

国产机器人手术系统在胆囊切除术中的应用效果

郭玺¹, 杨国渊¹, 马雕龙², 郭成旺¹, 张铭泽¹, 马于祺¹, 狐鸣², 杨婧², 马云涛^{1, 2}

(1. 甘肃中医药大学第一临床医学院 甘肃 兰州 730000; 2. 甘肃省人民医院机器人外科中心 甘肃 兰州 730000)

摘要 **目的:** 探讨国产图迈[®]腹腔镜手术机器人在胆囊切除术中的应用效果并比较机器人手术与腹腔镜手术的差异。**方法:** 选择2023年5月—2023年11月在甘肃省人民医院行胆囊切除术的60例患者为研究对象, 根据手术方式不同分为机器人辅助胆囊切除术组($n=20$)和腹腔镜胆囊切除术组($n=40$)。比较两组患者的手术时间、术中出血量、术后排气时间、疼痛模拟评分、住院时间、术后并发症等指标, 并由主刀医师对手术机器人器械进行评价。**结果:** 两组患者在手术时间、术中出血量、术后排气时间、术后疼痛评分及住院时间等方面无显著差异($P>0.05$)。RC组出现腹胀1例, LC组出现腹胀1例、伤口感染1例。主刀医师对图迈[®]腹腔镜手术机器人系统使用的整体评价较好, 在系统性能、操作灵活性、视觉效果和器械稳定性等方面均给予了积极评价。**结论:** 国产图迈[®]腹腔镜手术机器人在胆囊切除术中表现出与腹腔镜相当的临床疗效, 手术过程稳定且适应性较强。

关键词 手术机器人; 腹腔镜手术; 胆囊切除术**中图分类号** R657.4 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721(2025)04-0537-06

Application effect of domestic robotic surgical system in cholecystectomy

GUO Xi¹, YANG Guoyuan¹, MA Diaolong², GUO Chengwang¹, ZHANG Mingze¹, MA Yuqi¹, HU Ming², YANG Jing²,
MA Yuntao^{1, 2}

(1. First School of Clinical Medical, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China; 2. Center of Robotic Surgery, Gansu Provincial Hospital, Lanzhou 730000, China)

Abstract **Objective:** To explore the application effect of the domestically developed Toumai[®] laparoscopic surgical robot in cholecystectomy and compare the differences between robot-assisted surgery and laparoscopic surgery. **Methods:** 60 patients who underwent cholecystectomy in Gansu Provincial Hospital from May 2023 to November 2023 were selected. They were divided into the robot-assisted cholecystectomy (RC) group ($n=20$) and the laparoscopic cholecystectomy (LC) group ($n=40$) according to different surgical methods. Operative time, intraoperative blood loss, postoperative exhaust time, VAS scores, length of hospital stay, and postoperative complications were compared between the two groups of patients, and evaluations on surgical robot were made by primary surgeons. **Results:** There was no statistically significant difference between the two groups in terms of operative time, intraoperative blood loss, postoperative exhaust time, postoperative VAS scores, or length of hospital stay ($P>0.05$). 1 case of abdominal distension was observed in the RC group, while the LC group had 1 case of abdominal distension and 1 case of wound infection. Favorable overall evaluations on the Toumai[®] robotic surgical system were given by primary surgeons, with positive comments on the system performance, operational flexibility, visual effects, and stability. **Conclusion:** The domestically developed Toumai[®] laparoscopic surgical robot has demonstrated clinical efficacy comparable to laparoscopic surgery in cholecystectomy, with a stable procedures and strong adaptability.

