

一种改良的机器人胃癌根治术



杨成丰¹, 王继军², 夏天红², 彭超², 王涛², 刘文武³, 魏登文^{2*}

1.金昌市人民医院 普外二科, 甘肃 金昌 737100

2.中山大学附属肿瘤医院甘肃医院 胃肿瘤外科, 甘肃 兰州 730050

3.中山大学肿瘤防治中心 胃外科, 广东 广州 510060

【摘要】 机器人胃癌根治术的安全性与可行性已得到证实,但机器人手术系统在术野显露、消化道重建环节仍存在若干技术难点。为此,本文提出了一种改良的机器人胃癌根治术,旨在规范手术流程、提升手术质量、缩短手术时间。该术式从多个维度优化了手术技术,包括优化穿刺器布局、改善基于三角手术平面的淋巴清扫术野显露,以及采用右侧助手辅助孔布局以利于全器械吻合,从而保障消化道重建的同质性并缩短手术时间。在不影响手术安全性的前提下,该术式可帮助术者更高效地完成手术。

【关键词】 胃癌; 机器人手术; 胃癌根治术

A modified radical robotic gastrectomy for gastric cancer

Yang Chengfeng¹, Wang Jijun², Xia Tianhong², Peng Chao², Wang Tao², Liu Wenwu³, Wei Dengwen^{2*}

1.Department of General Surgery Unit II, People's Hospital of Jinchang, Jinchang 737100, Gansu, China

2.Department of Stomach Cancer Surgery, Gansu Hospital, Sun Yat-sen University Cancer Center, Lanzhou 730050, Gansu, China

3.Department of Gastric Surgery, Sun Yat-sen University Cancer Center, Guangzhou 510060, Guangdong, China

*Corresponding author: Wei Dengwen, E-mail: weidengwen@gsszlyy.com

【Abstract】 The safety and feasibility of robotic gastrectomy for gastric cancer have been well established. Nevertheless, several technical challenges remain with the robotic surgical system in terms of surgical field exposure and digestive tract reconstruction. To address these issues, we developed a modified radical robotic gastrectomy approach in this study, aiming to standardize the surgical procedure, improve surgical quality, and reduce operative time. This approach optimizes surgical techniques in multiple dimensions, including optimized Trocar positioning, improved surgical exposure for lymphadenectomy based on a triangular surgical plane, and a right-sided assistant port layout that facilitates fully stapled anastomosis, which ensures the homogeneity of digestive tract reconstruction and shortens the operative duration. This approach enables surgeons to complete the operation more efficiently without compromising surgical safety.

【Key words】 Gastric cancer; Robotic surgery; Radical gastrectomy

近年来,多项研究证实,与传统腹腔镜胃癌根治术相比,机器人胃癌根治术在死亡率、并发症发生率及肿瘤学安全性方面均具有同等甚至更优的表现,显示出良好的安全性与可行性^[1-2]。机器人手术系统具备多方面的技术优势,例如器械拥有可多自由度活动的关节,可滤除术者的手部震颤,即便在深窄的术区空间内,也能顺利完成各类消化道吻合的体内手工缝合操作。

然而,机器人手术往往伴随手术时间延长的问题,这也成为其临床应用的核心挑战之一。第一个亟待优化的环节是机器人穿刺器的布局。既往研究中,超声刀(1号机械臂)多置于患者左上腹,难以与右侧的2把抓钳形成有效的三角操作平面;同时,若使用超声刀维持手术平面或显露组织,其热效应还可能增加组织损伤的风险^[3-5]。

第二个挑战来自辅助孔的设置。现有术式多将助手辅助孔置于患者左侧、超声刀下方。在游离操作过程中,助手器械提拉组织时极易与1号机

* 通信作者: 魏登文, E-mail: weidengwen@gsszlyy.com

械臂发生碰撞。此外,左侧辅助孔的操作角度受限,会增加消化道重建的难度,往往需要术者切换至右侧才能完成,频繁的体位切换不仅耗时,还会增加术区污染的风险。尽管增加第二个辅助孔可部分解决上述问题,但会额外造成 12 mm 的腹壁创伤。

除穿刺器布局的问题外,超声刀不具备其他带关节器械的灵活度,需要耗费更多时间进行操作角度调整;术中频繁更换器械以及调整、擦拭镜头,会进一步延长手术时间,而消化道重建的手工缝合操作本身就具有操作复杂、耗时长特点。

