



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.250446

http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.250446

China Journal of General Surgery, 2025, 34(8):1648-1661.

· 专题研究 ·

基于倾向性评分匹配的机器人辅助腹腔镜与腹腔镜胆道恶性肿瘤根治术短期结局比较

阮清扬^{1, 2}, 周学吟^{1, 2}, 雷田^{1, 2}, 田一童^{1, 2}, 沈瑞婧^{1, 2}, 陈鸣宇^{1, 2}

(1. 浙江大学医学院附属邵逸夫医院 普通外科, 浙江 杭州 310016; 2. 浙江大学医学院, 浙江 杭州 310030)

摘要

背景与目的: 胆道恶性肿瘤预后极差, 根治性切除是目前唯一可能治愈的手段。相较传统开腹手术, 腹腔镜已被证实安全性和有效性方面具有优势, 但在复杂操作中仍受限。机器人辅助腹腔镜因其高清三维视野与灵活操作系统, 被认为可弥补腹腔镜技术不足。然而, 目前缺乏平衡基线差异后机器人辅助腹腔镜与普通腹腔镜在胆道恶性肿瘤治疗中的安全性对比研究。本研究旨在通过倾向性评分匹配(PSM), 比较两种术式的短期安全性差异。

方法: 回顾性纳入中国胆道肿瘤协作组数据库中151例接受根治性切除的患者, 其中腹腔镜组128例, 机器人辅助腹腔镜组23例。为平衡基线差异, 首先进行1:1倾向性评分匹配(PSM), 成功匹配腹腔镜19例与机器人19例; 随后以机器人组为基准, 再行1:2 PSM, 最终获得腹腔镜36例与机器人18例。比较两组主要结局(中转开腹率、转ICU率、术后并发症)及次要结局(手术时间、术中出血量、输血量、术后住院时间、再手术率、再入院率、住院费用等), 并采用多因素回归分析探讨中转开腹与术后住院时间的影响因素。

结果: PSM后两组基线特征平衡。主要结局方面, 腹腔镜组中转开腹率明显高于机器人组(41.7% vs. 0, $P=0.001$), 而两组转ICU率、术后并发症总发生率及不同Clavien-Dindo分级并发症发生率差异无统计学意义(均 $P>0.05$)。次要结局方面, 腹腔镜组术后住院时间明显长于机器人组(18.5 d vs. 8.0 d, $P=0.005$); 手术时间、术中出血量、输血量、再手术率、再入院率及住院费用等差异无统计学意义(均 $P>0.05$)。中转开腹率的Logistic回归分析中虽未发现有统计学意义的影响因素, 但中分化肿瘤、术前CA19-9升高、收获淋巴结增多均显示风险升高趋势。多因素线性回归显示, 机器人辅助手术是缩短术后住院时间的独立因素($P=0.024$), 术前总胆红素($P=0.020$)、手术时间($P=0.000$)、术后并发症($P=0.006$)及二次手术($P=0.005$)则与住院时间延长相关。

结论: 机器人辅助腹腔镜胆道肿瘤根治术在短期安全性方面不劣于普通腹腔镜, 且可降低中转开腹率、缩短住院时间。其在复杂解剖或高难度病例中可能具有更大优势, 为临床提供了一种可行的微创选择, 但其推广仍需综合考虑经济成本及医疗资源。

关键词

胆道肿瘤; 腹腔镜; 机器人手术; 治疗结果; 倾向性评分

中图分类号: R735.8

收稿日期: 2025-08-08; 修订日期: 2025-08-22。

作者简介: 阮清扬, 浙江大学医学院附属邵逸夫医院住院医师, 主要从事肝胆胰外科方面的研究。

通信作者: 陈鸣宇, Email: mychen@zju.edu.cn

Propensity score-matched comparison of short-term outcomes between robotic-assisted and laparoscopic radical resection for biliary tract cancers

RUAN Qingyang^{1,2}, ZHOU Xueyin^{1,2}, LEI Tian^{1,2}, TIAN Yitong^{1,2}, SHEN Ruijing^{1,2}, CHEN Mingyu^{1,2}

(1. Department of General Surgery, Sir Run-Run Shaw Hospital, Zhejiang University, Hangzhou 310016, China; 2. Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310030, China)

Abstract

Background and Aims: Biliary tract cancers (BTCs) are highly aggressive malignancies with dismal prognosis, for which radical resection remains the only potentially curative treatment. Laparoscopic surgery has demonstrated superiority over open surgery in perioperative safety and recovery, yet it is technically limited in complex operations. Robot-assisted laparoscopy, with its high-definition three-dimensional vision and enhanced instrument dexterity, may overcome these limitations. However, comparative evidence balancing baseline differences between laparoscopic and robot-assisted laparoscopic radical resections for BTCs is still lacking. This study aimed to evaluate and compare their short-term safety using propensity score matching (PSM).

Methods: A total of 151 patients with biliary tract cancers who underwent radical resection were retrospectively enrolled from the Chinese Biliary Tract Tumor Collaborative Group database, including 128 in the laparoscopic group and 23 in the robotic-assisted laparoscopic group. To balance baseline differences, an initial 1:1 PSM was performed, yielding 19 laparoscopic and 19 robotic cases. Subsequently, using the robotic group as the reference, a 1:2 PSM was conducted, resulting in 36 laparoscopic and 18 robotic cases. Primary outcomes (conversion to open surgery, ICU admission, and postoperative complications) and secondary outcomes (operative time, intraoperative blood loss, transfusion, postoperative hospital stay, reoperation, readmission, and hospitalization costs) were compared between the two groups. Multivariate regression analyses were performed to explore factors associated with conversion to open surgery and postoperative hospital stay.

Results: After matching, baseline characteristics were well balanced between groups. For primary outcomes, the conversion rate to open surgery was significantly higher in the laparoscopic group than in the robotic group (41.7% vs. 0, $P=0.001$), while ICU admission, overall postoperative complications, and Clavien-Dindo graded complications showed no significant differences (all $P>0.05$). For secondary outcomes, the postoperative hospital stay was significantly more extended in the laparoscopic group compared with the robotic group (18.5 d vs. 8.0 d, $P=0.005$), whereas operative time, intraoperative blood loss, transfusion, reoperation, readmission, and hospitalization costs were comparable (all $P>0.05$). Logistic regression for conversion did not identify statistically significant predictors, but moderately differentiated tumors, elevated preoperative CA19-9, and higher harvested lymph node counts showed trends toward increased risk. Multivariate linear regression revealed that robotic-assisted surgery was an independent factor for reduced postoperative hospital stay ($P=0.024$), while preoperative total bilirubin ($P=0.020$), longer operative time ($P=0.000$), postoperative complications ($P=0.006$), and reoperation ($P=0.005$) were found to be associated with a prolonged hospital stay.

Conclusion: Robot-assisted laparoscopic radical resection for BTCs is not inferior to conventional laparoscopy in short-term safety and may further reduce conversion rates and hospital stay. Its technical advantages may be particularly valuable in anatomically complex or challenging cases. Nonetheless,

cost-effectiveness and resource allocation should be considered for wider adoption.

