



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.250371

<http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.250371>

China Journal of General Surgery, 2025, 34(8):1662-1670.

·专题研究·

## 机器人手术在复杂胆道结石治疗中应用效果的单中心回顾性对比研究

黄龙，赖建林，郑康宇，陈俊杰，胡剑飞，田毅峰，陈实

(福州大学附属省立医院/福建医科大学省立临床医学院 肝胆胰外科，福建福州 350001)

### 摘要

**背景与目的：**复杂胆道结石常伴有肝门区粘连、解剖紊乱、胆道变异及胆道瘘，传统腹腔镜手术在此类病例中常需中转开腹，术后并发症发生风险较高。机器人系统具备高清三维视野和灵活操作优势，有望改善手术安全性与疗效。本研究旨在比较机器人手术与腹腔镜手术治疗复杂胆道结石的临床效果。

**方法：**回顾性分析2023年1月—2025年1月于福州大学附属省立医院接受微创手术的145例复杂胆道结石患者，其中机器人组62例，腹腔镜组83例。比较两组患者术中情况、术后并发症及恢复情况，并随访评估结石复发。

**结果：**两组患者基线资料差异无统计学意义（均 $P>0.05$ ）。机器人组无中转开腹，而腹腔镜组中转率为7.2%，差异有统计学意义（ $P=0.038$ ）。机器人组术后并发症发生率为1.6%，腹腔镜组为10.7%，差异有统计学意义（ $P=0.044$ ）。机器人组术后首次进食、排气及住院时间均明显早于腹腔镜组（均 $P<0.05$ ）。随访至2025年6月，两组均未见结石复发。

**结论：**机器人手术在复杂胆道结石治疗中安全可行，可显著降低中转开腹率和并发症发生率，加快术后康复，具有推广应用价值。

### 关键词

胆石症；机器人手术；腹腔镜；手术后并发症

中图分类号：R657.4

## Robotic surgery for complex bile duct stones: a retrospective single-center comparative study

HUANG Long, LAI Jianlin, ZHENG Kangyu, CHEN Junjie, HU Jianfei, TIAN Yifeng, CHEN Shi

(Department of Hepatobiliary Pancreatic Surgery, Fuzhou University Affiliated Provincial Hospital/Shengli Clinical Medical College of Fujian Medical University, Fuzhou 350001, China)

### Abstract

**Background and Aims:** Complex biliary stones are often accompanied by hilar adhesions, distorted anatomy, biliary variations, or biliary-enteric fistulas. Conventional laparoscopic surgery is limited in such settings, with high conversion and complication rates. Robotic surgical systems provide high-definition 3D vision and enhanced dexterity, potentially improving surgical outcomes. This study

**基金项目：**中国优秀青年医师基金资助项目（国卫人发〔2024〕41号）。

**收稿日期：**2025-07-04；**修订日期：**2025-08-19。

**作者简介：**黄龙，福州大学附属省立医院/福建医科大学省立临床医学院副主任医师，主要从事肝胆胰外科方面的研究。

**通信作者：**陈实，Email: [wawljwalj@163.com](mailto:wawljwalj@163.com)

compared the clinical efficacy of robotic vs. laparoscopic surgery for complex biliary stones.

**Methods:** A retrospective analysis was performed on 145 patients with complex biliary stones who underwent minimally invasive surgery at Fujian Provincial Hospital, Fuzhou University, from January 2023 to January 2025. Patients were divided into a robotic group ( $n=62$ ) and a laparoscopic group ( $n=83$ ). Intraoperative outcomes, postoperative complications, and recovery parameters were compared. Stone recurrence was assessed during follow-up.

**Results:** Baseline characteristics were comparable between groups (all  $P>0.05$ ). The conversion rate was 0 in the robotic group vs. 7.2% in the laparoscopic group ( $P=0.038$ ). The postoperative complication rate was significantly lower in the robotic group (1.6% vs. 10.7%,  $P=0.044$ ). Time to first oral intake, first flatus, and postoperative hospital stay were all shorter in the robotic group (all  $P<0.05$ ). No stone recurrence was observed in either group during follow-up until June 2025.

**Conclusion:** Robotic surgery is a safe and feasible approach for complex biliary stones, offering reduced conversion and complication rates and faster recovery compared with laparoscopy. It holds promise for wider clinical application in complex biliary disease.

#### Key words

Cholelithiasis; Robotic Surgical Procedures; Laparoscopes; Postoperative Complications

CLC number: R657.4

胆道结石是肝胆胰外科常见疾病，依据解剖位置可分为胆囊结石、胆总管结石和肝内胆管结石<sup>[1-4]</sup>，外科手术是首发及复发胆道结石的主要治疗手段。目前腹腔镜手术已在胆道结石的治疗中广泛运用，然而合并急性胆管炎、胆管炎反复发作、合并既往腹部手术和肝内胆管结石的患者，可以因为胆管炎、多次手术导致肝脏萎缩-肥大综合征、肝门区致密粘连及解剖层次消失、肝门部结构转位，甚至合并胆道瘘等，腹腔镜手术在此类患者中存在中转开腹率较高、术后并发症发生率较高的问题。而机器人具备高清三维视野和灵活的操作臂，能有效克服腹腔镜在复杂手术中的技术瓶颈，部分研究显示其在降低术中、术后并发症发生率方面具有潜在优势<sup>[5-6]</sup>。本文通过回顾本中心机器人辅助下复杂胆道结石手术的病例，并对比腹腔镜手术，分析其应用优势与技术要点，为此类疾病的治疗提供借鉴。