Key words Surgical Robot; Laparoscopic Surgery; Cholecystectomy

基金项目: 国家卫健委胃肠肿瘤诊治重点实验室课题(NHCDP2022018); 甘肃省自然科学基金(22JR5RA663); 甘肃省科技厅联合科研基金(24JRRA885)

Foundation Item: Key Laboratory Project of Gastrointestinal Tumor Diagnosis and Treatment of National Health Commission of the People's Republic of China(NHCDP2022018); Natural Science Foundation of Gansu Province(22JR5RA663); Joint Research Fund of Science and Technology Department of Gansu Province(24JRRA885)

引用格式: 郭玺, 杨国渊, 马雕龙, 等. 国产机器人手术系统在胆囊切除术中的应用效果[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2025, 6(4): 537-541, 546.

Citation: GUO X, YANG G Y, MA D L, et al. Application effect of domestic robotic surgical system in cholecystectomy[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2025, 6(4): 537-541, 546.

通讯作者(Corresponding Author): 马云涛(MA Yuntao), Email: 3575515665@qq.com

近年来,微创外科技术的发展使术者和患者对微创手术有了更高的要求,机器人手术系统作为微创外科领域继腹腔镜后的又一代代表性产物,在外科手术中得到普遍认可^[1-3]。相较于腹腔镜,手术机器人的引入使手术更加微创,机器人手术系统具有手眼协调良好、机械臂无颤抖、精准度更高、三维视野及活动范围广等优势。目前,国内装机较多的是达芬奇机器人手术系统,但其由于费用昂贵、技术受限等问题未能在国内普及^[4-7]。国产手术机器人的出现将降低购置成本,推动更多医院引进此技术,惠及更多患者。同时,随着医疗耗材集采政策推进,预计机器人手术费用将下降,在未来可能成为更多术者与患者的首选^[8-11]。本研究将探讨国产图迈®腹腔镜手术机器人(如图1)在胆囊切除术中的应用效果及安全性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2023年5月—2023年11月在甘肃省人民医院行胆囊切除术的60例胆囊结石患者为研究对象,分为机器人辅助胆囊切除术(Robot-assisted Cholecystectomy, RC)组($n=20$)和腹腔镜胆囊切除术(Laparoscopic Cholecystectomy, LC)组($n=40$)。RC组行国产图迈®腹腔镜手术机器人辅助胆囊切除术,LC组行腹腔镜下胆囊切除术。

纳入标准:①经影像学明确诊断为胆囊结石,无手术禁忌证;②有明确的手术指征,且为择期手术患者;③自愿参加本次研究并签署知情同意书。**排除标准:**①妊娠或哺乳期女性;②重要脏器功能障碍无法耐受手术;③存在活动性出血、凝血功能严重异常[凝血酶原时间(PT)或国际标准化比值(INR)高于正常值上限1.5倍]或血小板计数 $<80 \times 10^9/L$;④有腹部手术史;⑤其他不适合入组的情况。手术由同一组医师完成,术者均有丰富的机器人手术主刀经验,并完成图迈®腹腔镜手术机器人系统的培训,获得相应资质。本研究已通过甘肃省人民医院伦理委员会审批(2023-623)。

1.2 手术方法

1.2.1 腹腔镜胆囊切除术 患者取仰卧位,全身麻醉后于脐下缘切开置入气腹针建立气腹,随后置入腹腔镜作为观察孔。首先进行腹腔探查,明确腹腔脏器位置,探查见胆囊明显增大水肿,腹腔其他脏器无病变;根据探查结果,确定主操作孔及辅助操作孔位置,主操作孔通常位于剑突下约2 cm处,辅助

操作孔位于右锁骨中线肋缘下约3 cm处。通过主操作孔用电凝钩解剖Calot三角,清晰暴露胆囊管及胆囊动脉后用血管夹夹闭并离断。使用电凝钩沿胆囊床钝锐结合剥离胆囊,精细止血,清洁创面,通过辅助操作孔放置引流管。再次腹腔探查,观察有无术中损伤、活动性出血及胆汁渗漏,将胆囊装入标本袋后经脐部切口取出,必要时适当扩大切口。排出气腹后缝合切口,手术结束。