Key words

Biliary Tract Neoplasms; Laparoscopes; Robotic Surgical Procedures; Treatment Outcome; Propensity Score

CLC number: R735.8

胆道系统恶性肿瘤恶性程度高、预后差^[1-2],患者5年生存率仅不到10%^[3],术后中位生存时间为18~30个月^[4]。胆道恶性肿瘤的流行病学在全球不同地区有所差别^[5-6],总体呈现为高收入国家发病率较低、低收入国家发病率较高^[7-10]。目前根治性切除手术是患者唯一可能的治愈方法^[11-12],常用的术式包括开腹手术、普通腹腔镜手术及机器人辅助腹腔镜手术。

相较于传统开腹手术,腹腔镜微创手术具有手术时间短、出血量少、输血量少、术后肛门排气时间早、并发症发生率低、术后住院时间短、生存期延长等优势^[13-16]。但同时,腹腔镜手术存在的技术缺陷使其在胆道恶性肿瘤治疗中的普遍应用受到阻碍^[17-18]。而机器人辅助腹腔镜手术所提供的技术优势,可以使腹腔镜在胆道肿瘤治疗中的局限性得到解决^[18-19]。目前,已有研究报道机器人辅助腹腔镜系统应用于其他肿瘤治疗的安全性分析^[20-23]。但是其在胆道恶性肿瘤治疗中的安全性仍缺乏循证医学证据。目前已有部分研究就机器人辅助胆道肿瘤根治性切除手术的安全性进行了统计分析 & 数据汇报^[24-25],或者比较了传统开腹手术与机器人辅助手术的安全性指标^[26-27],却少有文献在平衡患者基本临床特征的基础上报道机器人辅助腹腔镜手术与腹腔镜微创手术在胆道系统恶性肿瘤切除手术应用方面的安全性比较。

本研究采用倾向性评分匹配(propensity score matching, PSM)回顾性分析胆道恶性肿瘤行普通腹腔镜手术或机器人辅助腹腔镜手术的围术期安全性及术后短期安全性,旨在客观评估机器人技术应用于胆道恶性肿瘤根治术的安全性获益与潜在风险,为临床术式选择提供循证医学依据。

1 资料与方法

1.1 研究设计

本回顾性PSM队列研究评估接受腹腔镜或机器人辅助腹腔镜胆道肿瘤根治性切除术的两组患者的围手术期安全性、术后短期安全性指标。本

研究根据加强观察性流行病学研究报告(STROBE)指南开展^[28]。本研究获得浙江大学医学院附属邵逸夫医院伦理委员会批准(批件号:邵逸夫医院伦审2025研第1188号)。

1.2 纳入患者

从中国胆道肿瘤协作组数据库中筛选出符合研究纳入标准的胆道恶性肿瘤患者。患者纳入标准如下:年龄 ≥ 18 岁;伴有明显临床症状,如腹痛、腹胀、黄疸等;术前经影像学检查及术后病理确诊为胆道系统恶性肿瘤;符合胆道系统恶性肿瘤手术治疗适应证;重要器官功能良好,能耐受全身麻醉手术。排除标准如下:合并严重心、肺、肾等器官功能障碍,2个月内接受过其他大型手术,其他原因导致无法行手术切除,妊娠期或哺乳期妇女。

1.3 手术方法

所有病例均由经验丰富的副高及以上职称普通外科医生主刀完成手术。腹腔镜组手术方法如下。平卧位,气管插管,全身麻醉,常规消毒铺巾。取脐周切口,以气腹针穿刺入腹腔,充入CO₂气体成15 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)气腹。拔出气腹针,以套管针穿刺腹腔,拔出内芯,插入腹腔镜。腹腔镜明视下再作套管针穿刺,置入各种操作器械。术中视情况对血管、胃、小肠、大肠、胰腺、胆管、胆囊、肝脏等组织和器官行钳夹、游离、离断、清扫、吻合等操作。将切除组织置于标本袋内,并从脐部切口取出,用关腹线关闭脐部切口。再次建立气腹,吸除腹腔积液、检查术野无活动性出血,于创面放置腹腔引流管或止血材料等,清点器械无误后关腹。

机器人组手术方法如下。平卧位,气管插管,全身麻醉,常规消毒铺巾。取脐周切口,以气腹针穿刺入腹腔,充入CO₂气体成15 mmHg气腹。拔出气腹针,以套管针穿刺腹腔,拔出内芯,插入腹腔镜。腹腔镜明视下再作套管针穿刺,用于1~3号机械臂和助手辅助操作。将达芬奇机器人从患者头侧推入,将腹腔镜Troc ar固定于机器人内镜臂,机械臂Troc ar固定于1~3号臂上,置入各种操作器

械。主刀医生操作机械臂,术中视情况对血管、胃、小肠、大肠、胰腺、胆管、胆囊、肝脏等组织和器官行钳夹、游离、离断、清扫、吻合等操作。将切除组织置于标本袋内,并从脐部切口取出,用关腹线关闭脐部切口。再次建立气腹,吸除腹腔积液、检查术野无活动性出血,于创面放置腹腔引流管或止血材料等,清点器械无误后关腹。

1.4 观察指标

一般资料:性别、年龄、体质量指数(body mass index, BMI)、有无合并症、是否行新辅助治疗、系统治疗情况、美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists, ASA)分级、术前糖类抗原19-9(carbohydrate antigen 19-9, CA19-9)、术前糖类抗原125(carbohydrate antigen 125, CA125)、术前癌胚抗原(carcinoembryonic antigen, CEA)、术前总胆红素(total bilirubin, TBIL)、肿瘤位置、手术方式、是否达到R₀切除、肿瘤最大径、肿瘤组织学类型、肿瘤分化等级、是否合并高危复发因素、是否行淋巴结清扫、收获淋巴结数量、阳性淋巴结数量。主要指标:是否中转开腹、是否转重症监护病房(ICU)。次要指标:手术时间、术中出血量、术中输红细胞量、术中输血浆量、术后住院时间、是否行二次手术、是否二次入院、住院费用、是否发生院内死亡、出院30 d内是否发生死亡。术后并发症:包括术后出血、术后发热、术后感染、切口并发症、循环系统并发症、呼吸系统并发症、泌尿系统并发症、神经系统并发症、消化系统并发症、内分泌系统并发症、其他。根据Clavien-Dindo并发症分级标准^[29],对所有患者手术并发症的严重程度进行评估,Clavien-Dindo并发症分级分为I、II、III、IV、V级,其中III级及以上者为严重并发症。患者如发生多种(≥2种)或多级(≥2种级别)并发症,则按Clavien-Dindo并发症分级的最高级别进行统计。

1.5 统计学处理

小样本连续变量判断正态分布使用Shapiro-Wilk检验,大样本连续变量判断正态分布使用Kolmogorov-Smirnov检验。连续变量中正态分布数据以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,非正态分布数据以

中位数(四分位间距)[$M(IQR)$]表示,分类变量以例数(百分比)[$n(\%)$]表示。根据手术方法将患者分为两组,两组基线特征中分类变量的比较采用 χ^2 检验,正态分布的连续变量的比较采用独立样本 t 检验,非正态分布的连续变量的比较采用Wilcoxon秩和检验。为平衡基线差异,采用PSM对两组患者进行1:2最近邻匹配法匹配,匹配变量为性别、年龄、术前CA19-9、肿瘤位置、手术方式、分化等级、合并高危复发因素,设置卡钳值为0.2。选取单因素分析中 $P<0.05$ 的观察指标作为因变量,纳入单因素分析中 $P<0.05$ 的变量以及临床认为有意义的变量,分别建立多因素Logistic回归分析或多因素线性回归分析。统计分析使用SPSS(27.0版)与R语言(R软件版本4.4.2)完成, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 纳入患者的基本情况

选取中国胆道肿瘤协作组数据库中胆道恶性肿瘤患者共853例,排除657例未行手术患者、45例行开腹手术患者及符合其他排除标准的患者,最终纳入151例患者进行分析,其中接受腹腔镜手术的患者共128例,接受机器人辅助腹腔镜手术的患者共23例(图1)。进行PSM前,两组的肿瘤位置、手术方式分布存在明显差异(均 $P<0.001$)。患者基线特征经1:1 PSM后,共38例匹配成功,其中腹腔镜组19例,机器人组19例。以机器人组为基准按1:2完成PSM后,共54例匹配成功,其中腹腔镜组36例,机器人组18例。经过1:1和1:2 PSM后组间基线特征均达到平衡(均 $P>0.05$)(表1)。