## 1 资料与方法

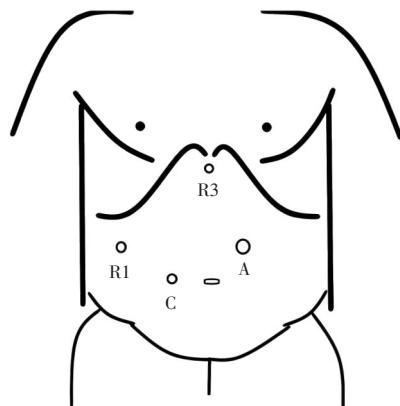
### 1.1 一般资料

回顾性分析2023年1月—2025年1月期间在福州大学附属省立医院接受微创胆道结石手术患者145例，其中机器人手术62例，腹腔镜手术83例，

所有患者均由同一组医生进行手术，观察两组患者术中及术后情况。纳入标准：(1)术前彩超、CT、MRI确诊肝胆管结石患者；(2)急性炎症发作或存在既往上腹部手术史或合并肝内胆管结石；(3)胆总管直径 $\geq 1$  cm；(4)肝功能Child-Pugh分级A~B级。排除标准：(1)合并严重心、脑、肾等器官功能障碍；(2)行经皮肝穿刺胆道引流(percutaneous transhepatic cholangial drainage, PTCD)患者；(3)术中或术后病理证实合并肝脏或胆道恶性肿瘤；(4)需要进行胆肠吻合术；(5)缺乏完整的病例资料。本研究符合赫尔辛基宣言，已获得医院伦理委员会批准（批号：K2025-09-006），并豁免知情同意。

### 1.2 胆总管切开取石(布孔方式示见图1)

(1)取仰卧位，经脐下置气腹针，注入CO<sub>2</sub>气体，腹压达14 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)。(2)使用达芬奇Xi系统，经脐下右侧置机器人观察孔C，经右肋缘下及剑突下置机器人操作孔R1、R3，R1孔置入双极，R3孔置入电钩。经左上腹置辅助操作孔A。(3)如既往未行胆囊切除术，首先解剖显露胆囊三角，电钩切除胆囊。(4)解剖肝十二指肠韧带，显露胆总管；使用腹腔镜电钩切开胆总管前壁；经R3孔置入胆道镜探查胆管，使用取石网篮取出结石；取尽结石行胆管一期缝合。



**图1 胆总管切开取石布孔方式示意图 (R1: 1号机械臂, 双极; R3: 3号机械臂, 电钩; A: 辅助操作孔; C: 2号机械臂, 镜头)**

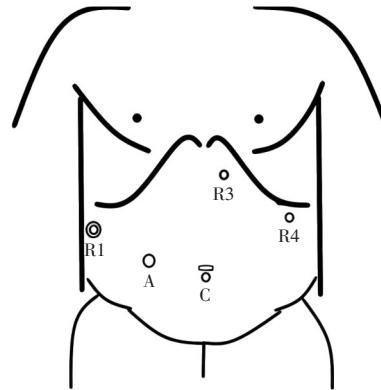
**Figure 1 Trocar placement for common bile duct exploration and stone extraction (R1: arm 1, bipolar; R3: arm 3, electrocautery hook; A: assistant port; C: arm 2, camera port)**

### 1.3 肝切除术(布孔方式见图2)

**1.3.1 左肝外叶切除** (1)取仰卧位, 经脐下置气腹针, 注入CO<sub>2</sub>气体, 腹压达14 mmHg。(2)经脐下置机器人观察孔C, 经右肋缘下、左肋与左锁骨中线交点及左肋与左腋前线交点置机器人操作孔R1、R3、R4, 经右下腹置辅助操作孔A。R1孔置入双极, R3孔置入超声刀, R4孔置入抓钳。(3)超声刀分离粘连, 游离肝脏, 离断肝圆韧带、镰状韧带、左冠状韧带和左三角韧带。(4)沿镰状韧带左侧离断肝实质, 显露左外叶Glisson鞘, 分离肝动脉、门静脉左外支, 结扎离断, 切开左外叶胆管, 继续分离肝实质显露左肝静脉, 直线切割闭合器离断。(5)经R3孔置入胆道镜, 如可经胆管断端探查胆总管则探查取石后缝合左外叶胆管断端, 若无法探查则打开胆总管行经胆总管探查取石后缝合胆总管及左肝胆管断端。

**1.3.2 左半肝切除** (1)取仰卧位, 经脐下置气腹针, 注入CO<sub>2</sub>气体, 腹压达14 mmHg。(2)经脐下置机器人观察孔C, 经右肋缘下、左肋与左锁骨中线交点及左肋与左腋前线交点置机器人操作孔R1、R3、R4, 经右下腹置辅助操作孔A。R1孔置入双极, R3孔置入超声刀, R4孔置入抓钳。(3)超声刀分离粘连, 游离肝脏, 离断肝圆韧带、镰状韧带、左冠状韧带和左三角韧带。(4)分离第一肝门, 分离左肝动脉、左门静脉结扎离断, 分离显露左肝

胆管后离断左肝胆管, 沿肝中静脉分离肝实质至第二肝门, 直线切割闭合器离断左肝静脉。(5)经R3孔置入胆道镜, 经左肝胆管断端探查胆总管则探查取石后缝合左肝胆管断端。



**图2 肝切除术布孔方式示意图 (R1: 1号机械臂, 双极; R3: 3号机械臂, 超声刀/针持; R4: 4号机械臂, 无损伤钳; A: 辅助操作孔; C: 2号机械臂, 镜头)**

**Figure 2 Trocar placement for hepatectomy (R1: arm 1, bipolar; R3: arm 3, ultrasonic scalpel/needle holder; R4: arm 4, atraumatic forceps; A: assistant port; C: arm 2, camera port)**