为了在不影响手术安全性的前提下缩短手术时间,解决上述技术难点,本研究提出了一种改良的机器人胃癌根治术。该术式通过重新规划穿刺器布局、优化游离清扫流程、以器械吻合替代手工缝合,减少了机械臂切换操作,提升了超声刀的使用效率,同时建立了稳定的手术操作平面。本文将以远端胃切除术为例,详细阐述该术式的操作流程。

1 患者体位与穿刺器布局

患者取仰卧位,于脐下 1~2 横指处(约距离剑突 17 cm)置入 12 mm 穿刺器,用于放置镜头。气腹压力维持至 12 mmHg 后,手术床可根据患者体型及胰腺隆起的高度调整为 12°~15°头高足低位,先行腹腔镜探查排除远处转移。术中共置入 5 枚穿刺器,其中 4 枚为机器人机械臂穿刺器,1 枚为助手辅助孔,置于患者右侧(图 1A、1B)。1 号机械臂置于患者左下腹,2 号、3 号机械臂对称分布于上腹部(图 1C),该布局与既往报道的术式存在显著差异。机械臂穿刺器间距以大于 10 cm 为佳,至少满足 8 cm。为避免器械间碰撞,建议将所有穿刺器尽量高位固定(置入机械臂后竖直向上外展抬起穿刺器固定腹壁,扩大腹腔容积),将各机械臂充分展开,预留充足的操作空间。

2 手术操作步骤与技巧

2.1 肝脏悬吊

术中采用带 70 mm 双直针的 2-0 Prolene 缝线配合血管夹进行肝脏悬吊,该方法与腹腔镜胃切除术的肝脏悬吊方式一致,安全性已得到证实^[6]。由助手完成体外打结,将肝脏悬吊固定于腹壁(图 2A)。

2.2 No.4 组淋巴结清扫与胃大弯游离

2 号、3 号机械臂将大网膜向头侧、腹侧提拉,助手将横结肠向下牵拉形成对抗牵引。为实现更优的清扫效果,减少其他机械臂不必要的移动,本研究推荐由 2 号、3 号机械臂与助手形成三角操作平面,超声刀与该三角平面呈接近垂直的角度(约 75°),刀尖稍向前上方(图 2B)。该角度可帮助术者更清晰地辨识超声刀尖处的组织,术中仅需通过 2 号机械臂与助手的配合即可维持该操作角度,无需移动 3 号机械臂或镜头,仅需在该区域清扫完成后调整镜头位置。通过减少 3 号机械臂与腹腔镜镜头的移动,可有效缩短手术时间,该方法同样适用于各组淋巴结清扫操作。

辨识并结扎胃网膜左血管后,将大网膜自脾脏缘游离,完整切除胃大弯侧组织及 No.4sb、4d 组淋巴结(图 2C)。

远端胃切除术通常保留胃短血管,但若肿瘤位置较高,需离断部分胃短血管以保证足够的切缘,同时为胃切除与吻合操作预留充足空间。

2.3 No.6 组淋巴结清扫

3 号机械臂将胃网膜血管蒂向腹侧提拉,形成三角手术平面。将横结肠系膜与胃网膜血管蒂、胰头部游离,直至胰腺下缘;清扫胃网膜右静脉周围的淋巴结组织,直至显露胰头部(图 2D);随后显露、结扎并离断胃网膜右静脉与胃网膜右动脉(图 2E、2F),最终将胃网膜右血管与淋巴组织