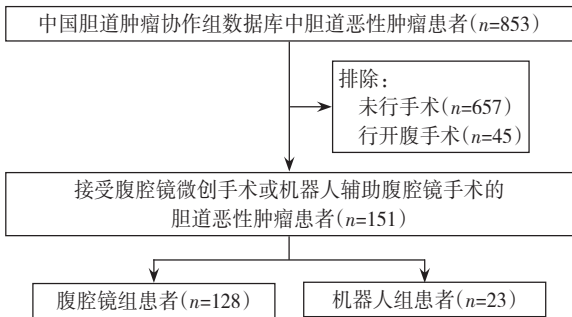


图1 病例筛选流程
Figure 1 Flowchart of patient screening

表 1 基本资料比较
Table 1 Comparison of baseline characteristics

指标	PSM 前		P	1:2 PSM 后		P
	腹腔镜组(n=128)	机器人组(n=23)		腹腔镜组(n=36)	机器人组(n=18)	
性别[n(%)]						
男	65(50.8)	13(56.5)	0.612	16(44.4)	11(61.1)	0.248
女	63(49.2)	10(43.5)		20(55.6)	7(38.9)	
年龄(岁)	66.59±9.75	63.57±8.49	0.165	68.19±7.48	63.78±8.61	0.057
BMI [kg/m², <i>M(IQR)</i>]/ $\bar{x} \pm s$]	22.50(21.00~24.00)	21.500(20.10~26.50)	0.625	22.70±2.77	22.98±4.14	0.797
合并症[n(%)]						
是	61(47.7)	16(69.6)	0.053	21(58.3)	13(72.2)	0.319
否	67(52.3)	7(30.4)		15(41.7)	5(27.8)	
新辅助治疗[n(%)]						
是	5(3.9)	3(13.0)	0.195	2(5.6)	2(11.1)	0.854
否	123(96.1)	20(87.0)		34(94.4)	16(88.9)	
系统治疗[n(%)]						
术前	4(3.1)	2(8.7)	0.142	1(2.8)	1(5.6)	0.566
术后	65(50.8)	14(60.9)		19(52.8)	11(61.1)	
术前+术后	2(1.6)	1(4.3)		1(2.8)	1(5.6)	
未行	57(44.5)	6(26.1)		15(41.7)	5(27.8)	
ASA 分级[n(%)]						
1~2	111(86.7)	18(78.3)	0.461	32(88.9)	14(77.8)	0.498
3~6	17(13.3)	5(21.7)		4(11.1)	4(22.2)	
术前 CA19-9 [U/mL, <i>M(IQR)</i>]	54.530(16.788~220.025)	45.370(11.670~1 000.000)	0.698	97.695(25.528~307.108)	63.000(13.725~1 134.500)	0.388
术前 CA125 [U/mL, <i>M(IQR)</i>]	14.850(10.055~24.935)	16.400(9.920~24.880)	0.874	14.850(9.555~32.465)	15.305(9.640~24.985)	0.920
术前 CEA [ng/mL, <i>M(IQR)</i>]	3.750(2.535~5.285)	3.210(2.050~8.560)	0.543	3.980(2.168~7.555)	2.775(1.838~4.948)	0.271
术前 TBIL [μmol/L, <i>M(IQR)</i>]	18.350(11.050~37.800)	19.700(13.400~27.200)	0.895	18.700(9.825~56.700)	20.450(12.575~30.900)	0.934
肿瘤位置[n(%)]						
胆囊癌	56(43.8)	1(4.3)	<0.001	3(8.3)	1(5.6)	0.920
肝内胆管癌	31(24.2)	15(65.2)		21(58.3)	11(61.1)	
肝门部胆管癌	28(21.9)	3(13.0)		2(5.6)	2(11.1)	
远端胆管癌	13(10.2)	4(17.4)		10(27.8)	4(22.2)	
手术方式[n(%)]						
根治性胆囊切除术	56(43.8)	1(4.3)	<0.001	3(8.3)	1(5.6)	0.920
解剖性肝切除术	31(24.2)	15(65.2)		21(58.3)	11(61.1)	
根治性胆管切除+肝叶切除	28(21.9)	3(13.0)		2(5.6)	2(11.1)	
胰十二指肠切除术	13(10.2)	4(17.4)		10(27.8)	4(22.2)	
R ₀ 切除[n(%)]						
是	128(100.0)	23(100.0)	1.000	36(100.0)	18(100.0)	1.000
否	0(0.0)	0(0.0)		0(0.0)	0(0.0)	
肿瘤最大径(cm)	3.000(2.500~4.000)	3.300(2.100~5.500)	0.591	3.300(2.000~3.950)	3.500(2.075~5.900)	0.377
组织学类型[n(%)]						
腺癌	121(94.5)	21(91.3)	0.902	34(100.0)	17(94.4)	0.333
其他	7(5.5)	2(8.7)		0(0.0)	1(5.6)	
分化等级[n(%)]						
低分化	70(54.7)	15(65.2)	0.611	13(36.1)	10(55.6)	0.273
中分化	25(19.5)	3(13.0)		13(36.1)	3(16.7)	
高分化	33(25.8)	5(21.7)		10(27.8)	5(27.8)	

注:合并症包括病毒性肝炎、肝硬化、高血压、糖尿病、慢性支气管炎、肺气肿、冠状动脉粥样硬化性心脏病;高危复发因素包括神经侵犯、血管侵犯、淋巴结侵犯、脉管癌栓

Note: Comorbidities include viral hepatitis, liver cirrhosis, hypertension, diabetes, chronic bronchitis, emphysema, and coronary atherosclerotic heart disease. High-risk recurrence factors include perineural invasion, vascular invasion, lymph node involvement, and tumor thrombus in vessels

表 1 基本资料比较 (续)

Table 1 Comparison of baseline characteristics (continued)

指标	PSM 前		P	1:2 PSM 后		P
	腹腔镜组(n=128)	机器人组(n=23)		腹腔镜组(n=36)	机器人组(n=18)	
合并高危复发因素[n(%)]						
是	84(65.6)	15(65.2)	0.970	23(63.9)	12(66.7)	0.840
否	44(34.4)	8(34.8)		13(36.1)	6(33.3)	
淋巴结清扫[n(%)]						
是	106(82.8)	21(91.3)	0.474	30(83.3)	17(94.4)	0.474
否	22(17.2)	2(8.7)		6(16.7)	1(5.6)	
收获淋巴结[枚,M(IQR)]	7.00(2.25~11.00)	7.50(3.00~12.00)	0.625	6.00(3.00~13.50)	7.75(4.00~11.50)	0.538
阳性淋巴结[枚,M(IQR)]	0.00(0.00~1.00)	0.00(0.00~1.00)	0.587	0.00(0.00~1.00)	0.00(0.00~1.25)	0.736

注:合并症包括病毒性肝炎、肝硬化、高血压、糖尿病、慢性支气管炎、肺气肿、冠状动脉粥样硬化性心脏病;高危复发因素包括神经侵犯、血管侵犯、淋巴结侵犯、脉管癌栓

Note: Comorbidities include viral hepatitis, liver cirrhosis, hypertension, diabetes, chronic bronchitis, emphysema, and coronary atherosclerotic heart disease. High-risk recurrence factors include perineural invasion, vascular invasion, lymph node involvement, and tumor thrombus in vessels

2.2 主要指标分析

1:2 PSM 后,腹腔镜组中转开腹率明显高于机器人组 (P=0.001)。两组间转 ICU 率、总术后并发症发生率、Clavien-Dindo 并发症分级 I~II 级术后并

发症发生率、Clavien-Dindo 并发症分级 III~V 级术后并发症发生率差异无统计学意义 (均 P>0.05) (表 2)。

表 2 主要指标比较[n (%)]

Table 2 Comparison of primary outcomes [n (%)]

指标	1:2 PSM 后		P
	腹腔镜组(n=36)	机器人组(n=18)	
中转开腹			
是	15(41.7)	0(0.0)	0.001
否	21(58.3)	18(100.0)	
转ICU			
是	7(19.4)	2(11.1)	0.699
否	29(80.6)	16(88.9)	
术后并发症			
是	26(72.2)	11(61.1)	0.407
否	10(27.8)	7(38.9)	
Clavien-Dindo 并发症分级			
I~II	7(19.4)	5(27.8)	0.728
III~V	19(52.8)	6(33.3)	0.177