1.2.2 机器人辅助胆囊切除术 患者取仰卧位,全身麻醉后于脐下缘做约1 cm切口建立气腹,置入10 mm Trocar并连接机器人3号机械臂作为观察孔。首先进行腹腔探查,明确腹腔脏器位置,探查见胆囊明显增大水肿,腹腔其他脏器无病变;依据探查情况,确定主操作孔及辅助操作孔位置,主操作孔位于剑突下约2 cm处,置入10 mm Trocar连接4号机械臂,辅助操作孔位于右锁骨中线肋缘下约3 cm处,置入5 mm Trocar连接2号机械臂(如图2);术中通过2号机械臂使用长钳牵拉胆囊充分暴露术野,用4号机械臂连接电凝钩分离胆囊三角的疏松结缔组织,清晰暴露胆囊管、胆囊动脉和胆总管(如图3),用血管夹分别夹闭胆囊管及胆囊动脉,电凝并离断。利用电凝钩沿着胆囊床剥离胆囊,细致止血,清洁创面;通过辅助操作孔放置引流管。手术结束前,再次进行腹腔探查,无术中损伤、无活动性出血及胆汁渗漏,将胆囊装入标本袋经脐部切口取出,必要时适当扩大切口。排出气腹,移除手术机器人,缝合切口,手术结束。

1.3 观察指标 观察患者的手术操作时间、术中出血量、术后首次排气时间、术后12 h、24 h、48 h疼

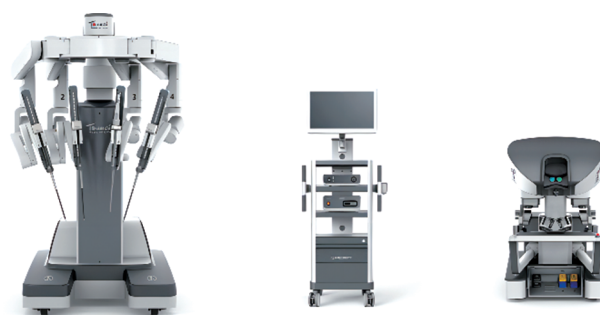


图1 图迈®腹腔镜手术机器人设备组成

Figure 1 Equipment components of the Toumai® laparoscopic surgical robot

注: <https://www.microport.com.cn/upload/image/20240330/83978a132857a664a07086e1b8bc99d6.png>

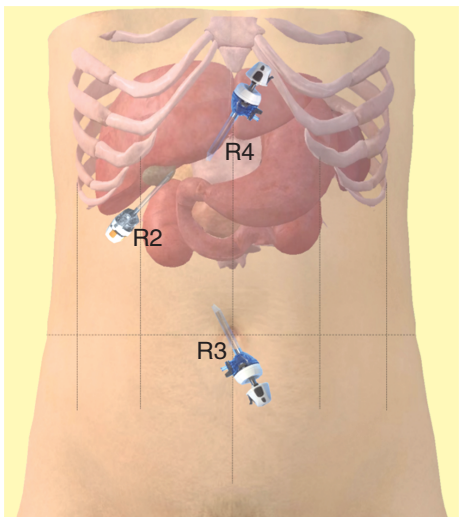


图2 机器人胆囊切除术 Trocar 布局
Figure 2 Trocar layout for robot-assisted cholecystectomy
注：R2 为辅助操作孔；R3 为观察孔；R4 为主操作孔

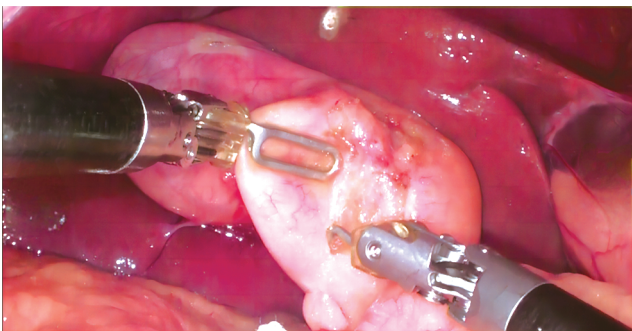


图3 机器人辅助胆囊切除术中分离胆囊三角
Figure 3 Intraoperative separation of the gallbladder triangle during robot-assisted cholecystectomy