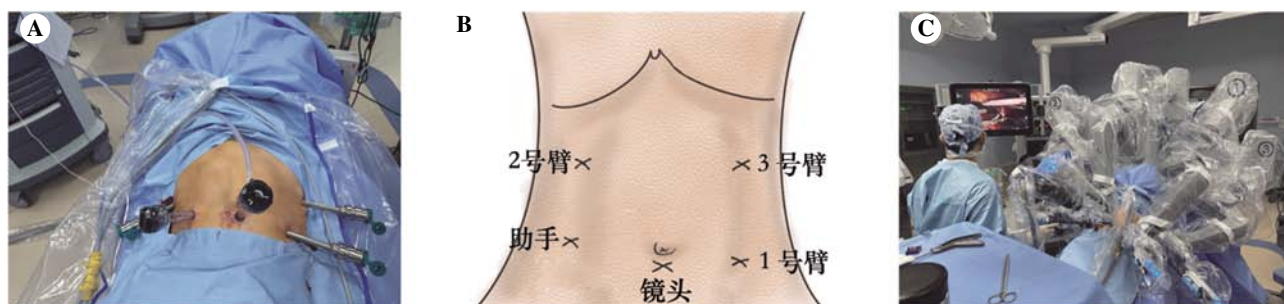


图 1 穿刺孔布局及站位

注:A~B,穿刺器布局,此图以达芬奇机器人 SI 为例;C,助手站位。

整块切除。

2.4 十二指肠优先离断

沿胃十二指肠动脉将十二指肠自胰腺缘游离,于十二指肠上方组织与胰腺之间置入纱布,由助手操作吻合器离断十二指肠(图2G)。优先离断十二指肠更利于胰腺上缘的显露。

2.5 胰腺上区清扫(No.5、7、8a、9、11p、12a组淋巴结清扫)

2.5.1 清扫No.5组淋巴结

十二指肠离断后,将胃向患者左上腹牵拉,显露肝十二指肠韧带,于根部结扎并离断胃右血管,清扫No.5组淋巴结(图2H)。

2.5.2 清扫No.12a组淋巴结

为构建No.12a组淋巴结周围的三角操作平面,助手将肝固有动脉周围的迷走神经向右侧、尾侧牵拉,同时3号机械臂将肝固有动脉前外侧的软组织向左侧提拉,随后使用超声刀完整切除该区域组织(图2I)。顺势离断肝胃韧带,过渡直至左侧膈肌脚No.1组淋巴结清扫的上界(图2J)。

2.5.3 三角牵拉显露胰腺上缘

完成No.5、12a组淋巴结清扫后,3号机械臂将胃胰襻向腹侧提拉绷紧,助手可通过多种方式优化术野显露:轻柔向下推移胰腺,将肝总动脉或脾动脉向背侧、尾侧牵拉(图2K)。2号机械臂轻柔提起肝总动脉周围的软组织,超声刀从右侧清扫包含No.8a组淋巴结的组织,直至显露腹腔干及脾动脉根部。

2.5.4 清扫No.11p组淋巴结

以脾动脉为导向,以Gerota筋膜层面为指引,继续游离软组织,直至胃后动脉起始处(图2L);若患者无胃后动脉,No.11p组淋巴结清扫则需沿脾动脉至少游离5cm或至胃胰襻最短处。

2.5.5 No.7、8、9组淋巴结清扫

游离腹腔干周围的软组织,并将其向标本侧提拉,辨识并于根部结扎胃左静脉与胃左动脉(图2M、2N),随后将胰腺上区淋巴结自后腹膜整块切除(图2O)。为实现安全、根治性的淋巴结清扫,需在大动脉血管鞘与含淋巴结的脂肪组织之间的间隙进行游离;同时,借助2号机械臂抓钳的关节活动与抓持能力,配合助手的牵拉,可为无关节的超声刀构建最佳的游离角度。

2.6 胃小弯清扫(No.1、3组淋巴结清扫)

2号、3号机械臂将小网膜向头侧、腹侧提拉,助手向下牵拉胃小弯形成对抗牵引,超声刀自食管

裂孔向胃离断线,自胃小弯后壁向前壁游离软组织。

2.7 加固十二指肠残端

若拟行Billroth II式或Roux-en-Y吻合,推荐在淋巴结清扫完成后,缝合加固十二指肠残端的吻合钉线,预防术后吻合口漏发生(图2P)。

2.8 胃切除与标本取出

确认近端切缘后,将胃向患者左下腹牵拉,由助手操作吻合器从胃小弯向胃大弯方向离断胃体,完成远端胃切除术的胃离断操作(图3A)。标本于体内装入标本袋,置于患者右下腹。

2.9 消化道重建

本术式针对远端胃癌根治术,采用Billroth II式吻合重建消化道连续性,同时推荐加做Braun吻合,以降低胆汁反流、肠梗阻的发生风险。

2.9.1 胃肠吻合

助手于残胃大弯缘做1个小切口(图3B),并在距Treitz韧带40cm处的空肠壁做另一个对应切口(图3C);将腔镜直线吻合器置入残胃与空肠之间(钉仓置入空肠,抵钉座置入胃腔),完成残胃后壁与空肠内侧壁的吻合(图3D、3E)。采用器械闭合共同开口(图3F、3G),可使用血管夹夹闭吻合口边缘,预防吻合口出血。

