癌根治术、直肠癌的前切除术、低位 / 超低位前切除术和经腹会阴联合切除术。

4.1.1 患者体位

行乙状结肠癌根治术、直肠前切除术和低位直肠前切除术的患者，取剪刀位或改良截石位^[14]。对于低位直肠癌行经腹会阴联合直肠癌根治术的患者取截石位。患者固定后，调整为头低脚高、右倾卧位。可适当降低患者左腿高度，防止与机械臂碰撞。

4.1.2 腹腔探查

建立气腹，气腹压力 8~15mmHg（1mmHg=0.133kPa）。可使用腹腔镜或机器人镜头进行腹腔探查。探查中若发现有影响 Trocar 安放的组织粘连，必须先使用腹腔镜器械进行松解，并调整体位，充分显露手术部位，明确机器人手术操作可行后，再连接机器人手术系统。

4.1.3 Trocar 和机械臂布置

对于达芬奇 Si 系统及更早版本，手术常用 4~5 枚 Trocar：镜头孔 C，机械臂操作孔 R1、

R2、R3，辅助孔 A。若需游离结肠脾曲，则需将机械臂操作孔 R2 更改为机械臂操作孔 R4（如图 1）。

①镜头孔 C：12mm 口径，置于脐右上方 3~4cm 处；②机械臂操作孔 R1：8mm 口径，置于右侧麦氏点，即脐与右髂前上棘连线中外 1/3 处；③机械臂操作孔 R2：8mm 口径，置于左锁骨中线，平镜头孔处；④机械臂操作孔 R3：8mm 口径，置于左腋前线，平镜头孔处，多用于辅助低位直肠的分离；根据术者习惯适当调整；⑤机械臂操作孔 R4（用于游离结肠脾曲）：8mm 口径，置于剑突下方 3~4cm，中线和右锁骨中线中间处；⑥辅助孔 A：5mm 或 12mm 口径，置于过机械臂操作孔 R1 的垂线，平镜头孔处。

镜头孔的位置相对固定，其余 Trocar 位置依据肿瘤部位、患者体型及术者习惯进行调整，注意保持操作中心在肿瘤部位。相邻 Trocar 间距 8~10cm，避免机械臂交叉磕碰。尺寸均应以气腹后有张力的情况下为准。游离直肠和乙状结肠时使用操作孔 R1、R2 和（或）R3；游离结肠脾曲时使用操作孔 R1、R4 和（或）R3。

机械臂系统安置于患者左侧，中线与镜头孔 C 和左髂前上棘的连线重合（如图 1）。各机

械臂采取“环抱”姿态：镜头臂居中，双侧器械臂关节向外充分伸展，器械臂上数字应正对前方，以免交叉磕碰。机械臂与 Trocar 连接时注意高度调整，动作柔和，避免向上提拉 Trocar。机械臂固定后，不可再移动患者体位或手术床。

若需游离结肠脾曲，则需要先撤离机械臂，改变机械臂系统位置，更换操作孔，重新连接机械臂（如图 2）。机械臂系统的中线过镜头位置，与左肩呈 15° 角。使用操作孔 R1、R4 游离结肠脾曲。对乙状结肠较短术前评估需要行结肠脾曲游离的患者，也可先行结肠脾曲游离，再更换机械臂位置行直肠游离，以方便一次性完成游离和吻合。

对于达芬奇 Xi 系统，既可以采用与达芬奇 Si 系统及更早版本相同的布置方法，也可以采用其特有的布置方法（如图 3）：4 个操作孔基本沿一直线排列，自左肋弓下缘与左锁骨中线交点至右髂前上棘；操作中心置于肿瘤部位；多采用 R2 作为镜头孔，置于脐上方；其它操作孔间隔 6~8cm；R1 距离肋缘及 R4 距离右髂前上棘应在 2cm 以上；辅助孔 A 建议采用 12mm Trocar，多置于右锁骨中线外侧，与 R3、R4 等距。对于低位直肠癌等盆底操作为主的手术，操作

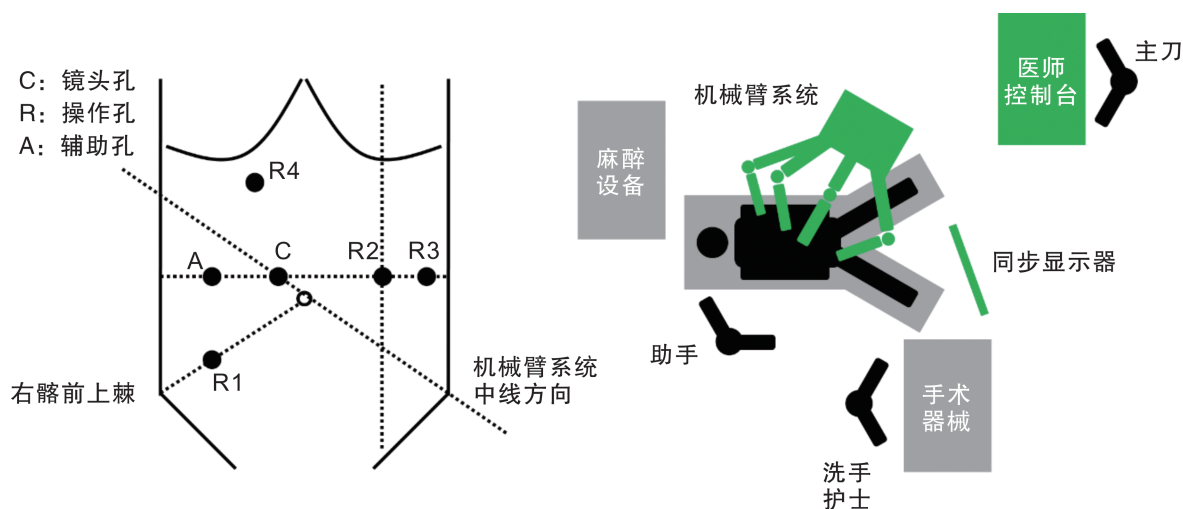


图 1 达芬奇 Si 系统及更早版本机器人直肠和乙状结肠癌根治术 Trocar 及机械臂布置

Figure 1 Trocar and robotic arm placement in Da Vinci Si and earlier system robotic radical resection of rectal and sigmoid colon cancer

孔连线可较为“水平”（如图 4A）；对于高位乙状结肠癌等需要游离脾曲的手术，操作孔连线可较为“垂直”（如图 4B），必要时也可将操作孔整体向右平移。游离脾曲时，无需调整患者手术平台位置，配合可旋转吊臂调整机械臂角度，将操作中心置于脾曲即可。

4.1.4 手术步骤

4.1.4.1 显露术区：建议采用中间入路手术。女性患者可使用机器人手术系统进行子宫悬吊，

男性患者也可悬吊膀胱表面腹膜改善手术视野。助手在辅助孔用无损伤肠钳将小肠、大网膜移动至右季肋区。向上外侧牵拉直肠和乙结肠与后腹膜交界的肠系膜，辨认腹主动脉分叉处。

4.1.4.2 分离血管：于骶岬水平为始，沿脏层腹膜与壁层腹膜间隙向上剥离肠系膜，拓展 Toldt's 间隙，裸化肠系膜下动、静脉，清扫淋巴结。于距离肠系膜下动脉根部 1cm 处夹闭并切断动、静脉，或在清扫肠系膜下动脉根部淋