痛视觉模拟评分法（Visual Analogue Scale，VAS）评分、术后住院时间及术后并发症相关情况。

1.4 主刀医生术后评价 术后 24 h 内主刀医师完成《局部不适体验量表》（Localized Experiential Discomfort Scale，LED）（如图 4）、《主观心智负荷量表》（Subjective Mental Effort Scale，SME）（如图 5）及设备使用评价（见表 1）。LED 量表以视觉模拟评分方式，对手术过程中的生理感受进行回顾评价。SME 量表以视觉模拟评分方式，对手术过程中的心理感受进行回顾评价，评价本次手术的困难程度。设备使用评价主要评价系统整体使用感受、医生控制台操控性能、医生控制台视觉效果、患者手术平台性能、手术视野感受、器械稳定性、操作灵活性。

1.5 统计学方法 所有数据采用 SPSS 27.0 软件进行统计学分析，连续变量用均数 ± 标准差（ $\bar{x} \pm s$ ）表

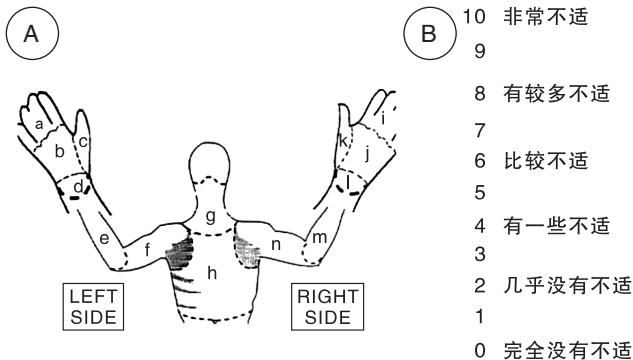


图4 局部不适体验量表
Figure 4 Localized Experiential Discomfort Scale
注：A. 身体局部不适部位分布示意图；B. 量表的评价标准

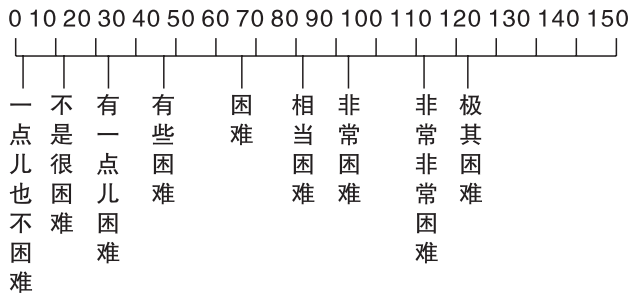


图5 主观心智负荷量表
Figure 5 Subjective Mental Effort Scale

示，组间比较采用 t 检验；分类变量用例数（百分比） $[n(\%)]$ 表示，组间比较采用 χ^2 检验，以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料 两组患者一般资料比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ），见表 2。

2.2 手术相关指标 两组患者手术相关资料的各项指标比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ），见表 3。

2.3 术后并发症 RC 组发生术后腹胀 1 例，LC 组发生术后伤口感染 1 例、腹胀 1 例（见表 4）。所有出现并发症的患者经保守治疗后均康复出院，无重大器官损伤及胆管损伤。

2.4 主刀医师术后评价 术者使用 LED 量表评价机器人胆囊切除术后身体各部位不适程度，术者总体感觉舒适；根据术者个人主观感受使用 SME 量表评价本次机器人手术的困难程度，分数为（ 15 ± 5 ）分，介于“不是很困难”与“有一点儿困难”之间；主刀医师对器械使用性能进行评价，评价介于“优”与“良”之间，对该手术系统进行主观评价，整体较为满意（见表 5）。