2.9.2 Braun吻合

于距Treitz韧带15cm的近端空肠做第一处切口(图3H),于距胃肠吻合口15cm的远端空肠做第二处切口(图3I),使用腔镜直线吻合器完成空肠侧侧吻合,依旧采用器械闭合共同开口(图3J、3K)。

于肝左叶下方放置引流管后(图3L),可经脐下穿刺器的延长切口取出标本。

3 总结

既往研究已证实,机器人胃癌根治术具有与腹腔镜手术同等的安全性,且其操作可行性更优,但手术时间较长始终是其临床应用的核心挑战^[1-2]。

本研究提出的改良术式通过多维度优化,可有效缩短手术时间,核心优化策略包括穿刺器布局优化、超声刀使用效率提升、机械臂切换与调整操作减少、吻合器吻合技术的应用等。第一,穿刺器布局的优化可避免助手器械与超声刀发生碰撞,尤其在狭窄术区中优势显著。在既往研究中,助手辅助孔与超声刀均置于患者左侧,极易发生器械碰撞^[7],而本术式将二者分别置于脐部两侧,可有效规避该问题。第二,2号、3号机械臂与助手

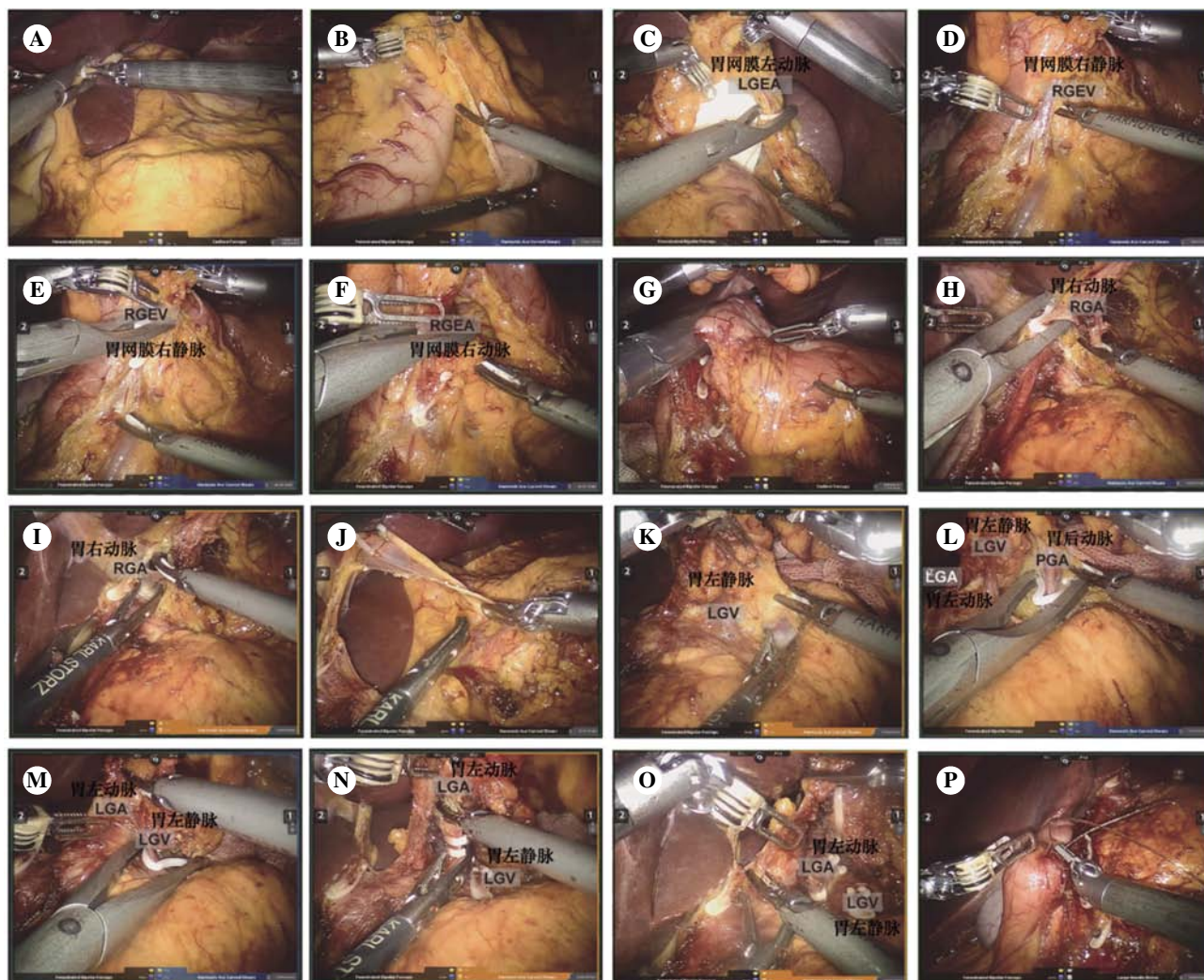


图2 胃癌淋巴结清扫操作

注:A,荷包针悬吊肝脏;B,三角牵拉离断胃结肠韧带;C,清扫No.4sb组淋巴结;D~F,清扫No.6组淋巴结;G,离断十二指肠;H,清扫No.5组淋巴结;I,清扫No.12a组淋巴结;J,离断肝胃韧带;K,三角牵拉显露胰腺上缘;L,清扫No.11p组淋巴结;M,离断胃左静脉;N,离断胃左动脉;O,清扫No.8组淋巴结;P,包埋加固十二指肠残端。