### 1.4 术后随访

所有患者出院前行CT评估是否存在残余结石。放置T管的患者在1~2个月后返院进行胆道镜探查或取石。后每3个月行B超或CT检查, 评估结石复发情况。

### 1.5 统计学处理

应用SPSS 26.0软件进行数据分析, 计量资料根据正态分布和方差齐性情况以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示, 比较采用t检验; 计数资料以例数(百分比)[n (%)]表示, 比较采用 $\chi^2$ 检验或Fisher精确概率法。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组患者一般情况

机器人组与腹腔镜组在性别、年龄、胆管炎发作、既往病史(糖尿病、高血压、冠心病、上腹部手术史)、术前美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists, ASA)分级、手术方式方面差异无统计学意义(均 $P>0.05$ )(表1)。

表1 机器人与腹腔镜胆道结石手术患者一般资料

Table 1 General characteristics of patients undergoing robotic and laparoscopic surgery for bile duct stones

| 资料                      | 机器人组(n=62)  | 腹腔镜组(n=83)  | $\chi^2/t$ | P                   |
|-------------------------|-------------|-------------|------------|---------------------|
| 年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ ) | 65.79±14.72 | 64.94±15.57 | 0.333      | 0.740               |
| 性别[n(%)]                |             |             |            |                     |
| 男                       | 36(58.1)    | 26(41.9)    | 0.070      | 0.070               |
| 女                       | 26(41.9)    | 33(39.8)    |            |                     |
| 胆管炎[n(%)]               | 60(96.7)    | 80(96.4)    | —          | 1.000 <sup>1)</sup> |
| 糖尿病[n(%)]               | 15(24.2)    | 22(26.5)    | 0.100      | 0.752               |
| 高血压[n(%)]               | 19(30.7)    | 26(31.3)    | 0.008      | 0.930               |
| 冠心病[n(%)]               | 5(8.2)      | 8(9.6)      | 0.108      | 0.743               |
| 上腹部手术史[n(%)]            | 13(20.9)    | 19(22.9)    | 0.076      | 0.782               |
| 术前ASA分级[n(%)]           |             |             |            |                     |
| 1                       | 15(24.2)    | 18(21.7)    |            |                     |
| 2                       | 24(38.8)    | 33(39.8)    | 0.128      | 0.938               |
| 3                       | 23(37.1)    | 32(38.6)    |            |                     |
| 肝功能Child-Pugh分级[n(%)]   |             |             |            |                     |
| A                       | 60(96.8)    | 80(96.4)    | —          | 1.000 <sup>1)</sup> |
| B                       | 2(3.2)      | 3(3.6)      |            |                     |
| 手术方式[n(%)]              |             |             |            |                     |
| 胆总管切开取石+胆囊切除            | 45(72.6)    | 58(69.9)    |            |                     |
| 胆总管切开取石                 | 6(9.6)      | 6(7.2)      | 0.779      | 0.855               |
| 肝切除+经胆管断端取石             | 5(8.2)      | 8(9.6)      |            |                     |
| 肝切除+胆总管切开取石             | 6(9.6)      | 11(13.3)    |            |                     |

注:1)采用Fisher精确概率法

Note: 1) Using Fisher's exact test

## 2.2 两组患者术中情况与术后并发症情况

两组患者手术时间、术中出血量无明显差异(均  $P>0.05$ )。机器人组无患者中转开放, 腹腔镜组6例患者中转开放, 中转率高于机器人组( $P<0.05$ )。机器人组患者均未出现胆汁漏、肠瘘、出血、腹腔感染、再次手术等, 1例患者因既往合并慢性支气管炎、胃切除病史, 行左半肝切除, 术后出现肺部感染、腹腔积液、胸腔少量积液等并发症, 经抗感染, 引流后好转。2例胆囊十二指肠瘘患者, 分离胆囊壁与十二指肠瘘口, 全层缝合十二指肠瘘口后再行浆肌层缝合加固, 并放置胃管注射美兰, 确保缝合牢靠(图3)。1例胆囊结肠瘘患者分离胆囊后, 采用直线切割闭合器离闭合结肠瘘口胆囊壁, 关闭瘘口。2例Mirrizzi综合征患者采取保留部分胆囊壁用作胆管补片修补缺损胆总管壁并放置T管。术后均恢复良好, 无并发症。机器人组11例肝内胆管结石患者接受行肝切除术,

其中5例患者结石位于左半肝, 进行了循肝中静脉解剖性半肝切除联合经肝管取石术<sup>[7]</sup>(图4)。手术无患者发生Clavien-Dindo并发症分级III级以上并发症。腹腔镜组患者9例术后并发症, 3例发生Clavien-Dindo并发症分级III级以上并发症, 1例胆囊十二指肠瘘患者中转开腹行十二指肠修补后腹腔感染严重转入重症监护病房(ICU)治疗, 经穿刺引流、腹腔冲洗等治疗后好转; 1例肝切除患者因术后胆汁漏感染引起腹腔出血再次手术探查止血; 1例患者因胆囊结肠瘘行术中行结肠修补, 术后发生结肠瘘再次手术行回肠造瘘。两组均无患者死亡(表2)。

## 2.3 两组患者随访结果对比

所有患者均接受随访, 截至2025年6月1日, 所有患者未有结石残留, 术后未出现胆管炎症状, 无患者发现结石复发。



图3 胆囊十二指肠瘘患者术中照片 A: 胆囊十二指肠瘘; B: 缝合十二指肠瘘口; C: 经R3孔胆道镜探查

**Figure 3 Intraoperative images of a patient with cholecystoduodenal fistula** A: Cholecystoduodenal fistula; B: Closure of the duodenal fistula; C: Choledochoscopy via R3 port