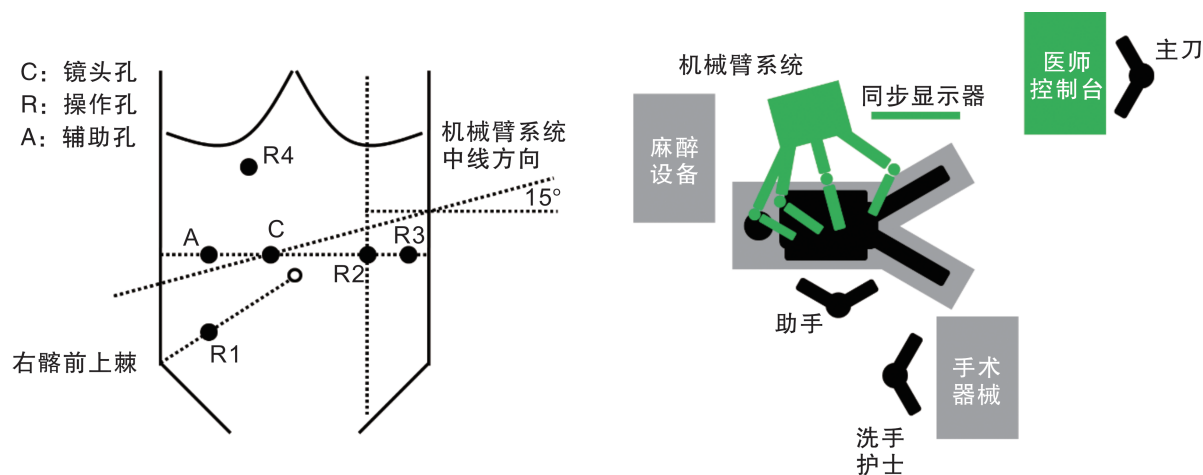


图 2 达芬奇 Si 系统及更早版本游离结肠脾曲时机械臂布置

Figure 2 Robot arm placement in Da Vinci Si and earlier system robotic separation of colonic splenic flexure

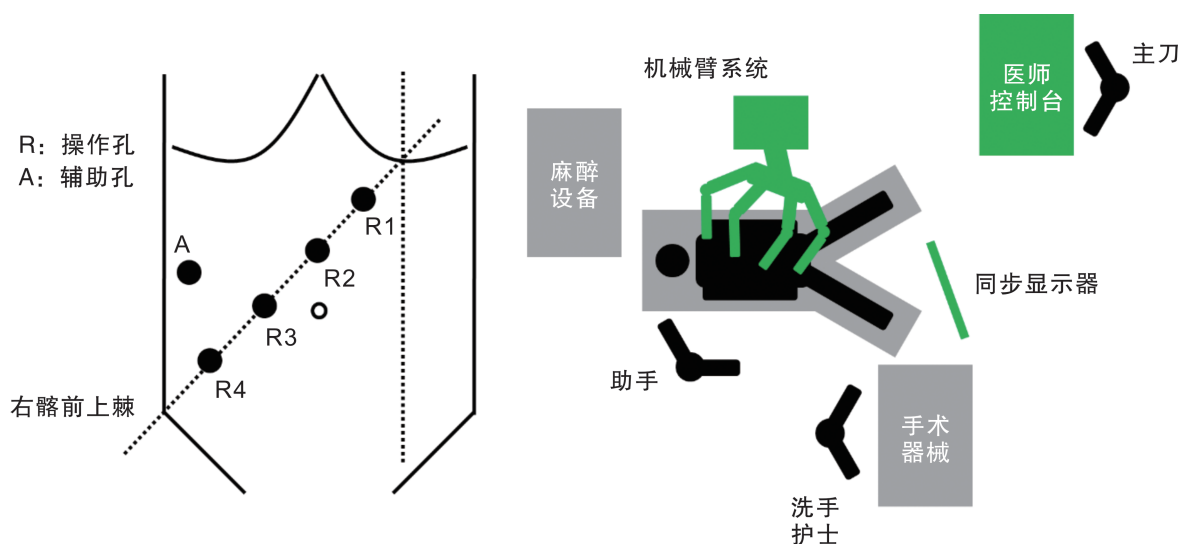


图 3 达芬奇 Xi 系统用于直肠和乙状结肠癌根治术 Trocar 及机械臂布置

Figure 3 Trocar and robotic arm placement in Da Vinci Xi system for robotic radical dissection of rectal and sigmoid colon cancer

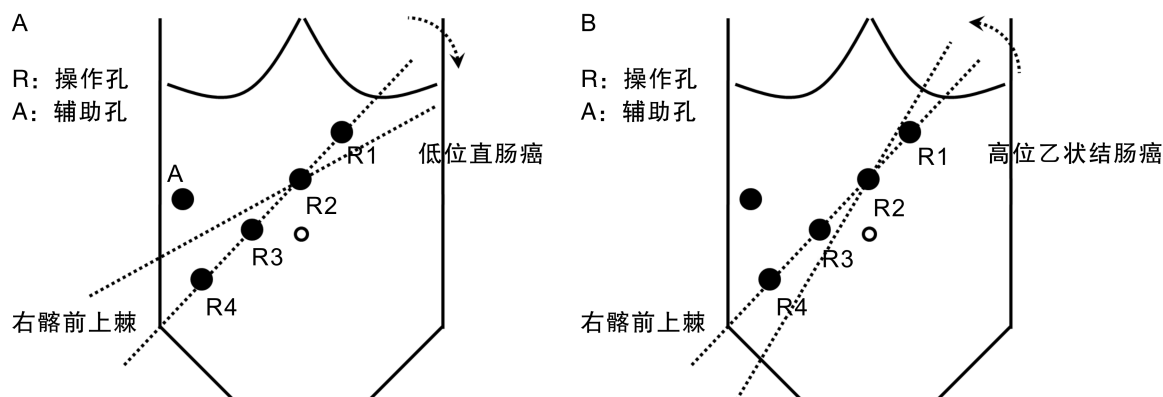


图4 达芬奇 Xi 系统肿瘤位置与操作孔连线的关系

Figure 4 Relationship between tumor location and operation port

注：A. 对于低位直肠癌等盆底操作为主的手术，操作孔连线可较为“水平”；B. 对于高位乙状结肠癌等需要游离脾曲的手术，操作孔连线可较为“垂直”。

巴结（No.253）后，于左结肠动脉分叉处远端夹闭切断，并于相应水平夹闭并切断肠系膜下静脉，从而保留左结肠动脉。

4.1.4.3 游离侧腹膜：将乙状结肠向右侧牵开，在此游离脏层腹膜与壁层腹膜间隙，注意避免损伤输尿管和生殖血管。

4.1.4.4 游离结肠脾曲：若需游离结肠脾曲，则需要先撤离机械臂，改变机械臂系统位置，更换操作孔，重新连接机械臂（如图3）。机械臂系统的中线过镜头位置，与左肩呈 15° 角。使用操作孔R1、R4游离结肠脾曲。对乙状结肠较短，术前评估需要行结肠脾曲游离的患者，也可先行结肠脾曲游离，再更换机械臂位置行直肠游离，以方便一次性完成游离和吻合。

4.1.4.5 游离降结肠和乙状结肠：沿Toldt's间隙游离降结肠和乙状结肠，注意保护神经、左生殖血管和输尿管，防止损伤。根据肿瘤部位可以同时裁剪肠系膜，确定近端切缘。

4.1.4.6 游离直肠：直肠的游离从骶前开始，依照TME原则进行分离，注意层次，从后壁中央开始，逐步向两侧进行分离，最后分离直肠前壁。部分肥胖患者骨盆狭小，也常在前后间隙均分离明确后再行侧方间隙分离。机械臂R3可辅助进行直肠的牵拉暴露。注意机械臂牵拉张力的