配合构建稳定的三角手术平面,可显著优化组织显露效果,提升清扫效率,同时降低血管损伤风险(血管损伤后的修补、止血操作往往会耗费大量手术时间)。第三,减少器械频繁更换与镜头调整,可显著缩短游离与重建环节的手术时间。本术式的操作流程可最大程度减少器械更换,优化手术流程:淋巴结清扫完成后,仅需将超声刀更换为持针器完成残端缝合,随后撤去持针器,即可开展重建操作;同时,三角手术平面优化了术野显露,能充分暴露动脉血管鞘与含淋巴结的脂肪组织之间的间隙,避免损伤,从而减少了不必要的止血操作,避免止血产生的烟雾污染镜头,从而减少镜头频繁的擦拭与调整。第四,本改良术式无需增加第二助手孔即可完成全腔内消化道重建,平均操作时

间20.85 min,与既往报道的手工缝合技术相比,采用器械吻合可使重建时间缩短一半以上并保障吻合的同质性^[3,8-9]。最后,采用本改良术式,平均手术时间为221.76 min,较既往荟萃分析报道的手术时间(267.34 min)和一项中国多中心队列研究报道的手术时间(248.5 min)均缩短^[2,10]。

本研究提出的改良机器人胃癌根治术,优化了穿刺器布局,通过构建三角手术平面实现了更优的术野显露,提升了超声刀的使用效率,缩短了机器人胃切除术的手术时间,加快了消化道重建操作。未来仍需更多研究验证该术式在全胃与近端胃切除术中的安全性与可行性,同时需通过长期随访评估其肿瘤学疗效。