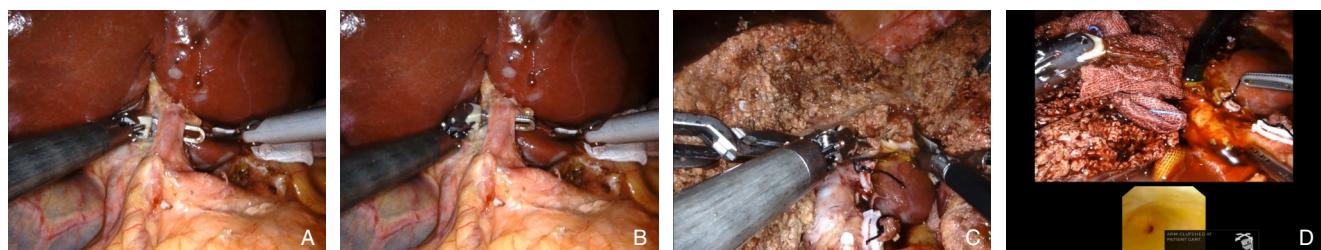


图4 行循肝中静脉解剖性半肝切除联合经肝管取石术患者术中照片 A: 分离左肝动脉; B: 分离左门静脉; C: 离断左肝管; D: 经R3孔胆管端探查

**Figure 4 Intraoperative images of a patient undergoing middle hepatic vein-guided anatomical hemihepatectomy combined with transhepatic duct lithotomy** A: Dissection of the left hepatic artery; B: Dissection of the left portal vein; C: Division of the left hepatic duct; D: Exploration of the bile duct stump via R3 port

表2 机器人与腹腔镜胆道结石患者术中与术后情况

**Table 2 Intraoperative and postoperative outcomes of patients undergoing robotic and laparoscopic surgery for bile duct stones**

| 指标                             | 机器人组(n=62)   | 腹腔镜组(n=83)   | $\chi^2/t$ | P                  |
|--------------------------------|--------------|--------------|------------|--------------------|
| 手术时间(min, $\bar{x} \pm s$ )    | 104.10±25.82 | 108.52±28.35 | -0.965     | 0.336              |
| 术中出血量(mL, $\bar{x} \pm s$ )    | 29.03±30.23  | 30.36±31.29  | -0.257     | 0.798              |
| 中转开放[n(%)]                     | 0(0.0)       | 6(7.2)       | —          | 0.038 <sup>①</sup> |
| 并发症[n(%)]                      | 1(1.6)       | 9(10.7)      | —          | 0.044 <sup>①</sup> |
| Clavien-Dindo并发症分级III级以上[n(%)] | 0(0.0)       | 3(3.6)       | —          | 0.261 <sup>①</sup> |
| 胆汁漏[n(%)]                      | 0(0.0)       | 5(6.0)       | —          | 0.071 <sup>①</sup> |
| 切口感染[n(%)]                     | 0(0.0)       | 3(3.6)       | —          | 0.261 <sup>①</sup> |
| 肺部感染[n(%)]                     | 1(1.6)       | 5(6.0)       | —          | 0.239 <sup>①</sup> |
| 胸腔积液[n(%)]                     | 1(1.6)       | 3(3.6)       | —          | 0.636 <sup>①</sup> |
| 腹腔积液[n(%)]                     | 1(1.6)       | 2(2.4)       | —          | 1.000 <sup>①</sup> |
| 结石残留[n(%)]                     | 0(0.0)       | 1(1.2)       | —          | 1.000 <sup>①</sup> |
| 术后首次进食时间(d, $\bar{x} \pm s$ )  | 2.27±1.06    | 2.69±1.27    | -2.077     | <0.040             |
| 术后排气时间(d, $\bar{x} \pm s$ )    | 2.16±0.41    | 2.59±0.73    | -4.142     | <0.001             |
| 术后住院时间(d, $\bar{x} \pm s$ )    | 5.85±1.80    | 6.80±2.30    | -2.666     | <0.004             |

注:①采用Fisher精确概率法

Note: ① Using Fisher's exact test

### 3 讨 论

胆道结石是肝胆外科常见疾病,其中合并急性胆管炎、胆管炎反复发作、合并既往腹部手术和肝内胆管结石的患者,存在腹腔脏器水肿、炎症粘连,甚至发生肝脏解剖变异,部分还合并胆道肠痿或Mirizzi综合征。此类患者因术中易发生组织器官损伤以及术后并发症发生率高,被认为是复杂胆道结石。随着社会老龄化,复杂胆道结石患者不断增多<sup>[8-12]</sup>,如何在保证手术“微创”的同时降低术中损伤和术后并发症发生率,是当前临床面临的重要挑战。近年来,随着达芬奇手术机器人应用的增多,机器人手术逐步被用于复杂胆道结石的处理。本研究回顾分析了62例机器人胆道结石患者与83例腹腔镜患者,结果显示机器人手术在降低中转开腹率、减少术后并发症发生以及加快术后恢复等方面具有显著优势。