控制，避免软组织撕脱。根据肿瘤所在位置决定是否打开腹膜反折及游离直肠的长度，必要时可分离直至肛提肌水平，低位游离电剪或电钩可能更灵活。

4.1.4.7 游离直肠远切端：直肠远切端可使用超声刀进行肠壁的裸化，也可使用机器人的电钩或热剪进行裸化。切缘距离肿瘤下缘通常 $>2\text{cm}$ 。

4.1.4.8 侧方淋巴结清扫：对术前影像学检查发现侧方淋巴结转移的患者，可考虑行侧方淋巴结清扫，但应充分考虑患者健康状况、病情分期以及不良预后因素。建议参考《中国直肠癌侧方淋巴结转移诊疗专家共识（2019版）》^[74]。

4.1.4.9 吻合：根据肿瘤位置及患者体型选择小切口辅助或全腔镜（NOSES技术）吻合。小切口辅助吻合：裸化远端肠管后离断；下腹部小切口或扩大现有操作孔或右下腹拟肠造口处取出标本；近端肠管置入吻合器钉砧头；还纳近端肠管，缝闭或用巾钳夹闭切口，重新建立气腹，吻合器从肛门置入，机器人手术系统直视下进行吻合。若肿瘤直径较小，可采用NOSES技术吻合（详见4.4）。充气试验或美蓝注入试验检查吻合是否满意，可在机器人手术系统直视下缝合加固；直肠指检检查吻合口的完整性及有无吻合口活动性出血，必要时行吻合口肠镜检查。

4.1.4.10 会阴部手术和肠造口：行经腹会阴联合直肠癌根治术的患者，直肠游离至肛提肌水平后，医师手工进行会阴部手术，手术方法和传统开腹手术相同。若行 ELAPE，机器人可经腹完成肛提肌切除。肿瘤标本从会阴部切口取出。同时撤离机械臂，移开机械臂系统，医师手工行肠造口术。会阴部手术和肠造口术完毕，适当冲洗，放置引流，关闭会阴部切口。ISR 或超低位切除术中，手工结肠-肛管吻合过程与此类似。

4.1.4.11 关闭切口：必要时可重新建立气腹，连接机械臂，行机器人手术系统关闭盆底腹膜。适当冲洗，放置引流，关闭切口。

4.2 机器人左半结肠癌根治术

机器人左半结肠癌根治术用于治疗横结肠左半部、结肠脾曲和降结肠的肿瘤。

4.2.1 患者体位

患者取剪刀位或改良截石位^[14]。患者固定后，调整为头高脚低、右倾位。适当降低患者左腿高度，防止与机械臂碰撞。

4.2.2 腹腔探查

同 4.1.2。

4.2.3 Trocar 和机械臂布置

对于达芬奇 Si 系统及更早版本，手术常用

5 枚 Trocar：镜头孔 C，机械臂操作孔 R1、R2、R3，辅助孔 A（如图 5）。①镜头孔 C：12mm 口径，置于脐右上方 3~4cm 处；②机械臂操作孔 R1：8mm 口径，置于右侧麦氏点，即脐与右髂前上棘连线中外 1/3 处；③机械臂操作孔 R2：8mm 口径，置于剑突下方 3~4cm，中线稍偏右侧，必须位于横结肠上方；④机械臂操作孔 R3：8mm 口径，置于耻骨联合上方 3~4cm 中线处；⑤辅助孔 A：5mm 或 12mm 口径，置于右锁骨中线外侧，镜头孔和机械臂操作孔 R2 中间的水平位置。

镜头孔的位置相对固定，其余 Trocar 位置依据肿瘤部位、患者体型及术者习惯进行调整，注意保持操作中心在肿瘤部位。相邻 Trocar 间距 8~10cm，避免机械臂交叉磕碰。尺寸均应以气腹后有张力的情况下为准。

机械臂系统安置于左侧肩部，中线过镜头孔 C 位置，与左肩呈 15° 角（如图 5）。其他要点同 4.1.3。

对于达芬奇 Xi 系统，既可以采用与达芬奇 Si 系统及更早版本相同的布置方法，也可以采用其特有的布置方法：左半结肠癌根治术的 Trocar 及机械臂布置与高位乙状结肠癌相仿（如图 3、图 4B），但应适当调整，以适应游离脾曲操作。

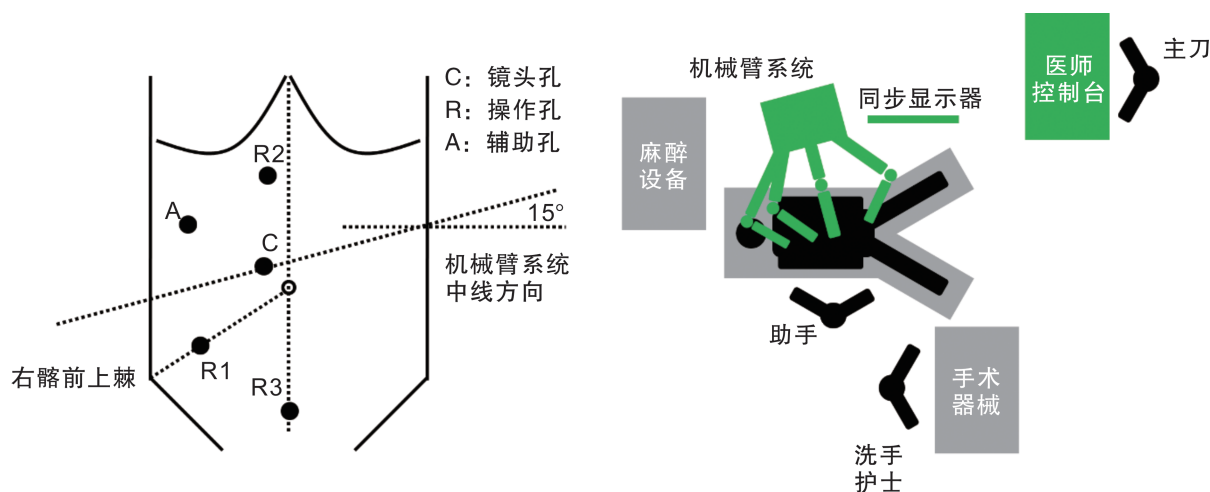


图 5 达芬奇 Si 系统及更早版本机器人左半结肠癌根治术 Trocar 及机械臂布置

Figure 5 Trocar and robotic arm placement in Da Vinci Si and earlier system for robotic radical resection of left-sided colon cancer

4.2.4 手术步骤

4.2.4.1 显露术区：建议采用中间入路手术。助手在辅助孔用无损伤肠钳将小肠、大网膜移动至右侧腹。分别向上外侧及下外侧牵拉降结肠和直肠与乙结肠交界处的肠系膜，辨认腹主动脉分叉处。

4.2.4.2 分离血管：于骶岬水平为始，沿腹主动脉向上剥离肠系膜，于肠系膜下血管左侧显露并裸化其发出的乙状结肠第 1~2 支和左结肠血管，清扫淋巴结。先后于根部用血管夹夹闭并切断动、静脉。

4.2.4.3 游离降结肠：自肠系膜下静脉左侧起，沿 Toldt's 间隙，在左侧精索或卵巢血管和左输尿管表面，自下向上（也可自上向下），自内向外进行分离。

4.2.4.4 游离结肠脾曲：沿 Toldt's 间隙向头端及内侧分离，在无血管区打开横结肠系膜，结扎结肠中动脉左支，离断左侧胃结肠韧带、脾结肠韧带，完全游离结肠脾曲。

4.2.4.5 游离乙状结肠和上段直肠：沿侧腹膜及肾前筋膜前上方完全游离降结肠、乙状结肠，必要时可游离直肠上段。确定切除肠段的距离，并裁剪肠系膜。

4.2.4.6 吻合：做腹部小切口拖出肠段，直视下裸化肠管，切断，移除标本；也可采用 NOSES 技术（详见 4.4）。可用切割闭合器行横结肠乙状结肠侧侧吻合，也可用管状吻合器行横结肠与乙状结肠的端侧吻合。