2.3 次要指标分析

1:2 PSM 后,腹腔镜组术后住院时间显著长于机器人组 (P=0.005)。两组间手术时间、术中出血量、术中输红细胞量、术中输血浆量、二次手术率、二次入院率、住院费用、各术后并发症发生率差异无统计学意义 (均 P>0.05) (表 3)。

表 3 次要指标比较

Table 3 Comparison of secondary outcomes

指标	1:2 PSM 后		P
	腹腔镜组(n=36)	机器人组(n=18)	
手术时间(min, $\bar{x} \pm s$)	345.83±138.68	299.56±114.39	0.227
术中出血量[mL, $M(IQR)$]	200.00(100.00~400.00)	200.00(100.00~425.00)	0.728
术中输红细胞量[U, $M(IQR)$]	0.000(0.000~1.500)	0.000(0.000~0.000)	0.179
术中输血浆量[mL, $M(IQR)$]	0.00(0.00~467.50)	0.00(0.00~92.50)	0.162
术后住院时间[d, $M(IQR)$]	18.50(11.00~33.00)	8.00(5.75~18.25)	0.005
二次手术[n(%)]			
是	3(8.3)	3(16.7)	0.646
否	33(91.7)	15(83.3)	
二次入院[n(%)]			
是	7(19.4)	2(11.1)	0.699
否	29(80.6)	16(88.9)	
住院费用[元, $M(IQR)$]	89 033.710(62 837.650~241 665.038)	124 136.130(89 328.668~175 536.773)	0.075
并发症[n(%)]			
术后出血	2(5.6)	2(11.1)	0.854
术后发热	10(27.8)	1(5.6)	0.120
腹腔脓肿和腹膜炎	3(8.3)	0(0.0)	0.529
伤口裂开	1(2.8)	0(0.0)	1.000
循环系统并发症	5(13.9)	4(22.2)	0.699
呼吸系统并发症	3(8.3)	1(5.6)	1.000
泌尿系统并发症	4(11.1)	2(11.1)	1.000
神经系统并发症	2(5.6)	1(5.6)	1.000
消化系统并发症	19(52.8)	5(27.8)	0.081
内分泌系统并发症	1(2.8)	0(0.0)	1.000
其他	11(30.6)	9(50.0)	0.163

注:循环系统并发症包括低血压、心律失常等,呼吸系统并发症包括肺不张、肺栓塞、肺炎等;泌尿系统并发症包括水肿、尿潴留、肾功能不全等;神经系统并发症包括谵妄、震颤、癫痫等;消化系统并发症包括胃肠功能障碍、胆瘘、肠瘘、肝缺血梗死、肝功能异常等;内分泌系统并发症包括甲状腺结节等;其他包括积气、积液、电解质代谢紊乱、多器官功能障碍综合征、休克、脓毒血症、偏瘫、血栓等

Note: Cardiovascular complications include hypotension and arrhythmias; respiratory complications include atelectasis, pulmonary embolism, and pneumonia; urinary complications include edema, urinary retention, and renal insufficiency; neurological complications include delirium, tremor, and epilepsy; gastrointestinal complications include gastrointestinal dysfunction, biliary fistula, intestinal fistula, hepatic ischemic infarction, and liver dysfunction; endocrine complications include thyroid nodules; others include pneumatosis, effusion, electrolyte imbalance, multiple organ failure, shock, septicemia, hemiplegia, and thrombosis

2.4 二元多因素 Logistic 回归分析

为进一步探究影响患者中转开腹的因素,建立二元多因素 Logistic 回归模型。二元多因素 Logistic 回归结果显示,所有纳入变量在整体模型中未显示出统计学意义(均 $P>0.05$)。其中,中分

化肿瘤($OR=24.102$, $P=0.059$)显示出中转开腹风险升高的趋势。另外,术前 CA19-9 升高($OR=1.001$, $P=0.081$)、收获淋巴结增多($OR=1.215$, $P=0.072$)亦显示出中转开腹风险略有增加的趋势(表 4)。

表 4 中转开腹率二元多因素 Logistic 回归

Table 4 Binary multivariate logistic regression for conversion rate to open surgery

指标	<i>B</i>	<i>S.E.</i>	χ^2	<i>P</i>	<i>OR</i> (95% <i>CI</i>)
常量	-14.857	8.835	2.828	0.093	0.000(0.000~8.346)
性别					
女	—	—	—	—	—
男	0.243	1.450	0.028	0.867	1.275(0.066~25.222)
年龄	0.128	0.083	2.404	0.121	1.137(0.972~1.361)
BMI	0.278	0.237	1.375	0.241	1.321(0.873~2.336)
合并症					
否	—	—	—	—	—
是	-2.044	1.768	1.337	0.248	0.130(0.002~2.858)
术前 CA19-9	0.001	0.001	3.053	0.081	1.001(1.000~1.003)
术前 CA125	-0.005	0.027	0.034	0.853	0.995(0.922~1.039)
术前 CEA	-0.071	0.080	0.778	0.378	0.932(0.714~1.063)
术前 TBIL	0.016	0.020	0.662	0.416	1.016(0.981~1.063)
ASA 分级					
1~2	—	—	—	—	—
3~6	-5.163	3.636	2.016	0.156	0.006(0.000~0.669)
分化等级					
低分化	—	—	—	—	—
中分化	3.182	1.684	3.571	0.059	24.102(1.371~1 600.149)
高分化	-1.274	2.186	0.340	0.560	0.280(0.002~19.923)
合并高危复发因素					
否	—	—	—	—	—
是	-1.264	1.685	0.564	0.453	0.282(0.008~7.088)
淋巴结清扫					
否	—	—	—	—	—
是	-2.150	1.851	1.349	0.245	0.117(0.002~4.003)
收获淋巴结	0.195	0.108	3.233	0.072	1.215(1.008~1.598)
阳性淋巴结	-1.800	1.332	1.828	0.176	0.165(0.007~1.224)
肿瘤位置					
胆囊癌	—	—	—	—	—
肝内胆管癌	-0.828	2.437	0.116	0.734	0.437(0.001~44.670)
肝门部胆管癌	4.009	3.069	1.707	0.191	55.083(0.203~69 642.493)
远端胆管癌	0.336	2.810	0.014	0.905	1.399(0.004~630.912)
肿瘤最大径	0.074	0.474	0.024	0.876	1.077(0.369~2.666)

2.5 多因素线性回归分析

为进一步探究影响患者术后住院时间的因素，建立多因素线性回归模型并进行逐步回归分析。多因素线性回归结果显示，手术时间（ $B=0.079$ ， $P=0.007$ ）是术后住院时间的独立影响因素，手术时间延长与术后住院时间延长明显相关。其余变量在整体模型中未显示出统计学意义（均 $P>0.05$ ）（表 5）。为进一步优化模型并识别关键预测变量，

采用逐步回归分析进行变量筛选。最终模型纳入组别、术前 CEA、术前 TBIL、合并高危复发因素、阳性淋巴结、手术时间、术中出血量、术后并发症及二次手术共 9 个变量。逐步回归结果提示，组别（ $B=-8.759$ ， $P=0.024$ ）、术前 TBIL（ $B=-0.107$ ， $P=0.020$ ）、手术时间（ $B=0.078$ ， $P=0.000$ ）、术后并发症（ $B=11.119$ ， $P=0.006$ ）及二次手术（ $B=18.888$ ， $P=0.005$ ）对术后住院时间具有明显影响（表 6）。