表 1 设备使用评价

Table 1 Evaluation of equipment utilization

指标	评价标准			
系统整体使用感受	优	良	中	差
医生控制台操控性能	优	良	中	差
医生控制台视觉效果	优	良	中	差
患者手术平台性能	优	良	中	差
手术视野感受	非常清晰	比较清晰	比较模糊	模糊不清
器械稳定性	稳定无颤动	偶尔颤动	频繁颤动	持续颤动
操作灵活性	非常灵活	比较灵活	比较迟钝	非常迟钝

3 讨论

腹腔镜手术已广泛应用于微创外科领域，但随着医疗水平的提升，医患双方对于手术的精细化、微创化有了更高的要求，腹腔镜的局限性亟待突破，机器人手术系统以自身独有的优势契合了这一趋势，特别是以达芬奇为代表的机器人手术系统已占据了一定的国内、国外市场^[12-14]。近年来，具有自主知识产权的国产机器人手术系统相继问世，并应用于普通外科、泌尿外科、胸外科、妇产科等手术领域^[2, 15-19]。国产化是微创外科特别是机器人外科领域发展的重要方向，也是我国宏观层面扩大内需、拉动微创手术产业链的客观需求^[8]。国务院关于《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》中

表 2 两组患者一般资料比较 [$n(\%)$], $\bar{x} \pm s$]

Table 2 Comparison of general data between the two groups of patients [$n(\%)$], $\bar{x} \pm s$]

组别	性别		年龄 (岁)	BMI (kg/m ²)	结石直径 (cm)	ASA 分级		
	女	男				I	II	III
RC 组 ($n=20$)	13 (65.00)	7 (35.00)	50.85 ± 14.02	23.53 ± 2.84	1.56 ± 0.34	8 (40.00)	11 (55.00)	1 (5.00)
LC 组 ($n=40$)	27 (68.00)	13 (33.00)	52.50 ± 14.91	23.36 ± 2.44	1.79 ± 0.48	26 (65.00)	11 (27.50)	3 (7.50)
t/χ^2 值	0.04		-0.50	0.24	-1.94	—		
P 值	0.846		0.618	0.814	0.057	0.093		

表 3 两组患者手术相关指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparison of surgery-related indicators between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$)

组别	手术操作时间 (min)	术中出血量 (mL)	术后首次排气时间 (h)	VAS 评分		术后住院时间 (d)
				术后 24 h	术后 48 h	
RC 组 ($n=20$)	59.50 ± 3.12	16.00 ± 4.90	19.35 ± 1.12	2.80 ± 0.60	1.73 ± 0.55	2.82 ± 0.92
LC 组 ($n=40$)	60.53 ± 4.80	17.75 ± 3.87	19.48 ± 1.36	2.70 ± 0.60	1.65 ± 0.48	2.88 ± 0.99
t 值	-0.85	-1.48	-0.34	0.60	0.51	-0.23
P 值	0.397	0.144	0.733	0.552	0.610	0.842

表 4 两组患者术后并发症发生情况比较 [$n(\%)$]

Table 4 Comparison of occurrence of complications between the two groups of patients [$n(\%)$]

组别	胆漏	胆管损伤	腹腔出血	伤口感染	腹胀	腹泻
RC 组 ($n=20$)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	1 (5.00)	0 (0.00)
LC 组 ($n=40$)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	1 (2.50)	1 (2.50)	0 (0.00)

也明确提到“加强优质高效医疗卫生服务体系建设，推进医疗卫生机构装备和信息化设施迭代升级，鼓励具备条件的医疗机构加快医学影像、放射治疗、远程诊疗、手术机器人等医疗装备更新改造”。部