#### 3.1 复杂胆道结石显著增加手术难度

复杂胆道结石患者因反复发作的胆管炎和既往手术引起的瘢痕组织可导致肝门区与胃肠道粘连、解剖层次消失、胆管水肿增厚、胆道狭窄、萎缩肝叶对应门脉的闭锁等增加了辨识和游离肝总管、胆总管、肝动脉、门静脉等重要肝门部结构和损伤的风险<sup>[13-14]</sup>。另一方面,肝脏萎缩-肥大综合征引起肝门部移位和胆道解剖变异,进一步增加了术中定位与操作的复杂性。此外,部分患者合并胆道肠痿,或Mirizzi综合征等复杂合并症,需要在复杂狭小的空间进行手术操作,对术者的操作视野、解剖识别、缝合技巧及胆道手术经验均提出了极高要求。因此既往此类患者多采用开腹手术<sup>[15-18]</sup>。

#### 3.2 腹腔镜手术在复杂胆道结石中的局限性

腹腔镜已广泛应用于胆道结石治疗,但在复杂病例中存在明显局限。其二维视野和有限操作角度以及对助手配合的高要求,使得在解剖紊乱、肝门区粘连或胆道变异情况下难以精确操作,增加了损伤肝血管、胆道或肠道的风险<sup>[19-20]</sup>。同时,腹腔镜器械缺乏腕关节灵活性,使得在胆道重建或瘘口修补中缝合困难,容易导致缝合不牢或撕裂扩张,从而增加胆汁漏或消化道瘘风险。这也是腹腔镜手术中转率较高的重要原因。既往研究报道,腹腔镜治疗肝内胆管结石的中转开腹率可达10%<sup>[21-22]</sup>,术中输血率甚至达30%<sup>[23]</sup>,在胆囊内

瘘病例中中转率更是接近50%<sup>[24]</sup>。本研究中,腹腔镜组中转开腹率7.2%,并发症发生率10.7%,其中3例为Clavien-Dindo III级以上,进一步印证了其在复杂病例中的局限性。

#### 3.3 机器人手术在复杂胆道结石中的优势

与腹腔镜相比,达芬奇机器人系统具备机器人的10倍放大的三维立体成像、7自由度机械臂与手震过滤功能,可在狭小空间及组织间隙严重粘连的情况下实现更精准的解剖结构识别,更精细的分离缝合等操作<sup>[25]</sup>。

在本研究中,共11例肝内胆管结石患者接受行肝切除术,其中5例患者结石位于左半肝,进行了机器人下循肝中静脉解剖性半肝切除联合经肝管取石术,6例患者左右肝均有结石因此行肝切除联合胆总管切开探查。所有患者术后均未发生胆汁漏或术区出血,值得一提的是有3例既往因肝胆管结石行肝切除术,此次为再次肝切除,这都显示出机器人在肝脏萎缩增生引起肝门区结构扭转,以及胃肠道与肝脏、肝门区结构粘连等复杂病例中具有优势<sup>[26]</sup>。这也与研究<sup>[27-28]</sup>提出的“机器人平台更适合于肝门解剖及半肝精准切除”的观点一致。此外,机器人系统精准的操作以及能量器械对管道更确切凝闭还可减少肝实质离断的时间,从而减少对肝门阻断的依赖,进而减轻因肝门阻断引起的肝功能损伤。本研究显示机器人手术时间并不长于腹腔镜,出血量二者无明显区别,当前研究显示机器人在术中出血量方面优于腹腔镜及开腹手术,这可能与其纳入的均为肝切除患者有关<sup>[29-31]</sup>。

在复杂胆总管结石患者中,其反复发作的胆管炎或既往上腹部手术,可导致胆总管解剖结构受炎症粘连或瘢痕组织牵拉扭曲变形,部分患者炎症病变更累及胆囊三角,胆总管走行难以辨认,胆囊三角难以分离,机器人的视野有助于更好地识别解剖结构,其灵活可变的操作角度有助于顺着胆管走行方向进行精细分离,并可实现精细的缝合,Latif等<sup>[32]</sup>也认为机器人在复杂和急性炎症的胆总管结石中能更好地处理胆道结构并进行缝合减少并发症。缝合方面机器人在有限空间内进行肠道、胆道瘘口修补及胆道重建具有腹腔镜无法比拟的优势。本研究中2例胆囊十二指肠痿和1例胆囊结肠瘘的病例均成功完成肠道瘘口修补,无胆汁漏或消化道瘘等严重并发症发生,另外2例

Mirizzi综合征患者成功采用胆囊壁完成了胆总管缺损的修补，均无中转开放，且术后无胆汁漏和胆道狭窄的发生。而腹腔镜则部分患者因Mirizzi综合征和胆囊肠瘘，解剖结构难以辨认分离而中转开腹。这都证明了机器人系统在胆道和内瘘修补中灵活性和缝合精细度方面的临床价值<sup>[33-34]</sup>。

### 3.4 机器人在术后并发症与术后恢复的优势

多项研究表明机器人在降低复杂胆道结石患者术后并发症和促进术后快速康复方面有着明显优势<sup>[35-38]</sup>。本研究中，机器人组未出现严重并发症，仅1例患者（1.6%）出现肺部感染、胸腔及腹腔积液，且经对症处理后恢复良好，无胆汁漏、切口感染或结石残留。而腹腔镜组则有3例患者出现严重并发症，分别因胆道瘘感染导致腹腔出血再次手术、胆囊结肠瘘修补失败导致结肠瘘需行回肠造瘘，以及胆囊十二指肠瘘修补失败合并严重腹腔感染转入ICU治疗。

在术后恢复方面，机器人患者的进食时间和排气时间明显早于腹腔镜患者，住院时间也更短。这主要归因于机器人在术中造成的组织损伤更小、缝合更为精确，从而降低了并发症的发生率。已有研究也报道，机器人手术能显著减少术后引流管留置时间，加快营养恢复，缩短住院周期。因此机器人具有创伤更小、恢复更快的优势。