表 5 术后住院时间多因素线性回归分析

Table 5 Multivariate linear regression for postoperative hospital stay

指标	未标准化 系数B	S.E.	标准化 系数β	t	P
常量	-25.835	42.843	—	-0.603	0.552
组别					
腹腔镜组	—	—	—	—	—
机器人组	-5.584	6.713	—	-0.832	0.414
性别					
女	—	—	—	—	—
男	-1.209	5.910	—	-0.205	0.840
年龄	0.121	0.421	0.055	0.288	0.776
BMI	0.163	0.957	0.030	0.170	0.866
合并症					
否	—	—	—	—	—
是	-3.347	8.166	—	-0.410	0.686
术前CA19-9	0.000	0.003	-0.032	-0.149	0.882
术前CA125	0.055	0.089	0.096	0.616	0.544
术前CEA	0.314	0.316	0.155	0.993	0.331
术前TBIL	-0.120	0.093	-0.289	-1.287	0.211
ASA 分级					
1~2	—	—	—	—	—
3~6	-3.285	10.472	—	-0.314	0.757
分化等级					
低分化	—	—	—	—	—
中分化	1.662	7.042	—	0.236	0.815
高分化	3.918	7.464	—	0.525	0.605
组织学类型					
腺癌	—	—	—	—	—
其他	-6.594	24.169	—	-0.273	0.787
合并高危复发因素					
否	—	—	—	—	—
是	8.375	7.313	—	1.145	0.264
淋巴结清扫					
否	—	—	—	—	—
是	4.324	9.488	—	0.456	0.653
收获淋巴结	0.057	0.528	0.022	0.109	0.914
阳性淋巴结	-2.878	3.019	-0.184	-0.953	0.350
肿瘤位置					
胆囊癌	—	—	—	—	—
肝内胆管癌	1.045	11.576	—	0.090	0.929
肝门部胆管癌	8.826	16.531	—	0.534	0.599
远端胆管癌	4.633	14.168	—	0.327	0.747
肿瘤最大径	-0.390	1.617	-0.045	-0.241	0.811
新辅助治疗					
否	—	—	—	—	—
是	-5.337	10.568	—	-0.505	0.618
手术时间	0.079	0.026	0.590	2.989	0.007
术中出血量	-0.024	0.017	-0.409	-1.362	0.186
术中输红细胞量	2.152	2.742	0.224	0.785	0.441

表 5 术后住院时间多因素线性回归分析（续）

Table 5 Multivariate linear regression for postoperative hospital stay (continued)

指标	未标准化 系数B	S.E.	标准化 系数β	t	P
术中输血量	0.006	0.015	0.091	0.404	0.690
术后并发症					
否	—	—	—	—	—
是	13.307	6.604	—	2.015	0.056
转ICU					
否	—	—	—	—	—
是	-4.579	8.772	—	-0.522	0.607
二次手术					
否	—	—	—	—	—
是	15.878	13.317	—	1.192	0.245
中转开腹					
否	—	—	—	—	—
是	-3.930	8.819	—	-0.446	0.660

表 6 术后住院时间逐步回归

Table 6 Stepwise regression analysis for postoperative hospital stay

指标	未标准化 系数B	S.E.	标准化 系数β	t	P
常量	-10.214	6.135	—	-1.665	0.103
组别					
腹腔镜组	—	—	—	—	—
机器人组	-8.759	3.757	—	-2.332	0.024
术前CEA	0.322	0.202	0.159	1.591	0.119
术前TBIL	-0.107	0.044	-0.258	-2.416	0.020
合并高危复发因素					
否	—	—	—	—	—
是	8.284	4.178	—	1.983	0.054
阳性淋巴结	-2.488	1.784	-0.159	-1.395	0.170
手术时间	0.078	0.015	0.580	5.033	0.000
术中出血量	-0.013	0.007	-0.215	-1.900	0.064
术后并发症					
否	—	—	—	—	—
是	11.119	3.824	—	2.907	0.006
二次手术					
否	—	—	—	—	—
是	18.888	6.326	—	2.986	0.005

3 讨论

本研究显示，机器人组相较腹腔镜组具有中转开腹率低、术后住院时间短的特点，其余主要指标及次要指标差异无统计学意义。两组患者均未发生院内死亡或出院后 30 d 内死亡。以上可见

机器人辅助手术具有不劣于腹腔镜微创手术的短期安全性,且具有更快的术后恢复优势。

本研究结果显示的机器人组相比腹腔镜组所具有的更好的短期安全性,与现有文献的结论基本一致^[30-32]。其原因可归结为机器人辅助腹腔镜手术独特的技术优势带来的手术操作质量的整体提升。第一,不同于传统腹腔镜的二维平面视图,机器人系统能够为术者提供高分辨率、放大的三维立体手术视野^[31,33-36]。在胆道肿瘤手术涉及复杂解剖结构时,这种精准的空间感知能力使术者能更清晰地辨识组织层次、血管走行及肿瘤边界,降低了因视野不清、误判解剖关系而导致难以控制的损伤,从而避免紧急中转。第二,机器人器械的EndoWrist技术能为其提供卓越的活动自由度,可模拟人手腕动作,并在狭小空间内灵活操作^[33-36]。在分离紧密粘连的肿瘤组织、精细解剖肝门结构或进行复杂的胆管重建时,这种灵活性和精准度使术者能够完成在传统腹腔镜下极其困难的操作,减少了因技术限制被迫中转的情况。同时,高清晰度三维放大视野结合高度灵活的器械,使术者能更精确地识别胆管、血管、神经及周围组织间的细微界限,实现精准的组织分离,最大程度地减少了不必要的组织损伤、误夹或误切,从而减轻局部炎症反应和术后疼痛,加速术后恢复。第三,机器人辅助手术系统能有效滤除术者手部生理性震颤,并将术者的大幅度手部动作按比例缩小转化为器械末端的精细微小动作^[33,35-36]。这种稳定性及精准控制能力在处理精细脆弱的胆管壁、进行精确的血管骨骼化或缝合胆肠吻合口时至关重要,极大提升了操作的稳定性和可控性,降低了因操作失误导致严重损伤而需中转开腹的风险。第四,有别于普通腹腔镜手术中术者容易因长时间别扭姿势、反向操作导致疲劳,行机器人辅助手术时,术者通常采取坐在控制台操控器械臂实施手术,视野、器械移动方向与手部动作高度一致^[31,34-35]。这有助于保持术者在长时间复杂手术中的专注力、操作精度和稳定性,从而在手术关键阶段持续保持高效和安全,避免因疲劳引发的操作失误导致中转开腹,也间接促进了术后恢复进程的加快。

而多因素线性回归分析的结果为理解机器人辅助手术与患者术后恢复的关系提供了更深入的视角。本研究建立的回归模型提示,组别、术前

TBIL、手术时间、术后并发症及二次手术是影响术后住院时间的独立因素。结果显示,在控制其他变量后,机器人辅助手术与术后住院时间缩短独立相关。这一发现进一步支持了机器人系统在促进患者术后恢复方面的潜在优势,其原因在技术层面可能与上述机器人系统所提供的高精度、低创伤的手术操作特性密切相关^[31,33-36]。手术时间与术后住院时间显著正相关,这与多数已有外科研究一致^[37-39]。长时间手术通常意味着更复杂的手术操作、更广泛的组织剥离及更持续的麻醉与气腹时间,这些因素可能共同导致机体术后康复延缓。因此,控制手术时间、优化手术流程仍是缩短住院时间的重要途径。在本研究结果中,术后并发症是导致住院时间延长的强预测因子之一。术后并发症的发生会触发一系列临床干预,如抗感染治疗、影像学评估、穿刺引流甚至二次手术,这些不仅增加治疗复杂性,也会推迟患者出院时间^[40-42]。因此,减少术后并发症是改善短期结局的关键,而机器人系统在技术层面的优势或有助于降低并发症发生风险。由回归模型可见,二次手术对住院时间的延长效应在数值上最大。二次手术通常因严重并发症如出血、吻合口漏或腹腔感染而实施,其本身也是一种重大创伤,会明显延长康复周期并增加医疗资源消耗^[42-43]。该结果凸显了首次手术成功的重要性,以及机器人系统在提升手术精准度、降低二次手术率方面的潜在价值。然而,术前TBIL水平与术后住院时间呈负相关,即术前胆红素水平较高的患者术后住院时间反而较短。这一结果与常规认知可能存在差异,但可以从临床背景角度加以解释:术前TBIL升高往往提示胆道梗阻,这类患者通常会更早接受干预(如胆道引流),从而在术前已部分缓解黄疸及相关肝功能损害。因此,术前TBIL或可间接反映患者的病情阶段及术前准备情况,而非单纯作为风险因子。