分省、市、县级医院已经引进了相关设备，这一局面的出现有利于手术机器人进一步普及，也将为医院、医生和患者提供更多的手术选择。

本研究发现，RC 组与 LC 组在手术操作时间上无显著差异，这一结果与 Gantschnigg A 等人^[20]的研究结论一致。然而，手术机器人都需要进行定位连接，这在一定程度上延长了整体手术时间。随着手术团队操作机器人系统的熟练度提高，定位连接的时间将逐步缩短，术中操作配合也将更加默契，从而缩短机器人手术时间。两组在术中出血量、术后首次排气时间、术后 24 h、48 h VAS 评分和术后住院时间方面均无统计学差异。术后并发症方

表5 主刀医师术后评价 [n (%) , $\bar{x} \pm s$]
Table 5 Postoperative evaluation by the attending surgeon [n (%) , $\bar{x} \pm s$]

项目		评价
SME 量表 (分)		15.00 ± 5.00
系统整体使用感受	优	17 (85.00)
	良	3 (15.00)
医生控制台操控性能	优	15 (75.00)
	良	5 (25.00)
医生控制台视觉效果	优	16 (80.00)
	良	4 (20.00)
患者手术平台性能	优	17 (85.00)
	良	3 (15.00)
手术视野感受	非常清晰	18 (90.00)
	比较清晰	2 (10.00)
器械稳定性	稳定无颤动	14 (70.00)
	偶尔颤动	6 (30.00)
操作灵活性	非常灵活	18 (90.00)
	比较灵活	2 (10.00)

面，RC 组患者出现 1 例腹胀，而 LC 组患者出现 1 例伤口感染和 1 例腹胀，3 名患者症状轻微，经过对症治疗症状有所改善。一项 Meta 分析^[21]显示，相较于 LC，RC 显著延长了手术时间，但在住院时间、手术并发症方面并未表现出显著差异，研究者认为机器人手术是治疗胆囊良性疾病的一种安全选择。微创化胆囊切除具有创伤小、痛苦少、恢复快、住院时间短等优点，但术后腹痛、腹胀、腹泻等并发症在一定程度仍影响着患者术后的生活质量，应重视相关并发症的发生，做好术前术后的预防和指导，积极给予对症治疗^[22]。在主刀医师评价中，国产手术机器人整体表现较好，这与以下几个原因有关：①术者有丰富的达芬奇机器人手术系统操作经验，且经过图迈[®]腔镜手术机器人系统培训，学习曲线较短；②图迈[®]腔镜手术机器人与达芬奇机器人同样都是四臂机器人，在设备组成及操作方面具有相似之处，术者更容易适应；③随着科技的进步，国产医学设备制造展现出了一定的优越性。

我们的研究表明，在胆囊切除术中应用图迈[®]腔镜手术机器人是可行的，其在围术期疗效方面取得了同腹腔镜胆囊切除术相当的效果。尽管本研究提供了初步证据，但由于样本量较小，未来需要更多的大规模病例研究、前瞻性研究和长期随访来进一步验证国产手术机器人的临床疗效和远期预后。

虽然我国机器人手术系统起步较晚，但随着近

年来国产手术机器人的迅速发展和普及，机器人在外科手术中的应用日趋成熟^[23]。机器人手术的费用有望降低，市级和县级医院将具备开展机器人手术的能力^[24-25]。此外，随着 5G 通信技术的发展为远程手术提供了理想的网络传输环境，国产手术机器人基于 5G+ 进行远程手术已在胃肠外科^[26-28]、肝胆胰外科^[29]、甲状腺外科^[30]、泌尿外科^[31]等多个领域被报道。未来，国产机器人有望在远程机器人手术领域带来更多的创新与变革，助力国家区域医疗中心建设，进一步推动优质医疗资源的均衡化发展。

利益冲突声明：本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明：郭玺、杨国渊负责拟定写作思路，撰写文章并最后定稿；马雕龙、郭成旺负责实验设计，数据分析；张铭泽、马于祺协助设计论文框架，查阅相关文献；狐鸣、杨婧、马云涛负责论文修改。

参考文献

[1] 李吉喆, 赵之明, 刘荣. 机器人手术在胆道疾病中的应用现状和展望 [J]. 临床外科杂志, 2020, 28(8): 701-703.