本研究仍存在一定局限性。本研究为单中心回顾性研究，样本量有限，可能存在选择偏倚。未来应开展多中心、大样本、前瞻性对照研究，以进一步验证机器人手术在复杂胆道结石中的安全性与有效性。

本研究表明，机器人手术在复杂胆道结石中具备显著优势，能够提高手术精度，降低术后并发症发生风险，显著加快术后恢复进程。随着手术机器人的推广和普及，尤其是国产机器人费用的降低，机器人胆道手术有望在未来成为复杂胆道结石的重要治疗方式。

**作者贡献声明：**黄龙负责研究设计与论文撰写；赖建林参与病例选择与结果分析；郑康宇负责术后随访；陈俊杰协助文献检索；胡剑飞参与图表制作与统计学分析；田毅峰参与论文修改；陈实负责统筹研究设计。

**利益冲突：**所有作者均声明不存在利益冲突。

### 参考文献

- [1] 张杰, 张宁英, 马淑梅. 磁共振成像与彩色多普勒超声诊断胆道结石临床价值比较[J]. 实用肝脏病杂志, 2020, 23(5):747-750. doi:10.3969/j.issn.1672-5069.2020.05.036.
- Zhang J, Zhang NY, Ma SM. Comparison of magnetic resonance imaging and colorDoppler ultrasound examination in diagnosis of patients with cholangiolithiasis[J]. Journal of Practical Hepatology, 2020, 23(5):747-750. doi:10.3969/j.issn.1672-5069.2020.05.036.
- [2] Tazuma S. Gallstone disease: Epidemiology, pathogenesis, and classification of biliary stones (common bile duct and intrahepatic) [J]. Best Pract Res Clin Gastroenterol, 2006, 20(6): 1075-1083. doi:10.1016/j.bpg.2006.05.009.
- [3] 王星人, 李晓举, 万丹丹, 等. 肝胆管结石病诊疗的焦点与争议[J]. 中华消化外科杂志, 2024, 23(4):579-589. doi:10.3760/cma.j.cn115610-20240129-00048.
- Wang XR, Li XJ, Wan DD, et al. Focus and controversy on the diagnosis and therapy of hepatolithiasis[J]. Chinese Journal of Digestive Surgery, 2024, 23(4): 579-589. doi: 10.3760/cma. j.cn115610-20240129-00048.
- [4] 中华医学会外科学分会胆道外科学组. 肝胆管结石病诊断治疗指南[J]. 中华消化外科杂志, 2007, 6(2):156-161. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2007.02.028.
- Biliary Surgery Group of the Surgical Credit Association of the Chinese Medical Association. Guidelines for the diagnosis and treatment of hepatolithiasis[J]. Chinese Journal of Digestive Surgery, 2007, 6(2): 156-161. doi: 10.3760/cma. j. issn. 1673-9752.2007.02.028.
- [5] Wang P, Zhang D, Huang B, et al. Robotic versus laparoscopic hepatectomy: meta-analysis of propensity-score matched studies[J]. BJS Open, 2025, 9(2):zrae141. doi: 10.1093/bjsopen/zrae141.
- [6] Hu M, Xu D, Zhang Y, et al. Efficacy and safety of robotic surgery versus open surgery for hilar cholangiocarcinoma: a systematic review and meta-analysis[J]. Int J Surg, 2025, 111(1):1301-1310. doi:10.1097/JJS.0000000000001952.
- [7] Liao C, Wang D, Huang L, et al. A new strategy of laparoscopic anatomical hemihepatectomy guided by the middle hepatic vein combined with transhepatic duct lithotomy for complex hemihepatolithiasis: a propensity score matching study[J]. Surgery, 2021, 170(1):18-29. doi:10.1016/j.surg.2020.12.043.
- [8] Nuño-Rodríguez VH, Flores-Olmos NL, Alvarez-Gutierrez JA. Controversial surgical approach to recurrent gallstone ileus[J]. Cureus, 2024, 16(8):e66893. doi:10.7759/cureus.66893.
- [9] 陈志宇, 杨宜特, 刘智鹏. 病变胆管树流域切除在复杂良性胆道疾病诊疗中的理论与实践[J]. 中国普外基础与临床杂志, 2022,