此外,值得进一步探讨的是,机器人手术系统的优势可能在解剖结构更为复杂或操作难度较高的病例中更为突出。例如,肝内胆管癌或高位胆管病变常涉及重要血管的骨骼化、多象限淋巴结清扫以及胆道重建,此类操作对术野显露和器械精度要求极高。已有研究提示,机器人系统在处理此类复杂胆道恶性肿瘤时,其在狭小空间内完成精细操作的能力有助于实现更彻底的肿瘤切

除并降低周边组织损伤风险^[44-45]。因此,机器人辅助技术可能尤其适用于肿瘤位置深在、解剖变异大或需复杂重建的病例,而对较为常规的胆囊癌或远端胆管癌,其优势可能相对有限。

除技术优势外,机器人手术系统的另一重要潜在价值在于其可以有效缩短外科医生的学习曲线,这对于胆道肿瘤等复杂手术的标准化培训和推广具有重要意义。首先,机器人系统提供的高分辨率三维立体视野和直觉式操作大幅降低了腹腔镜手术中常见的二维平面视野和杠杆反操作带来的认知负荷与操作难度,使术者在早期学习阶段即可获得良好的空间感和组织层次辨识能力^[31,33-36]。其次,机器人平台的模拟训练系统允许术者在无风险环境中进行重复技能训练与复杂程序演练,并能提供客观的性能反馈,这有助于系统性地提升操作熟练度,同时避免了直接在患者身上进行早期学习阶段的操作风险^[46]。第三,已有研究显示,相较于腹腔镜手术,机器人辅助技术使术者更易突破技术难度^[47]。在胆道手术中,这种稳定的操作表现意味着更可控的手术损伤,尤其在处理肝门部解剖或进行胆肠重建时。因此,从外科培训和教育的视角看,机器人系统可能为胆道肿瘤根治术的普及和标准化提供一条更具实践性的路径。

但值得注意的是,机器人手术的整体推广仍面临卫生经济学方面的挑战^[48]。研究结果虽未显示出住院费用在两组间的差异有统计学意义,但就数据而言,机器人组较腹腔镜组表现出更高的住院费用趋势。机器人手术系统本身购置成本高昂,专用耗材价格较高,且每次手术均涉及器械维护与系统调试,可能导致整体医疗费用的增加^[49]。因此,在评估其临床应用价值时,除关注短期安全性及术后恢复指标外,也应将成本效益纳入综合考量范畴,理性评估其整体卫生经济学效益,从而为不同医疗资源背景下的临床决策提供依据^[50]。

目前,国内外分析机器人辅助腹腔镜手术安全性的论文中,涉及胆道恶性肿瘤的较少^[20-23],且许多文献仅单纯报道患者术后生存指标而无不同术式间的数据对比^[24-25]。因此,本研究在比较腹腔镜与机器人辅助腹腔镜根治性切除术在胆道肿瘤治疗中的短期安全性时,采用了PSM以减少由于样本选择偏倚带来的影响,弥补了有关领域的不足。

本研究存在一定的局限性。第一,本研究是回顾性而非随机对照试验,尽管通过PSM可以消除基线差异的混杂偏倚,但PSM本身也可能导致队列变形,与临床真实病例的分布特征出现偏差。第二,本研究纳入的样本量较小,样本量不足可能降低统计检验效能,增加Ⅱ类错误的风险,使得一些实际存在的组间差异未能被检出。此外,小样本限制了研究结果的普遍性和外推性,本研究所观察到的安全性指标在更广泛人群、不同医疗中心或不同手术团队中的适用性有待进一步验证。未来需要进一步设计大样本多中心的随机对照试验以完善研究结论。第三,尽管PSM平衡了已知的混杂因素,但仍可能存在未纳入匹配的潜在混杂变量,这些未测量或未匹配的因素仍可能对结局产生影响,从而引入残余混杂。

综上所述,机器人辅助腹腔镜根治性切除术具有可靠的短期安全性,且较腹腔镜微创手术具有中转开腹率低、术后住院时间短等优点。尤其对于肝内胆管癌等解剖结构复杂、操作难度较高的病例,其技术优势可能更为显著。然而,其总体应用仍需综合考虑医院技术条件、手术成本及患者个体情况。经过未来的进一步发展,机器人辅助手术有望更普遍、更安全地应用于胆道肿瘤根治性切除术,并凭借其优越的技术特性展现出更广阔的前景。

作者贡献声明:阮清扬为文章主要撰写人,完成主要临床数据收集和统计、文献资料收集分析及文章初稿的写作;周学吟参与数据分析和文章修改;雷田、田一童、沈瑞婧参与临床数据收集和统计;陈鸣宇指导论文写作和修改。全体作者都阅读并同意最终的文本。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] Bergquist A, von Seth E. Epidemiology of cholangiocarcinoma[J]. Best Pract Res Clin Gastroenterol, 2015, 29(2): 221-232. doi: 10.1016/j.bpg.2015.02.003.
- [2] Roa JC, García P, Kapoor VK, et al. Gallbladder cancer[J]. Nat Rev Dis Primers, 2022, 8:69. doi:10.1038/s41572-022-00398-y.
- [3] Primrose JN, Fox RP, Palmer DH, et al. Capecitabine compared with observation in resected biliary tract cancer (BILCAP): a randomised, controlled, multicentre, phase 3 study[J]. Lancet