4.2.4.7 关闭切口：适当冲洗，放置引流，关闭切口。

4.3 机器人右半结肠癌根治术

机器人右半结肠癌根治术用于治疗盲肠、升结肠、结肠肝曲及横结肠右半部的肿瘤。

4.3.1 患者体位

患者放置仰卧位，体位尽量靠近手术床头侧，髂前上棘最好位于手术床中轴以上。患者固定后，调整为头低脚高 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ ，左倾 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 位，根据术者习惯适当调整。

4.3.2 Trocar 和机械臂布置

对于达芬奇 Si 系统及更早版本，手术常用 5 枚 Trocar：镜头孔 C，机械臂操作孔 R1、R2、R3，辅助孔 A（如图 6）。①镜头孔 C：12mm 口径，置于脐左下方 3~4cm 处；②机械臂操作孔 R1：8mm 口径，置于左锁骨中线肋缘下 7~8cm 处；③机械臂操作孔 R2：8mm 口径，置于中线耻骨联合上方 6~8cm 处；④机械臂操作孔 R3：8mm 口径，置于右侧麦氏点，即脐与右髂前上棘连线中外 1/3 处；⑤辅助孔 A：5mm 或 12mm 口径，置于机械臂操作孔 R1 下方 6~8cm，左锁骨中线外侧，距镜头孔 $>8\text{cm}$ 。

镜头孔的位置相对固定，其余 Trocar 位置依据肿瘤部位、患者体型及术者习惯进行调整，注意保持操作中心在肿瘤部位。相邻 Trocar 间距 8~10cm，避免机械臂交叉磕碰。尺寸均应以气腹后有张力的情况下为准。

机械臂系统安置于右侧肩部，中线过镜头孔 C 位置，与右肩呈 45° 角（如图 6）。手术床在患者臀部要适当留有间隙，防止机械臂游离结肠肝曲时与患者右腿相互碰撞。其它要点同 4.1.3。

对于达芬奇 Xi 系统，既可以采用与达芬奇 Si 系统及更早版本相同的布置方法，也可以采用其特有的布置方法。一种如图 7A 所示：4 个操作孔基本沿一直线排列，自耻骨联合上方 4~5cm 至左肋弓下缘与左锁骨中线交点；多采用 R2 作为镜头孔，其它操作孔间隔 6~8cm；R4 距离肋缘应在 2cm 以上；辅助孔 A 建议采用 12mm Trocar，多置于左锁骨中线外侧，与 R2、R3 等距。另一种如图 7B 所示：4 个操作孔于耻骨联合上方 3cm 处水平排列，或略呈一弧线；多采用 R2 作为镜头孔，其它操作孔间隔 6~8cm；R1、R4 距离两侧髂脊应在 2cm 以上；辅助孔 A 建议采用 12mm Trocar，多置于 R4 外侧。两种方式的优劣尚无定论。

4.3.3 腹腔探查

同 4.1.3。

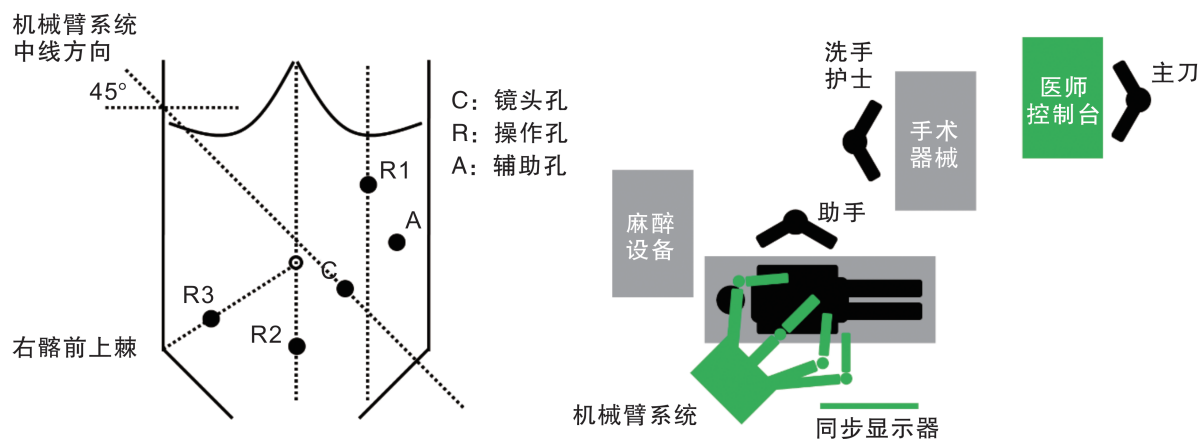


图6 达芬奇 Si 系统及更早版本机器人右半结肠癌根治术 Trocar 及机械臂布置

Figure 6 Trocar and robotic arm placement in Da Vinci Si and earlier system for robotic radical resection of right colon-sided cancer

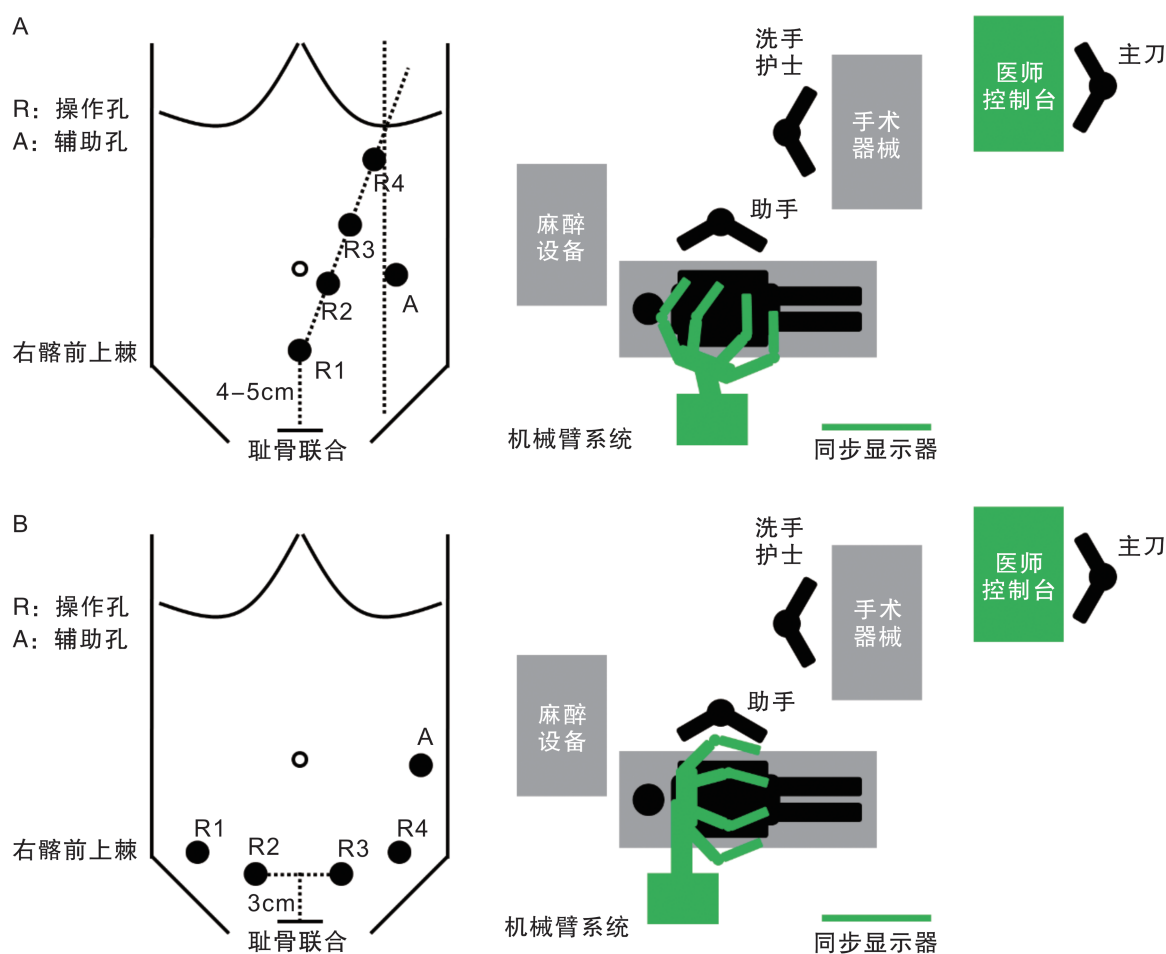


图7 达芬奇 Xi 系统用于右半结肠癌根治术 Trocar 及机械臂布置

Figure 7 Trocar and robotic arm placement in Da Vinci Xi system for robotic radical resection of right-sided colon cancer