- 29(12):1541–1545. doi:[10.7507/1007-9424.202210047](https://doi.org/10.7507/1007-9424.202210047).
- Chen ZY, Yang YC, Liu ZP. Theory and practice of lesioned bile duct tree drainage resection in the diagnosis and treatment of benign biliary tract diseases[J]. Chinese Journal of Bases and Clinics in General Surgery, 2022, 29(12): 1541–1545. doi: [10.7507/1007-9424.202210047](https://doi.org/10.7507/1007-9424.202210047).
- [10] 尹新民,蔡成之,朱斯维.肝胆管结石多次胆道术后再手术对策[J].中国实用外科杂志,2024,44(3):273–277. doi:[10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2024.03.08](https://doi.org/10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2024.03.08).
- Yin XM, Cai CZ, Zhu SW. Hepatobiliary stones are countermeasures for multiple biliary tract surgery after surgery[J]. Chinese Journal of Practical Surgery, 2024, 44(3): 273–277. doi: [10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2024.03.08](https://doi.org/10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2024.03.08).
- [11] 李欣,侯纯升,徐智,等.有上腹部手术史的胆总管结石患者的腹腔镜治疗[J].中华普通外科杂志,2016,31(3):215–217. doi: [10.3760/cma.j.issn.1007-631X.2016.03.011](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1007-631X.2016.03.011).
- Li X, Hou CS, Xu Z, et al. Laparoscopic common bile duct stone extraction in patients with a history of previous upper abdominal surgery[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2016, 31(3):215–217. doi: [10.3760/cma.j.issn.1007-631X.2016.03.011](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1007-631X.2016.03.011).
- [12] 唐卫平,韩东,陈国栋.复杂型胆总管结石的内镜治疗策略[J].中国普通外科杂志,2021,30(2):219–227. doi: [10.7659/j.issn.1005-6947.2021.02.011](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2021.02.011).
- Tang WP, Han D, Chen GD. Strategies for endoscopic management of complex choledocholithiasis[J]. China Journal of General Surgery, 2021, 30(2): 219–227. doi: [10.7659/j.issn.1005-6947.2021.02.011](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2021.02.011).
- [13] Wu D, Huang L, Liao C, et al. Laparoscopic versus open secondary hepatectomy treating postoperative regional recurrent hepatolithiasis: a multicenter real-world study[J]. Surg Endosc, 2025, 39(5):2855–2873. doi:[10.1007/s00464-025-11651-2](https://doi.org/10.1007/s00464-025-11651-2).
- [14] Yu YL, Fu J, Feng ZW, et al. Reoperative laparoscopic liver resection for hepatolithiasis patients with a history of biliary surgery: a cohort study[J]. J Surg Res, 2025, 313: 549–557. doi: [10.1016/j.jss.2025.02.028](https://doi.org/10.1016/j.jss.2025.02.028).
- [15] Zhang WJ, Chen G, Dai DF, et al. Not all reoperative laparoscopic liver resection procedures are feasible for hepatolithiasis patients with a history of biliary surgery[J]. World J Hepatol, 2025, 17(5): 105890. doi:[10.4254/wjh.v17.i5.105890](https://doi.org/10.4254/wjh.v17.i5.105890).
- [16] Walia DJS, Singla A, Singh S, et al. A rare case of cholecystoduodenal and cholecystocolic fistula with gallstone ileus[J]. Int J Appl Basic Med Res, 2023, 13(2): 121–123. doi: [10.4103/ijabmr.ijabmr\\_598\\_22](https://doi.org/10.4103/ijabmr.ijabmr_598_22).
- [17] Yilmaz EM, Carti EB, Kandemir A. A rare cause of duodenal obstruction: Bouveret syndrome[J]. Turk J Surg, 2021, 37(2): 175–178. doi:[10.47717/turkjsurg.2021.3794](https://doi.org/10.47717/turkjsurg.2021.3794).
- [18] Vasilescu AM, Tarcoceanu E, Bradea C, et al. Gallstone Ileus. What therapeutic options are there?[J]. Ann Ital Chir, 2022, 92:300–306.
- [19] 李伟男,熊永福,朱建交,等.腹腔镜技术治疗复杂肝胆管结石病的难点及手术决策分析[J].中华外科杂志,2021,59(4):279–283. doi:[10.3760/cma.j.cn112139-20210101-00001](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112139-20210101-00001).
- Li WN, Xiong YF, Zhu JJ, et al. The difficulties and surgical decision analysis of laparoscopic technique in treating complicated hepatolithiasis[J]. Chinese Journal of Surgery, 2021, 59(4): 279–283. doi:[10.3760/cma.j.cn112139-20210101-00001](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112139-20210101-00001).
- [20] Pogorelić Z, Lovrić M, Jukić M, et al. The laparoscopic cholecystectomy and common bile duct exploration: a single-step treatment of pediatric cholelithiasis and choledocholithiasis[J]. Children (Basel), 2022, 9(10):1583. doi: [10.3390/children9101583](https://doi.org/10.3390/children9101583).
- [21] Liu L, Huang Y, Ding Z, et al. Safety and feasibility of laparoscopic left hepatectomy for the treatment of hepatolithiasis in patients with previous abdominal surgery[J]. J Minim Access Surg, 2022, 18(2): 254–259. doi: [10.4103/jmas.JMAS\\_17\\_21](https://doi.org/10.4103/jmas.JMAS_17_21).
- [22] Liao KX, Chen L, Ma L, et al. Laparoscopic middle-hepatic-vein-guided anatomical hemihepatectomy in the treatment of hepatolithiasis: a 10-year case study[J]. Surg Endosc, 2022, 36(2): 881–888. doi: [10.1007/s00464-021-08344-x](https://doi.org/10.1007/s00464-021-08344-x).
- [23] 王帅,任昊桢,汤宁,等.机器人、腹腔镜以及开腹肝切除术治疗肝内胆管结石的对比研究[J].南京医科大学学报:自然科学版,2021,41(1):82–87. doi:[10.7655/NYDXBNS20210115](https://doi.org/10.7655/NYDXBNS20210115).
- Wang S, Ren HZ, Tang N, et al. A comparative study of robotic, laparoscopic or open hepatectomy for hepatolithiasis[J]. Journal of Nanjing Medical University, 2021, 41(1): 82–87. doi: [10.7655/NYDXBNS20210115](https://doi.org/10.7655/NYDXBNS20210115).
- [24] 金家伟,侍阳,何骏,等.胆石症合并胆囊内瘘21例临床诊治分析[J].中国普通外科杂志,2024,33(8):1251–1257. doi:[10.7659/j.issn.1005-6947.2024.08.006](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2024.08.006).
- Jin JW, Shi Y, He J, et al. Clinical analysis of diagnosis and treatment in 21 cases of cholelithiasis complicated by cholecystoenteric fistula[J]. China Journal of General Surgery, 2024, 33(8): 1251–1257. doi: [10.7659/j.issn.1005-6947.2024.08.006](https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2024.08.006).
- [25] 许志峰,李建军.复杂胆道结石的微创治疗进展[J].中国普通外科杂志,2017,26(8):1049–1056. doi: [10.3978/j.issn.1005-6947.2017.08.014](https://doi.org/10.3978/j.issn.1005-6947.2017.08.014).
- Xu ZF, Li JJ. Progress of minimally invasive treatment of complex biliary stones[J]. China Journal of General Surgery, 2017, 26(8): 1049–1056. doi:[10.3978/j.issn.1005-6947.2017.08.014](https://doi.org/10.3978/j.issn.1005-6947.2017.08.014).
- [26] 邱朋,邓正栋,王剑明.肝内胆管结石微创治疗策略[J].中华肝脏外科手术学电子杂志,2023,12(6):591–596. doi: [10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2023.06.001](https://doi.org/10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2023.06.001).
- Qiu P, Deng ZD, Wang JM. Minimally invasive treatment strategies