- Oncol, 2019, 20(5): 663–673. doi: [10.1016/S1470-2045\(18\)30915-X](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(18)30915-X).
- [4] DeOliveira ML, Cunningham SC, Cameron JL, et al. Cholangiocarcinoma: thirty-one-year experience with 564 patients at a single institution[J]. Ann Surg, 2007, 245(5): 755–762. doi: [10.1097/01.sla.0000251366.62632.d3](https://doi.org/10.1097/01.sla.0000251366.62632.d3).
- [5] Shaib Y, El-Serag H. The epidemiology of cholangiocarcinoma[J]. Semin Liver Dis, 2004, 24(2): 115–125. doi: [10.1055/s-2004-828889](https://doi.org/10.1055/s-2004-828889).
- [6] Sharma A, Sharma KL, Gupta A, et al. Gallbladder cancer epidemiology, pathogenesis and molecular genetics: Recent update[J]. World J Gastroenterol, 2017, 23(22): 3978–3998. doi: [10.3748/wjg.v23.i22.3978](https://doi.org/10.3748/wjg.v23.i22.3978).
- [7] Patel T. Increasing incidence and mortality of primary intrahepatic cholangiocarcinoma in the United States[J]. Hepatology, 2001, 33(6):1353–1357. doi: [10.1053/jhep.2001.25087](https://doi.org/10.1053/jhep.2001.25087).
- [8] Sripa B, Kaewkes S, Sithithaworn P, et al. Liver fluke induces cholangiocarcinoma[J]. PLoS Med, 2007, 4(7):e201. doi: [10.1371/journal.pmed.0040201](https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0040201).
- [9] Valle JW, Kelley RK, Nervi B, et al. Biliary tract cancer[J]. Lancet, 2021, 397(10272):428–444. doi: [10.1016/S0140-6736\(21\)00153-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00153-7).
- [10] Zatonski WA, Lowenfels AB, Boyle P, et al. Epidemiologic aspects of gallbladder cancer: a case-control study of the SEARCH program of the international agency for research on cancer[J]. J Natl Cancer Inst, 1997, 89(15): 1132–1138. doi: [10.1093/jnci/89.15.1132](https://doi.org/10.1093/jnci/89.15.1132).
- [11] Aloia TA, Járufe N, Javle M, et al. Gallbladder cancer: expert consensus statement[J]. HPB (Oxford), 2015, 17(8):681–690. doi: [10.1111/hpb.12444](https://doi.org/10.1111/hpb.12444).
- [12] Weber SM, Ribero D, O'Reilly EM, et al. Intrahepatic cholangiocarcinoma: expert consensus statement[J]. HPB (Oxford), 2015, 17(8):669–680. doi: [10.1111/hpb.12441](https://doi.org/10.1111/hpb.12441).
- [13] 张成, 安琳, 安东均, 等. 完全腹腔镜手术与开放性手术治疗胆囊癌的临床效果比较[J]. 中华普通外科杂志, 2018, 33(8):653–657. doi: [10.3760/cma.j.issn.1007-631X.2018.08.009](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1007-631X.2018.08.009).
- Zhang C, An L, An DJ, et al. Total laparoscopic surgery vs open surgery in the treatment of gallbladder carcinoma[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2018, 33(8):653–657. doi: [10.3760/cma.j.issn.1007-631X.2018.08.009](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1007-631X.2018.08.009).
- [14] 张杰, 蒋斌, 裴斐, 等. 基于倾向性评分匹配的腹腔镜与开腹手术治疗肝胆管癌疗效的初步分析[J]. 中国微创外科杂志, 2024, 24(7):465–472. doi: [10.3969/j.issn.1009-6604.2024.07.001](https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-6604.2024.07.001).
- Zhang J, Jiang B, Pei F, et al. Effectiveness Analysis of Laparoscopic and Open Surgeries in the Treatment of Intrahepatic Cholangiocarcinoma: a Propensity Score Matching Study[J]. Chinese Journal of Minimally Invasive Surgery, 2024, 24(7):465–472. doi: [10.3969/j.issn.1009-6604.2024.07.001](https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-6604.2024.07.001).
- [15] Guerrini GP, Esposito G, Tarantino G, et al. Laparoscopic versus open liver resection for intrahepatic cholangiocarcinoma: the first meta-analysis[J]. Langenbecks Arch Surg, 2020, 405(3): 265–275. doi: [10.1007/s00423-020-01877-0](https://doi.org/10.1007/s00423-020-01877-0).
- [16] Pery R, Gudmundsdottir H, Nagorney DM, et al. Laparoscopic versus open liver resections for intrahepatic cholangiocarcinoma and gallbladder cancer: the Mayo clinic experience[J]. HPB (Oxford), 2023, 25(3):339–346. doi: [10.1016/j.hpb.2022.12.006](https://doi.org/10.1016/j.hpb.2022.12.006).
- [17] 戴朝六, 鞠明光. 腹腔镜胆囊癌手术治疗原则[J]. 中华普外科手术学杂志: 电子版, 2020, 14(3): 224–227. doi: [10.3877/cma.j.issn.1674-3946.2020.03.003](https://doi.org/10.3877/cma.j.issn.1674-3946.2020.03.003).
- Dai CL, Ju MG. Principles of laparoscopic surgery for gallbladder carcinoma[J]. Chinese Journal of Operative Procedures of General Surgery: Electronic Edition, 2020, 14(3):224–227. doi: [10.3877/cma.j.issn.1674-3946.2020.03.003](https://doi.org/10.3877/cma.j.issn.1674-3946.2020.03.003).
- [18] Liu F, Wu ZR, Hu HJ, et al. Current status and future perspectives of minimally invasive surgery in gallbladder carcinoma[J]. ANZ J Surg, 2021, 91(3):264–268. doi: [10.1111/ans.16125](https://doi.org/10.1111/ans.16125).
- [19] 王冠宇, 张修平, 刘荣. 机器人肝胆胰外科的创新与发展[J]. 中国普通外科杂志, 2024, 33(9):1357–1367. doi: [10.7659/j.issn.1005-6947.2024.09.001](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2024.09.001).
- Wang GY, Zhang XP, Liu R. Innovation and development of robotic hepatobiliary and pancreatic surgery[J]. China Journal of General Surgery, 2024, 33(9):1357–1367. doi: [10.7659/j.issn.1005-6947.2024.09.001](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2024.09.001).
- [20] Kent MS, Hartwig MG, Vallières E, et al. Pulmonary open, robotic, and thoracoscopic lobectomy (PORTaL) study: an analysis of 5721 cases[J]. Ann Surg, 2023, 277(3): 528–533. doi: [10.1097/SLA.0000000000005115](https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000005115).
- [21] Kossenas K, Moutzouri O, Georgopoulos F. Evaluating the safety of robotic total gastrectomy with D2 lymphadenectomy for gastric cancer against the conventional laparoscopic approach: a systematic review and meta-analysis[J]. J Robot Surg, 2025, 19(1): 59. doi: [10.1007/s11701-025-02219-2](https://doi.org/10.1007/s11701-025-02219-2).
- [22] Prete FP, 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. doi: [10.1097/SLA.0000000000002523](https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000002523).
- [23] 李志强, 孙吉春, 涂广平, 等. 机器人与腹腔镜下胰腺肿瘤切除术疗效与安全性比较[J]. 中国普通外科杂志, 2024, 33(9):1430–1439. doi: [10.7659/j.issn.1005-6947.2024.09.010](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2024.09.010).
- Li ZQ, Sun JC, Tu GP, et al. Comparison of efficacy and safety between robotic and laparoscopic pancreatic tumor enucleation[J]. China Journal of General Surgery, 2024, 33(9):1430–1439. doi: [10.7659/j.issn.1005-6947.2024.09.010](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2024.09.010).