注: A. Trocar 布置方法之一, 操作孔基本沿一直线排列, 由耻骨联合上方至左肋弓下缘与左锁骨中线交点处; B. 布置方法之二, 操作孔置于耻骨联合上方, 略呈一弧线。

4.3.4 手术步骤

4.3.4.1 显露术区：建议采用中间入路手术。助手用无损伤肠钳将小肠移至左侧腹，找到并提起右结肠系膜，显露此处的回结肠动脉与肠系膜上静脉交叉处。

4.3.4.2 分离血管：沿肠系膜上血管向上，分离裸化动脉各分支及静脉各属支，清扫淋巴结。分别用血管夹夹闭并切断回结肠动静脉、右结肠动脉、结肠中动静脉或结肠中动静脉右支。仔细解剖显露胃肠干（Helen 干），离断右结肠静脉、副右结肠静脉。结肠肝曲癌和横结肠近肝曲癌行扩大右半结肠切除术时，应离断胃网膜右动静脉。

4.3.4.3 游离升结肠：自肠系膜上静脉右侧起，沿 Toldt's 间隙，在右侧精索或卵巢血管和右输尿管以及胰腺和十二指肠表面，自下向上，自内向外进行分离。

4.3.4.4 游离结肠肝曲：打开胃结肠韧带，向右分离，游离结肠肝曲。结肠肝曲癌和横结肠近肝曲癌行扩大右半结肠切除术时，应于胃网膜血管弓内离断大网膜并清扫幽门下（No.6）淋巴结。游离切除距肿瘤 >10cm 的大网膜。

4.3.4.5 游离侧腹膜：从回盲部向上分离外侧腹膜，与结肠肝曲游离部位相汇合。

4.3.4.6 吻合：根据肿瘤所在部位决定切除肠段，分别游离结肠系膜及回肠系膜直到切端。吻合方法多种，可作辅助切口拖出体外吻合，也可行腹腔内吻合。腹腔内吻合将末端回肠与结肠靠拢，置入直线切割吻合器，侧侧吻合回肠与横结肠，后再用切割吻合器断离手术标本。也可用管状吻合器行回肠结肠端侧吻合。

4.3.4.7 关闭切口：适当冲洗，放置引流，关闭切口。

4.4 机器人 NOSES 手术

机器人 NOSES 手术同样遵循结直肠肿瘤根治原则。与传统经腹部切口取标本相比，手术操作的主要差别在于标本取出的方式。根据患者性别及肿瘤部位不同，NOSES 手术又可分为

I~X 共 10 种方式^[38-39]。NOSES 手术适应证参见《结直肠肿瘤经自然腔道取标本手术专家共识（2019 版）》^[38-39]，但应注意结合术中具体情况，必须严格遵循无菌和无瘤原则。对于合适的中低位直肠癌患者，机器人 NOSES 手术更具优势：行 TME 手术时利用机器人的技术优势，彻底游离直肠系膜直至盆底，便于后续操作；完成吻合后，可缝合加固吻合口，并关闭盆底腹膜，有助于降低吻合口漏导致严重腹腔感染的风险^[75]。

5 机器人多脏器联合切除术

结直肠癌的局部侵犯与远处转移均很常见，多脏器联合切除术也是结直肠癌根治的重要手段。机器人手术同样适用于多脏器的联合切除术^[76]。但是手术需要多学科团队讨论后，联合有经验的相关科室手术人员共同实施。对于局部晚期、侵犯周围脏器的结直肠癌（多为直肠癌侵犯膀胱、卵巢和子宫），机器人手术系统可以一并切除；对于出现肝转移、肺转移等远处转移的结直肠癌，同样可以行机器人同期手术^[77-79]：若使用达芬奇 Si 系统及更早版本，则在切除一处病灶后，往往需要移动患者手术平台，并重新进行操作孔的穿刺；若使用达芬奇 Xi 系统，可减少患者手术平台的移动，通过调整机械臂方向，尽量共用部分操作孔完成多处病灶手术。

6 并发症防治

机器人结直肠手术的很多并发症与传统腹腔镜相似，也有机器人手术特有的并发症。

6.1 术中并发症

6.1.1 穿刺损伤

包括血管损伤和肠管损伤。预防措施：穿刺时注意把握，建议使用开放法置入第一个穿刺器。治疗方法：若损伤严重，腹腔镜下难以处理，应及时中转开腹修补损伤。

6.1.2 气腹相关并发症

包括心肺功能异常、高碳酸血症等。预防措施：术中严密监测，尽量避免出现广泛的皮下气肿，术中保持良好的肌肉放松状态，尽量缩短手术时间。治疗方法：降低气腹压力，尽快结束手术，排除腹腔内 CO₂。

6.1.3 术中血管损伤出血

包括肠系膜上下血管及其分支损伤、骶前静脉损伤、盆壁血管损伤等。预防措施：熟悉脏器的正常解剖结构和变异情况，正确显露手术平面和裸化步骤，熟练使用电设备。治疗方法：团队密切配合，正确使用止血工具。

6.1.4 相邻脏器损伤

包括输尿管、膀胱、前列腺、尿道、阴道、十二指肠、肝脏、脾脏、胆囊等损伤。预防措施：熟悉脏器的正常解剖结构，沿正确的平面进行分离，避免误损伤。治疗方法：及时发现，及时处理。

6.1.5 肠道吻合和肠造口相关并发症

包括肠壁裸化损伤、肠壁破裂、吻合口裂开出血、肠造口出血等。预防措施：注意操作技巧，合适的分离切除范围，选用合适的切割闭合和吻合器械。治疗方法：缝合修补损伤，重新裸化，使用合适的切割闭合器和吻合器并注意操作要点，吻合口缝合加固，预防性肠造口或置管减压引流等。

6.1.6 机械臂失控和不灵活

可能的原因是器械安装更换时没有完全契合。解决方案：重新安装或者更换器械。

6.1.7 组织嵌入手术器械关节

原因：手术器械的多角度活动可能会在关节处夹到组织。解决方案：①操作时应避开周围组织；②根据嵌入组织的类型可以切除，如果是肠管部分必须修补。

6.1.8 “热剪”保护套破裂

保护套的破裂会引起破裂部位的意外灼伤。解决方案：定期更换保护套，手术时发现有意意外灼伤应该检查保护套，如有损坏应及时更换。

6.1.9 手术器械无法到达目标区域

术中发现手术器械无法前进至所需要手术的区域。解决方案：检查各个机械臂之间是否有接触，影响机械臂活动。各 Trocar 套管体外留置是否过长，影响机械臂深入。

6.1.10 中转开腹的紧急处理

对于因大出血等严重并发症需要紧急中转开腹的情况，不必完全撤除机器人系统，仅需将机械臂撤出开腹手术区域，避免干扰即可。

6.2 术后并发症

6.2.1 吻合口漏

此多发生在低位和超低位直肠前切除术后。预防措施：借助机器人的技术优势，可以较为容易地实现缝合加固吻合口、关闭盆底腹膜，联合放置肛管引流，能够有效减少吻合口漏的发生^[75]；对于高危患者，可行预防性肠造口术。治疗方法：如腹膜炎较局限，保持引流通畅，使用全身性抗菌药物，一旦出现急性弥漫性腹膜炎，建议手术探查，行腹腔灌洗引流联合肠造口术。