- for intrahepatic bile duct stones[J]. Chinese Journal of Hepatic Surgery: Electronic Edition, 2023, 12(6):591–596. doi: 10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2023.06.001.
- [27] Shu J, Wang XJ, Li JW, et al. Robotic-assisted laparoscopic surgery for complex hepatolithiasis: a propensity score matching analysis[J]. Surg Endosc, 2019, 33(8): 2539–2547. doi: 10.1007/s00464-018-6547-8.
- [28] 郑树国. 肝胆管结石病的微创治疗: 从腹腔镜到机器人[J]. 中华普通外科学文献: 电子版, 2022, 16(3): 214. doi: 10.3877/cma.j.issn.1674-0793-2022.03.019.
- Zheng SG. Minimally invasive treatment of hepatolithiasis: from laparoscopes to da Vinci[J]. Chinese Archives of General Surgery: Electronic Edition, 2022, 16(3):214. doi: 10.3877/cma.j.issn.1674-0793-2022.03.019.
- [29] Liang B, Peng Y, Yang W, et al. Robotic versus laparoscopic liver resection for posterosuperior segments: a systematic review and meta-analysis[J]. HPB(Oxford), 2024, 26(9): 1089–1102. doi: 10.1016/j.hpb.2024.06.003.
- [30] Sijberden JP, Hoogteijling TJ, Aghayan D, et al. Robotic versus laparoscopic liver resection in various settings: an international multicenter propensity score matched study of 10,075 patients[J]. Ann Surg, 2024, 280(1): 108–117. doi: 10.1097/SLA.0000000000006267.
- [31] Balzano E, Bernardi L, Roesel R, et al. Robotic versus laparoscopic liver resections: propensity-matched comparison of two-center experience[J]. Surg Endosc, 2023, 37(10):8123–8132. doi:10.1007/s00464-023-10358-6.
- [32] Latif J, Mountjoy P, Lewis H, et al. Robotic assisted common bile duct exploration for management of complex gallstone disease[J]. Int J Surg, 2024, 110(10): 6418–6425. doi: 10.1097/JSS.0000000000001817.
- [33] Alfonso A, McFarland KN, Savsani K, et al. Robotic management of primary cholecystoduodenal fistula: a case report and brief literature review[J]. Int J Med Robot, 2024, 20(2): e2629. doi: 10.1002/rcs.2629.
- [34] 车金辉, 鲍武, 丁凯, 等. 达芬奇手术机器人系统治疗胆石症合并胆囊十二指肠瘘[J]. 临床误诊误治, 2011, 24(7):25–26. doi: 10.3969/j.issn.1002-3429.2011.07.016.
- Che JH, Ji W, Ding K, et al. Da Vinci Surgical System in Treatment of Cholelithiasis Combined with Cholecystoduodenal Fistula[J]. Clinical Misdiagnosis & Mistherapy, 2011, 24(7): 25–26. doi: 10.3969/j.issn.1002-3429.2011.07.016.
- [35] Di Benedetto F, Petrowsky H, Magistri P, et al. Robotic liver resection: hurdles and beyond[J]. Int J Surg, 2020, 82S: 155–162. doi:10.1016/j.ijsu.2020.05.070.
- [36] Safiejko K, Pedziwiatr M, Pruc M, et al. Robotic versus laparoscopic liver resections for colorectal metastases: a systematic review and meta-analysis[J]. Cancers (Basel), 2024, 16(8): 1596. doi:10.3390/cancers16081596.
- [37] 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.
- [38] 涂志坚, 曹辉, 周鹏宇, 等. 术后加速康复背景下机器人与腹腔镜左半肝切除治疗肝胆管结石的疗效分析[J]. 中华肝胆外科杂志, 2024, 30(4): 259–264. doi: 10.3760/cma.j.cn113884-20231120-00141.
- Tu ZJ, Cao H, Zhou PY, et al. Comparison of robotic and laparoscopic left hemihepatectomy in the treatment of hepatolithiasis based on enhanced recovery after surgery management[J]. Chinese Journal of Hepatobiliary Surgery, 2024, 30 (4):259–264. doi:10.3760/cma.j.cn113884-20231120-00141.

(本文编辑 宋涛)

**本文引用格式:** 黄龙, 赖建林, 郑康宇, 等. 机器人手术在复杂胆道结石治疗中应用效果的单中心回顾性对比研究[J]. 中国普通外科杂志, 2025, 34(8):1662–1670. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.250371

**Cite this article as:** Huang L, Lai JL, Zheng KY, et al. Robotic surgery for complex bile duct stones: a retrospective single-center comparative study[J]. Chin J Gen Surg, 2025, 34(8): 1662–1670. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.250371