- [24] 董文杰, 王骥, 杜羽升, 等. 达芬奇手术机器人在 Bismuth-Corlette I、II 型肝门部胆管癌根治术中的应用初探索[J]. 腹腔镜外科杂志, 2023, 28(5): 329–334. doi: 10.13499/j.cnki.fqjwkzz.2023.05.329.
- Dong WJ, Wang J, Du YS, et al. Preliminary exploration of the da Vinci surgical robot for radical surgery of Bismuth-Corlette type I and II hilar cholangio-carcinoma[J]. Journal of Laparoscopic Surgery, 2023, 28(5): 329–334. doi: 10.13499/j.cnki.fqjwkzz.2023.05.329.
- [25] 黄锡泰, 蔡建鹏, 陈流华, 等. 机器人在 Bismuth-Corlette III 及 IV 型肝门部胆管癌切除术中的应用: 中山大学附属第一医院的经验[J]. 肿瘤, 2023, 43(6): 490–495. doi: 10.3781/j.issn.1000-7431.2023.2307-0355.
- Huang XT, Cai JP, Chen LH, et al. Application of robotic-assisted resection for Bismuth-Corlette type III and IV perihilar cholangiocarcinoma: the experience of The First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University[J]. Tumor, 2023, 43(6): 490–495. doi: 10.3781/j.issn.1000-7431.2023.2307-0355.
- [26] Goel M, Khobragade K, Patkar S, et al. Robotic surgery for gallbladder cancer: operative technique and early outcomes[J]. J Surg Oncol, 2019, 119(7): 958–963. doi: 10.1002/jso.25422.
- [27] Tschuor C, Pickens RC, Isenberg EE, et al. Robotic resection of gallbladder cancer: a single-center retrospective comparative study to open resection[J]. Am Surg, 2023, 89(4): 888–896. doi: 10.1177/00031348211047491.
- [28] von Elm E, Altman DG, Egger M, et al. The strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies[J]. Ann Intern Med, 2007, 147(8): 573–577. doi: 10.7326/0003-4819-147-8-200710160-00010.
- [29] Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey[J]. Ann Surg, 2004, 240(2): 205–213. doi: 10.1097/01.sla.0000133083.54934.ac.
- [30] 李立帜, 徐迪, 林扬, 等. 机器人辅助腹腔镜胆总管囊肿切除术的疗效分析[J]. 中华肝胆外科杂志, 2022, 28(12): 898–901. doi: 10.3760/cma.j.cn113884-20220722-00298.
- Li LZ, Xu D, Lin Y, et al. Efficacy of robot-assisted laparoscopic resection for choledochal cysts[J]. Chinese Journal of Hepatobiliary Surgery, 2022, 28(12): 898–901. doi: 10.3760/cma.j.cn113884-20220722-00298.
- [31] Kamarajah SK, Bundred J, Manas D, et al. Robotic versus conventional laparoscopic liver resections: a systematic review and meta-analysis[J]. Scand J Surg, 2021, 110(3): 290–300. doi: 10.1177/1457496920925637.
- [32] Lee EK, Park E, Oh WO, et al. Comparison of the outcomes of robotic cholecystectomy and laparoscopic cholecystectomy[J]. Ann Surg Treat Res, 2017, 93(1): 27–34. doi: 10.4174/ast.2017.93.1.27.
- [33] 次仁平措, 王超, 何正为, 等. 肝内胆管癌微创外科治疗的现状及争议[J]. 腹部外科, 2024, 37(2): 140–145. doi: 10.3969/j.issn.1003-5591.2024.02.012.
- Ciren PC, Wang C, He ZW, et al. Current status and ongoing controversies of mini-invasive surgery for intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Journal of Abdominal Surgery, 2024, 37(2): 140–145. doi: 10.3969/j.issn.1003-5591.2024.02.012.
- [34] 殷晓煜. 微创外科技术在肝门部胆管癌根治术中的现状与思考[J]. 中华消化外科杂志, 2023, 22(7): 848–852. doi: 10.3760/cma.j.cn115610-20230612-00278.
- Yin XY. Current status and pondering of minimally-invasive surgical techniques in radical resection of hilar cholangio-carcinoma[J]. Chinese Journal of Digestive Surgery, 2023, 22(7): 848–852. doi: 10.3760/cma.j.cn115610-20230612-00278.
- [35] Palep JH. Robotic assisted minimally invasive surgery[J]. J Minim Access Surg, 2009, 5(1): 1–7. doi: 10.4103/0972-9941.51313.
- [36] Shen BY, Zhan Q, Deng XX, et al. Radical resection of gallbladder cancer: could it be robotic? [J]. Surg Endosc, 2012, 26(11): 3245–3250. doi: 10.1007/s00464-012-2330-4.
- [37] 陈元杏, 郭艳, 王宏浩, 等. 腹腔镜下结肠癌根治术后患者住院时间延长预测模型的构建[J]. 护理学报, 2025, 32(7): 70–75. doi: 10.16460/j.issn1008-9969.2025.07.070.
- Chen YX, Guo Y, Wang HH, et al. Construction of prediction model for prolonged hospital stay in patients undergoing laparoscopic radical surgery for colon cancer[J]. Journal of Nursing, 2025, 32(7): 70–75. doi: 10.16460/j.issn1008-9969.2025.07.070.
- [38] Li L, Chen YH, Xie H, et al. Machine learning model for predicting risk factors of prolonged length of hospital stay in patients with aortic dissection: a retrospective clinical study[J]. J Cardiovasc Transl Res, 2025, 18(1): 185–197. doi: 10.1007/s12265-024-10565-z.
- [39] Shen J, Yan S, Chhetri J, et al. Relationship between perioperative medication and prolonged postoperative hospital stay in older adults with spinal surgery: a retrospective cohort study[J]. Can Geriatr J, 2024, 27(4): 500–518. doi: 10.5770/cgj.27.748.
- [40] Chiu HC, Lin YC, Hsieh HM, et al. The impact of complications on prolonged length of hospital stay after resection in colorectal cancer: A retrospective study of Taiwanese patients[J]. J Int Med Res, 2017, 45(2): 691–705. doi: 10.1177/0300060516684087.
- [41] Jasmijn Smits F, Verweij ME, Daamen LA, et al. Impact of complications after pancreatoduodenectomy on mortality, organ failure, hospital stay, and readmission: analysis of a nationwide audit[J]. Ann Surg, 2022, 275(1): e222–e228. doi: 10.1097/

SLA.0000000000003835.

[42] Lafage R, Sheehan C, Smith JS, et al. Incremental Increase in Hospital Length of Stay Due to Complications of Surgery for Adult Spinal Deformity[J]. Global Spine J, 2025, 15(4):2087–2095. doi: 10.1177/21925682241283724.

[43] 李平, 黄昌明, 郑朝辉, 等. 胃癌根治术后非计划再手术对临床疗效的影响及其发生的危险因素分析(附4 124例报告)[J]. 中华消化外科杂志, 2018, 17(6):564–570. doi:10.3760/cma.j.issn.1673–9752.2018.06.007.

Li P, Huang CM, Zheng CH, et al. Effect of unplanned reoperation on clinical efficacy and its risk factor after radical resection of gastric cancer (A report of 4 124 cases) [J]. Chinese Journal of Digestive Surgery, 2018, 17(6): 564–570. doi: 10.3760/cma.j.issn.1673–9752.2018.06.007.

[44] 杨扬, 周家华. 肝内胆管细胞癌微创治疗现状及进展[J]. 中国肿瘤外科杂志, 2021, 13(1): 1–4. doi: 10.3969/j.issn.1674–4136.2021.01.001.

Yang Y, Zhou JH. Current status and progress on minimally invasive therapy of intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Chinese Journal of Surgical Oncology, 2021, 13(1): 1–4. doi: 10.3969/j.issn.1674–4136.2021.01.001.

[45] Sucandy I, Giovannetti A, Spence J, et al. Robotic partial right hepatectomy for intrahepatic cholangiocarcinoma: how we do it[J]. Am Surg, 2020, 86(4):389–390.

[46] Cai X, Wang Z, Li S, et al. Implementation of a virtual reality based digital-twin robotic minimally invasive surgery simulator[J]. Bioengineering(Basel), 2023, 10(11): 1302. doi: 10.3390/bioengineering10111302.

bioengineering10111302.

[47] Efanov M, Alikhanov R, Tsvirkun V, et al. Comparative analysis of learning curve in complex robot-assisted and laparoscopic liver resection[J]. HPB (Oxford), 2017, 19(9): 818–824. doi: 10.1016/j.hpb.2017.05.003.

[48] Maeso S, Reza M, Mayol JA, et al. Efficacy of the Da Vinci surgical system in abdominal surgery compared with that of laparoscopy: a systematic review and meta-analysis[J]. Ann Surg, 2010, 252(2):254–262. doi:10.1097/SLA.0b013e3181e6239e.

[49] Barbash GI, Glied SA. New technology and health care costs: the case of robot-assisted surgery[J]. N Engl J Med, 2010, 363(8):701–704. doi:10.1056/NEJMp1006602.

[50] Widder A, Kelm M, Reibetanz J, et al. Robotic-assisted versus laparoscopic left hemicolectomy-postoperative inflammation status, short-term outcome and cost effectiveness[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(17):10606. doi:10.3390/ijerph191710606.

(本文编辑 宋涛)

本文引用格式:阮清扬,周学吟,雷田,等. 基于倾向性评分匹配的机器人辅助腹腔镜与腹腔镜胆道恶性肿瘤根治术短期结局比较[J]. 中国普通外科杂志, 2025, 34(8):1648–1661. doi: 10.7659/j.issn.1005–6947.250446

Cite this article as: Ruan QY, Zhou XY, Lei T, et al. Propensity score-matched comparison of short-term outcomes between robotic-assisted and laparoscopic radical resection for biliary tract cancers[J]. Chin J Gen Surg, 2025, 34(8): 1648–1661. doi: 10.7659/j.issn.1005–6947.250446

本刊2025年下半年各期重点内容安排

本刊2025年各期重点内容安排如下,欢迎赐稿。

第7期 肝脏肿瘤基础与临床研究

第8期 胆道肿瘤基础与临床研究

第9期 胰腺肿瘤基础与临床研究

第10期 胃肠肿瘤基础与临床研究

第11期 甲状腺肿瘤基础与临床研究

第12期 主动脉疾病基础与临床研究

中国普通外科杂志编辑部