6.2.2 肠梗阻

肠梗阻可发生在术后任何时间，肠道的任何部位。术后早期的肠梗阻较开腹手术减少。预防措施：如能关闭系膜裂孔或盆底腹膜则建议关闭，必须避免关闭不全。术后早期下床活动。治疗方法：确诊肠梗阻后行保守治疗无缓解时应及时手术探查。

6.2.3 排尿与性功能障碍

该并发症的预防重在术中有意识显露和保护盆神经。研究显示，机器人手术在减少排尿功能与性功能障碍方面具有优势^[22-23]。该优势来自于机器人手术更好的术中视野与更为精细的分离操作。手术医师的经验同样也起重要作用。

6.2.4 腹壁疝

包括穿刺孔疝、切口疝、造口疝等，多发生于直径 >10mm 的穿刺孔、切口、造口处，好发于年老的腹壁薄弱患者。预防措施：缝合关

闭直径 >10mm 的切口，尽量去除引起患者腹内压增高的因素。治疗方法：可行手术修补。

6.2.5 乳糜漏

根治性右半结肠切除术乳糜漏的发生率高于左半结肠和直肠癌根治术。预防措施：使用合适的电设备清扫肠系膜血管根部。治疗方法：禁食、肠外营养支持，无脂饮食，延迟拔除腹腔引流管。

6.3 特殊并发症

机器人结直肠手术有一些与机器系统使用相关的风险，特别是机器人远程手术有着特殊的危险。准确地控制机器人取决于手术医师的控制台与手术室内机器人之间连接的数据质量。机械和电子设备都易损，手术用机器人系统也不例外。

7 术后处理

术后观察生命体征变化、引流液量及性状、尿量、尿液颜色、切口恢复情况等。注意有无高碳酸血症、腹腔内出血、吻合口出血、吻合口漏、感染等。

给予适当营养支持；积极翻身拍背，化痰治疗，咳痰；预防性应用抗生素；早期下床活动，预防深静脉血栓；早期锻炼排尿功能。患者通常可早期恢复排气，视具体情况逐步恢复饮食。对于合适的患者，可应用 ERAS 方案加快术后康复。有肠造口患者出院前学习相关护理知识。

8 机械故障与处理

机械故障的处理是机器人手术安全的重要组成部分。术中机器人故障通常分为：可恢复故障和不可恢复故障。可恢复故障出现时，机械臂上的指示灯变成黄色，同时系统发出报警音，手术室人员可根据屏幕提示解除故障，并继续手术。不可恢复故障出现时，机械臂上的指示灯变成红色，同时系统发出报警音，手术室人员需记下屏幕上的报错代码（以便维修人

员能快速及时查寻故障原因），然后重启系统。部分不可恢复故障可以通过此方法解决，从而继续手术，但严重故障经多次重启系统仍不能解决时，需撤离机器人手术系统，转腹腔镜手术或开腹手术，并通知维修工程师到场检修。

主操控台上有一个紧急制动按钮，非紧急情况不得随意按动！

《机器人结直肠癌手术中国专家共识(2020 版)》

编审委员会成员名单

组长：秦新裕 王锡山 余佩武 许剑民

成员（按姓氏音序排列）：

陈创奇	陈刚	陈宗祐	程龙伟	程勇
池畔	池诏丞	崔滨滨	党诚学	丁克峰
杜晓辉	房学东	冯波	冯青阳	高峰
高金波	龚海峰	韩方海	何国栋	何显力
何裕隆	胡侃	胡志前	黄学锋	贾宝庆
江志伟	姜军	孔大陆	李凡	李乐平
李太原	李小荣	李永翔	林建江	楼征
卢麒丞	罗华星	罗琪	潘志忠	裘正军
余军军	苏国强	孙学军	孙跃明	唐波
童卫东	屠世良	汪欣	王道荣	王贵玉
王康	王振宁	王自强	韦烨	魏正强
吴国生	夏鹏	肖毅	熊斌	熊德海
徐明	徐庆	杨熊飞	姚宏亮	叶颖江
袁维堂	张朝军	张成	张汝一	张森
张卫	张小桥	赵任	钟鸣	周岩冰

执笔：冯青阳 何国栋 许剑民

秘书：何国栋 冯青阳

参考文献

- [1] Foo C C, Law W L. The Learning Curve of Robotic-Assisted Low Rectal Resection of a Novice Rectal Surgeon [J]. World J Surg, 2016, 40(2): 456-462.
- [2] Jiménez-Rodríguez R M, Rubio-Dorado-Manzanares M, Díaz-Pavón J M, et al. Learning curve in robotic rectal cancer surgery: current state of affairs[J]. Int J Colorectal Dis, 2016, 31(12): 1807-1815.
- [3] Yamaguchi T, Kinugasa Y, Shiomi A, et al. Learning