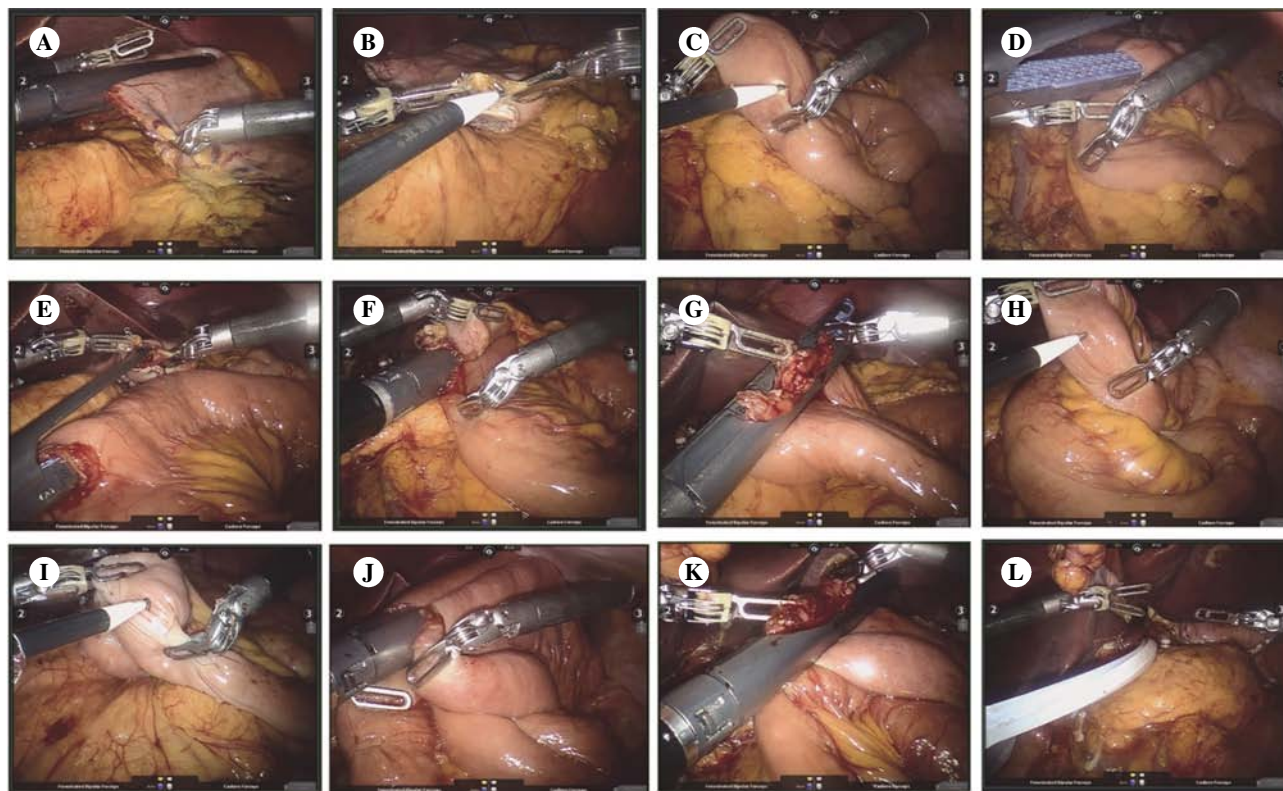


图3 消化道重建

注:A,离断胃体;B,残胃大弯打孔;C,距 Treitz 韧带 40 cm 处的空肠对系膜缘开口;D~G,全器械进行胃空肠吻合;H,距 Treitz 韧带 15 cm 的近端空肠打孔;I,距胃肠吻合口 15 cm 的远端空肠打孔;J~K,全器械进行 Braun 吻合;L,留置腹腔引流管。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

人工智能使用声明 本文未使用任何人工智能相关工具对文字及图片进行处理

参考文献

- [1] Guerrini G P, Esposito G, Magistri P, et al. Robotic versus laparoscopic gastrectomy for gastric cancer: the largest meta-analysis[J]. *Int J Surg*, 2020, 82: 210-228.
- [2] Du Rui, Wan Yue, Shang Yulong, et al. Robotic versus laparoscopic gastrectomy for gastric cancer: the largest systematic reviews of 68,755 patients and meta-analysis [J]. *Ann Surg Oncol*, 2025, 32(1): 351-373.
- [3] Liu Xinxin, Jiang Zhiwei, Chen Ping, et al. Full robot-assisted gastrectomy with intracorporeal robot-sewn anastomosis produces satisfying outcomes [J]. *World J Gastroentero*, 2013, 19(38): 6427-6437.
- [4] Quijano Y, Vicente E, Ielpo B, et al. Full robot-assisted gastrectomy: surgical technique and preliminary experience from a single center[J]. *J Robot Surg*, 2016, 10(4): 297-306.
- [5] Barchi L C, Souza W P, Franciss M Y, et al. Oncological robot-assisted gastrectomy: technical aspects and ongoing data [J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2020, 30(2): 127-139.
- [6] Ushimaru Y, Omori T, Fujiwara Y, et al. A novel liver retraction method in laparoscopic gastrectomy for gastric cancer[J]. *Surg Endosc*, 2019, 33(6): 1828-1836.
- [7] Ojima T, Nakamura M, Hayata K, et al. Short-term outcomes of robotic gastrectomy vs laparoscopic gastrectomy for patients with gastric cancer: a randomized clinical trial[J]. *JAMA Surg*, 2021, 156(10): 954-963.
- [8] Hur H, Kim J Y, Cho Y K, et al. Technical feasibility of robot-sewn anastomosis in robotic surgery for gastric cancer [J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2010, 20(8): 693-697.
- [9] Barchi L C, Jacob C E, Franciss M Y, et al. Robotic digestive tract reconstruction after total gastrectomy for gastric cancer: a simple way to do it [J]. *Int J Med Robot Comp*, 2016, 12(4): 598-603.
- [10] Li Zhengyan, Zhou Yanbing, Li Taiyuan, et al. Robotic gastrectomy versus laparoscopic gastrectomy for gastric cancer: a multicenter cohort study of 5402 patients in China[J]. *Ann Surg Oncol*, 2023, 277(1): e87-e95.

收稿日期:2026-03-25