[2] 杨婧, 张泽平, 杨国渊, 等. 国产机器人手术系统用于普通外科手术治疗的探索性研究 [J]. 中华普通外科杂志, 2024, 39(9): 698-702.

[3] 郑民华, 马君俊, 赵轩, 等. 穿越微创发展迷雾引领微创技术方向 [J]. 中华消化外科杂志, 2025, 24(1): 48-51.

[4] 詹渭鹏, 狐鸣, 田宏伟, 等. 达芬奇机器人“3+2”模式在胰体尾切除术中的应用 [J]. 中国普通外科杂志, 2019, 28(9): 1061-1067.

[5] 狐鸣, 韩彩文, 郭天康, 等. 达芬奇机器人“3+2”模式在胃癌根治术中的安全性和有效性研究 [J]. 中华普通外科杂志, 2019, 34(10): 855-858.

[6] 韩彩文, 姚亮, 闫沛静, 等. 机器人辅助与传统腹腔镜胆囊切除术治疗良性胆囊疾病疗效比较的 Meta 分析 [J]. 中国普通外科杂志, 2018, 27(8): 955-967.

[7] Karim M R, Kong A E, Mohammad N, et al. Comparative analysis of learning curves in robotic versus laparoscopic cholecystectomy: a systematic review[J]. Cureus, 2024, 16(8): e67468.

[8] 郑民华, 赵轩, 马君俊. 微创外科技术及器械的创新发展新方向 [J]. 中华消化外科杂志, 2023, 22(1): 57-60.

[9] 王国慧, 易波, 刘勇, 等. 国产手术机器人临床 I 期研究 (附 103 例报告) [J]. 中国实用外科杂志. 2019, 39(8): 840-843.

[10] 廖仲恺, 罗德凡, 彭东阁, 等. 国产手术机器人辅助下 McKeown 食管癌切除术: 海南省首例报道 (附手术视频) [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5(4): 751-756.

[11] 郑文瑾, 叶明侠, 李立安, 等. 国产手术机器人辅助腹腔镜下宫颈癌根治术: 国内首例报道 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5(2): 244-248.

[12] 黄显斌, 狐鸣, 蔡辉, 等. 程序化达芬奇机器人“3+2”模式“七步法”远端胃癌根治术 [J]. 中国肿瘤临床, 2022, 49(3): 124-128.

[13] 狐鸣, 马雕龙, 张文涛, 等. 机器人“3+2”模式胃肠手术 Trocar 布置方法的总结与实践 [J]. 中华普通外科杂志, 2023, 38(8): 589-594.

[14] 杨婧, 李祖曦, 狐鸣, 等. 国产图迈[®]内窥镜手术系统辅助下胃癌根治术 9 例的临床分析 [J]. 中华普通外科杂志, 2022, 37(11): 850-851.

[15] 贾晓腾, 程根, 李鑫, 等. 国产精锋多孔手术机器人辅助胸腔镜下肺叶切除术的安全性及可行性分析 [J/OL]. 机器人外科学杂志 (中英文), 1-7[2025-03-27]. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=5nxW69XXs-65ipcE0-auunRH36g7KxYEFB7ocFr37Lx86k-vc1sDI3uUNfBuieRITkedAfVjyNKmoZIL7qvwIHKdOJzUSvUDFt4JVpG7z4fV6Y5zII FKxWsaZgTZd8Pse2LHZWBEbcDwJM5LFc_ekHIDTMyWPrco900ZsF4-cy-9uY1OrBa47g=&uniplatform=NZKPT&language=CHS.

(下转 546 页)