- curve for robotic-assisted surgery for rectal cancer: use of the cumulative sum method[J]. *Surg Endosc*, 2015, 29(7): 1679–85.
- [4] Park E J, Kim C W, Cho M S, et al. Multidimensional analyses of the learning curve of robotic low anterior resection for rectal cancer: 3-phase learning process comparison[J]. *Surg Endosc*, 2014, 28(10): 2821–2831.
 - [5] Sng K K, Hara M, Shin J W, et al. The multiphasic learning curve for robot-assisted rectal surgery[J]. *Surg Endosc*, 2013, 27(9): 3297–3307.
 - [6] HUANG Y M, HUANG Y J, WEI P L. Outcomes of robotic versus laparoscopic surgery for mid and low rectal cancer after neoadjuvant chemoradiation therapy and the effect of learning curve[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(40): e8171.
 - [7] Melich G, Hong Y K, Kim J, et al. Simultaneous development of laparoscopy and robotics provides acceptable perioperative outcomes and shows robotics to have a faster learning curve and to be overall faster in rectal cancer surgery: analysis of novice MIS surgeon learning curves[J]. *Surg Endosc*, 2015, 29(3): 558–568.
 - [8] Odermatt M, Ahmed J, Panteleimonitis S, et al. Prior experience in laparoscopic rectal surgery can minimise the learning curve for robotic rectal resections: a cumulative sum analysis[J]. *Surg Endosc*, 2017, 31(10): 4067–4076.
 - [9] Rodrigues Armijo P, Huang C K, Carlson T, et al. Ergonomics analysis for subjective and objective fatigue between laparoscopic and robotic surgical skills practice among surgeons[J]. *Surg Innov*, 2020, 27(1): 81–87.
 - [10] Armijo P R, Huang C K, High R, et al. Ergonomics of minimally invasive surgery: an analysis of muscle effort and fatigue in the operating room between laparoscopic and robotic surgery[J]. *Surg Endosc*, 2019, 33(7): 2323–2331.
 - [11] González-Sánchez M, González-Poveda I, Mera-Velasco S, et al. Comparison of fatigue accumulated during and after prolonged robotic and laparoscopic surgical methods: a cross-sectional study[J]. *Surg Endosc*, 2017, 31(3): 1119–1135.
 - [12] Butler K A, Kapetanakis V E, Smith B E, et al. Surgeon fatigue and postural stability: is robotic better than laparoscopic surgery[J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2013, 23(4): 343–346.
 - [13] Hubert N, Gilles M, Desbrosses K, et al. Ergonomic assessment of the surgeon's physical workload during standard and robotic assisted laparoscopic procedures[J]. *Int J Med Robot*, 2013, 9(2): 142–147.
 - [14] Collins S A, O'Sullivan D M, Tulikangas P K. Surgeon activity in robotic versus abdominal gynecologic surgery[J]. *J Robot Surg*, 2012, 6(4): 333–336.
 - [15] CHANG W, WEI Y, REN L, et al. Short-term and long-term outcomes of robotic rectal surgery-from the real word data of 1145 consecutive cases in China[J]. *Surg Endosc*, 2020, 34(9): 4079–4088.
 - [16] 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.
 - [17] LI L, ZHANG W, GUO Y, et al. Robotic versus laparoscopic rectal surgery for rectal cancer: a Meta-analysis of 7 randomized controlled trials[J]. *Surg Innov*, 2019, 26(4): 497–504.
 - [18] Ohtani H, Maeda K, Nomura S, et al. Meta-analysis of robot-assisted versus laparoscopic surgery for rectal cancer[J]. *In Vivo*, 2018, 32(3): 611–623.
 - [19] Prete F P, Pezzolla A, Prete F, et al. Robotic versus laparoscopic minimally invasive surgery for rectal cancer: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Ann Surg*, 2018, 267(6): 1034–1046.
 - [20] LIAO G, LI YB, ZHAO Z, et al. Robotic-assisted surgery versus open surgery in the treatment of rectal cancer: the current evidence[J]. *Sci Rep*, 2016. DOI: 10.1038/srep26981.
 - [21] Kim C W, Kim C H, Baik S H. Outcomes of robotic-assisted colorectal surgery compared with laparoscopic and open surgery: a systematic review[J]. *J Gastrointest Surg*, 2014, 18(4): 816–830.
 - [22] TANG X, WANG Z, WU X, et al. Robotic versus laparoscopic surgery for rectal cancer in male urogenital function preservation, a meta-analysis[J]. *World J Surg Oncol*, 2018, 16(1): 196.
 - [23] Broholm M, Pommergaard H C, Gögenür I. Possible benefits of robot-assisted rectal cancer surgery regarding urological and sexual dysfunction: a systematic review and meta-analysis[J]. *Colorectal Dis*, 2015, 17(5): 375–381.
 - [24] Milone M, Manigrasso M, Velotti N, et al. Completeness of total mesorectum excision of laparoscopic versus robotic surgery: a review with a meta-analysis[J]. *Int J Colorectal Dis*, 2019, 34(6): 983–991.
 - [25] XIONG B, MA L, HUANG W, et al. Robotic versus laparoscopic total mesorectal excision for rectal cancer: a meta-analysis of eight studies[J]. *J Gastrointest Surg*, 2015, 19(3): 516–526.
 - [26] LIAO G, ZHAO Z, DENG H, et al. Comparison of pathological outcomes between robotic rectal cancer surgery and laparoscopic rectal cancer surgery: a meta-analysis based on seven randomized controlled trials[J]. *Int J Med Robot*, 2019, 15(5): e2027.
 - [27] Simillis C, Lal N, Thoukididou S N, et al. Open versus laparoscopic versus robotic versus transanal mesorectal excision for rectal cancer: a systematic review and network Meta-analysis[J]. *Ann Surg*, 2019, 270(1): 59–68.
 - [28] Wee I J Y, Kuo L J, Ngu J C. The impact of robotic colorectal surgery in obese patients: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression[J]. *Surg Endosc*, 2019, 33(11): 3558–3566.

- [29] MA S, CHEN Y, CHEN Y, et al. Short-term outcomes of robotic-assisted right colectomy compared with laparoscopic surgery: A systematic review and meta-analysis[J]. *Asian J Surg*, 2019, 42(5): 589–598.
- [30] Rausa E, Kelly M E, Asti E, et al. Right hemicolectomy: a network meta-analysis comparing open, laparoscopic-assisted, total laparoscopic, and robotic approach[J]. *Surg Endosc*, 2019, 33(4): 1020–1032.
- [31] 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.
- [32] 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.
- [33] Park J S, Kang H, Park S Y, et al. Long-term oncologic after robotic versus laparoscopic right colectomy: a prospective randomized study[J]. *Surg Endosc*, 2019, 33(9): 2975–2981.
- [34] Spinoglio G, Bianchi P P, Marano A, et al. Robotic versus laparoscopic right colectomy with complete mesocolic excision for the treatment of colon cancer: perioperative outcomes and 5-year survival in a consecutive series of 202 patients[J]. *Ann Surg Oncol*, 2018, 25(12): 3580–3586.
- [35] Kim J C, Lee J L, Yoon Y S, et al. Robotic left colectomy with complete mesocolic excision for splenic flexure and descending colon cancer, compared with a laparoscopic procedure[J]. *Int J Med Robot*, 2018, 14(5): e1918.
- [36] Bae S U, Jeong W K, Baek S K. Robot-assisted colectomy for left-sided colon cancer: comparison of reduced-port and conventional multi-port robotic surgery[J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2017, 27(4): 398–403.
- [37] ZHOU S, WANG X, ZHAO C, et al. Comparison of short-term and survival outcomes for transanal natural orifice specimen extraction with conventional mini-laparotomy after laparoscopic anterior resection for colorectal cancer[J]. *Cancer Manag Res*, 2019. DOI: 10.2147/cmar.S209194.
- [38] Guan X, Liu Z, Longo A, et al. International consensus on natural orifice specimen extraction surgery (NOSES) for colorectal cancer[J]. *Gastroenterol Rep (Oxf)*, 2019, 7(1): 24–31.
- [39] 王锡山. 结直肠肿瘤经自然腔道取标本手术专家共识(2019版)[J]. *中华结直肠疾病电子杂志*, 2019, 8(4): 336–342.
- [40] Guan X, Lu Z, Wang S, et al. Comparative short- and long-term outcomes of three techniques of natural orifice specimen extraction surgery for rectal cancer[J]. *Eur J Surg Oncol*, 2020. DOI: 10.1016/j.ejso.2020.06.023.
- [41] Gao G, Chen L, Luo R, et al. Short-and long-term outcomes for transvaginal specimen extraction versus minilaparotomy after robotic anterior resection for colorectal cancer: a mono-institution retrospective study[J]. *World J Surg Oncol*, 2020, 18(1): 190.
- [42] Efetov S K, Tulina I A, Kim V D, et al. Natural orifice specimen extraction (NOSE) surgery with rectal eversion and total extra-abdominal resection[J]. *Tech Coloproctol*, 2019, 23(9): 899–902.
- [43] 牛正川, 韦烨, 朱德祥, 等. 机器人腹部无切口直肠癌前切除术[J]. *中华结直肠疾病电子杂志*, 2018, 7(4): 332–336.
- [44] Choi G S, Park I J, Kang B M, et al. A novel approach of robotic-assisted anterior resection with transanal or transvaginal retrieval of the specimen for colorectal cancer[J]. *Surg Endosc*, 2009, 23(12): 2831–2835.
- [45] Gachabayov M, Tulina I, Bergamaschi R, et al. Does transanal total mesorectal excision of rectal cancer improve histopathology metrics and/or complication rates? a meta-analysis[J]. *Surg Oncol*, 2019. DOI: 10.1016/j.suronc.2019.05.012.
- [46] Adamina M, Buchs N C, Penna M, et al. St.Gallen consensus on safe implementation of transanal total mesorectal excision[J]. *Surg Endosc*, 2018, 32(3): 1091–1103.
- [47] Francis N, Penna M, Mackenzie H, et al. Consensus on structured training curriculum for transanal total mesorectal excision (TaTME)[J]. *Surg Endosc*, 2017, 31(7): 2711–2719.
- [48] Ma B, Gao P, Song Y, et al. Transanal total mesorectal excision (taTME) for rectal cancer: a systematic review and meta-analysis of oncological and perioperative outcomes compared with laparoscopic total mesorectal excision[J]. *BMC Cancer*, 2016. DOI: 10.1186/s12885-016-2428-5.
- [49] Deijen C L, Velthuis S, Tsai A, et al. COLOR III: a multicentre randomised clinical trial comparing transanal TME versus laparoscopic TME for mid and low rectal cancer[J]. *Surg Endosc*, 2016, 30(8): 3210–3215.
- [50] Ye J, Shen H, Li F, et al. Robotic-assisted transanal total mesorectal excision for rectal cancer: technique and results from a single institution[J]. *Tech Coloproctol*, 2020. DOI: 10.1007/s10151-020-02337-z.
- [51] Kuo L J, Ngu J C, Tong Y S, et al. Combined robotic transanal total mesorectal excision (R-taTME) and single-site plus one-port (R-SSPO) technique for ultra-low rectal surgery-initial experience with a new operation approach[J]. *Int J Colorectal Dis*, 2017, 32(2): 249–254.
- [52] Atallah S, Martin-Perez B, Pinan J, et al. Robotic transanal total mesorectal excision: a pilot study[J]. *Tech Coloproctol*, 2014, 18(11): 1047–1053.
- [53] Kneist W, Stein H, Rheinwald M. Da Vinci Single-Port robot-assisted transanal mesorectal excision: a promising preclinical experience[J]. *Surg Endosc*, 2020, 34(7): 3232–3235.
- [54] Carmichael H, D'Andrea A P, Skancke M, et al. Feasibility of transanal total mesorectal excision (taTME) using the Medrobotics Flex® System[J]. *Surg Endosc*, 2020, 34(1): 485–491.

- [55] van den Bos J, Jongen A, Melenhorst J, et al. Near-infrared fluorescence image-guidance in anastomotic colorectal cancer surgery and its relation to serum markers of anastomotic leakage: a clinical pilot study[J]. *Surg Endosc*, 2019, 33(11): 3766–3774.
- [56] Blanco-Colino R, Espin-Basany E. Intraoperative use of ICG fluorescence imaging to reduce the risk of anastomotic leakage in colorectal surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. *Tech Coloproctol*, 2018, 22(1): 15–23.
- [57] Nishigori N, Koyama F, Nakagawa T, et al. Visualization of lymph/blood flow in laparoscopic colorectal cancer surgery by ICG fluorescence imaging (Lap-IGFI)[J]. *Ann Surg Oncol*, 2016, 23 Suppl 2: S266–274.
- [58] Boni L, David G, Mangano A, et al. Clinical applications of indocyanine green (ICG) enhanced fluorescence in laparoscopic surgery[J]. *Surg Endosc*, 2015, 29(7): 2046–2055.
- [59] Kazanowski M, Al Furajii H, Cahill R A. Near-infrared laparoscopic fluorescence for pelvic side wall delta mapping in patients with rectal cancer—'PINPOINT' nodal assessment[J]. *Colorectal Dis*, 2015, 17 Suppl 3: 32–35.
- [60] Ankersmit M, Bonjer HJ, Hannink G, et al. Near-infrared fluorescence imaging for sentinel lymph node identification in colon cancer: a prospective single-center study and systematic review with meta-analysis[J]. *Tech Coloproctol*, 2019, 23(12): 1113–1126.
- [61] Yeung T M, Volpi D, Tullis I D, et al. Identifying ureters in situ under fluorescence during laparoscopic and open colorectal surgery[J]. *Ann Surg*, 2016, 263(1): e1–e2.
- [62] Park H, Farnam R W. Novel use of indocyanine green for intraoperative, real-time localization of ureter during robot-assisted excision of endometriosis[J]. *J Minim Invasive Gynecol*, 2015, 22(6s): S69.
- [63] Siddighi S, Yune J J, Hardesty J. Indocyanine green for intraoperative localization of ureter[J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2014, 211(4): 436.e1–2.
- [64] Lieto E, Auricchio A, Cardella F, et al. Fluorescence-guided surgery in the combined treatment of peritoneal carcinomatosis from colorectal cancer: preliminary results and considerations[J]. *World J Surg*, 2018, 42(4): 1154–1160.
- [65] Harlaar N J, Koller M, de Jongh S J, et al. Molecular fluorescence-guided surgery of peritoneal carcinomatosis of colorectal origin: a single-centre feasibility study[J]. *Lancet Gastroenterol Hepatol*, 2016, 1(4): 283–290.
- [66] Dapri G, Cahill R, Bourgeois P, et al. Peritumoural injection of indocyanine green fluorescence during transanal total mesorectal excision to identify the plane of dissection—a video vignette[J]. *Colorectal Dis*, 2017, 19(6): 599–600.
- [67] XU J, TANG B, LI T, et al. Robotic colorectal cancer surgery in China: a nationwide retrospective observational study[J]. *Surg Endosc*, 2020. DOI: 10.1007/s00464-020-08157-4.
- [68] Clavien P A, Barkun J, de Oliveira M L, et al. The Clavien-Dindo classification of surgical complications: five-year experience[J]. *Ann Surg*, 2009, 250(2): 187–196.
- [69] 柳欣欣, 刘江, 江志伟, 等. 微创及加速康复外科在结直肠手术中的应用[J]. *机器人外科学杂志*, 2020, 1(1): 18–25.
- [70] Quiram B J, Crippa J, Grass F, et al. Impact of enhanced recovery on oncological outcomes following minimally invasive surgery for rectal cancer[J]. *Br J Surg*, 2019, 106(7): 922–929.
- [71] Martin A N, Berry P S, Friel C M, et al. Impact of minimally invasive surgery on short-term outcomes after rectal resection for neoplasm within the setting of an enhanced recovery program[J]. *Surg Endosc*, 2018, 32(5): 2517–2524.
- [72] Khreiss W, Huebner M, Cima R R, et al. Improving conventional recovery with enhanced recovery in minimally invasive surgery for rectal cancer[J]. *Dis Colon Rectum*, 2014, 57(5): 557–563.
- [73] Askild D, Gerjy R, Hjern F, et al. Robotic vs laparoscopic rectal tumour surgery: a cohort study[J]. *Colorectal Dis*, 2019, 21(2): 191–199.
- [74] 中国医师协会内镜医师分会腹腔镜外科专业委员会, 中国医师协会结直肠肿瘤专业委员会腹腔镜专业委员会, 中华医学会外科学分会结直肠外科学组. 中国直肠癌侧方淋巴结转移诊疗专家共识(2019版)[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2019, 22(10): 901–912.
- [75] CHANG W, LIU T, REN L, et al. A trinity technique for prevention of low rectal anastomotic leakage in the robotic era[J]. *Eur J Surg Oncol*, 2020. DOI: 10.1016/j.ejso.2020.07.044.
- [76] XU J M, WEI Y, WANG X Y, et al. Robot-assisted one-stage resection of rectal cancer with liver and lung metastases[J]. *World J Gastroenterol*, 2015, 21(9): 2848–2853.
- [77] Navarro J, Rho S Y, Kang I, et al. Robotic simultaneous resection for colorectal liver metastasis: feasibility for all types of liver resection[J]. *Langenbecks Arch Surg*, 2019, 404(7): 895–908.
- [78] Dwyer R H, Scheidt M J, Marshall J S, et al. Safety and efficacy of synchronous robotic surgery for colorectal cancer with liver metastases[J]. *J Robot Surg*, 2018, 12(4): 603–606.
- [79] LIN Q, YE Q, ZHU D, et al. Comparison of minimally invasive and open colorectal resections for patients undergoing simultaneous R0 resection for liver metastases: a propensity score analysis[J]. *Int J Colorectal Dis*, 2015, 30(3): 385–395.