

·专题·儿童微创肝胆手术·

单孔机器人技术与常规腹腔镜治疗 儿童胆总管囊肿



全文二维码

谢周龙 李晨晨 陈盛 严志龙

上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心普外科,上海 200127

通信作者:严志龙;Email:dryanzhilong@163.com

【摘要】 目的 比较单孔机器人辅助腹腔镜与传统多孔腹腔镜治疗儿童胆总管囊肿的特点及效果。**方法** 本研究为回顾性研究,收集上海儿童医学中心普外科 2022 年 1 月至 2023 年 12 月收治的 20 例胆总管囊肿患儿作为研究对象。根据手术方式的不同分为单孔机器人组($n=10$)和传统腹腔镜组($n=10$)。比较两组手术时长、术中出血、术后禁食时间、术后引流管留置时长、住院时长、住院费用以及并发症等资料。**结果** 单孔机器人组较传统腹腔镜组术后恢复经口进食时间更早[3.00(2.00, 4.00)d 比 4.00(3.75, 5.00)d], 年龄更大[(8.12 ± 3.50)岁比(4.37 ± 3.37)岁], 且手术费用更高[(69 655.54 ± 10 193.48)元 比(54 102.10 ± 5 406.47)元], 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。两组手术时间、术中出血量、术后住院时长、术后引流管留置时长比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 单孔机器人腹腔镜辅助胆总管囊肿根治术安全有效, 较传统腹腔镜手术术后恢复更快, 且操作更加精细、切口少、创伤小, 术后外观更佳; 但费用更高, 且在小年龄儿童中应用存在一定局限性。

【关键词】 腹腔镜; 机器人手术; 胆总管囊肿; 儿童**基金项目:** 贵州省科技成果转化及产业化计划项目(黔科合成果-LC[2024]107)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202507056-005

Comparison of single-port robotic and conventional laparoscopic surgery for choledochal cysts in children

Xie Zhoulonglong, Li Chenchen, Chen Sheng, Yan Zhilong

Department of General Surgery, Shanghai Children's Medical Center, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200127, China

Corresponding author: Yan Zhilong, Email: dryanzhilong@163.com

【Abstract】 Objective To compare the characteristics and outcomes of single-port robot-assisted laparoscopic surgery and conventional multi-port laparoscopic surgery in the treatment of choledochal cysts in children. **Methods** This retrospective study included 20 pediatric patients with choledochal cysts treated in the Department of General Surgery at Shanghai Children's Medical Center between January 2022 and December 2023. According to the surgical approach, patients were divided into the single-port robot-assisted laparoscopic surgery group ($n=10$) and the conventional multi-port laparoscopic group ($n=10$). The two groups were compared regarding operative time, intraoperative blood loss, postoperative fasting time, duration of drain placement, length of hospital stay, hospitalization cost, and postoperative complications. **Results** Compared with the conventional laparoscopic group, the single-port robotic group showed a shorter time to postoperative oral intake [3.00(2.00, 4.00) days vs. 4.00(3.75, 5.00) days], older patient age [(8.12 ± 3.50) years vs. (4.37 ± 3.37) years], and higher hospitalization cost [(69,655.54 ± 10,193.48) yuan vs. (54,102.10 ± 5,406.47) yuan], with statistically significant differences ($P < 0.05$). There was no significant differences between the two groups in operative time, intraoperative blood loss, postoperative hospital stay, or duration of drain placement ($P > 0.05$). **Conclusions** Single-port robot-assisted laparoscopic choledochal cyst excision is safe and effective. Compared with conventional laparoscopic surgery, it offers faster postoperative recovery, more precise manipulation, fewer incisions, smaller trauma, and better cosmetic outcomes. However, it is associated with higher costs and certain limitations in younger pediatric patients.

【Key words】 Laparoscopy; Robotic Surgical Procedures; Choledochal Cyst; Child

Fund program: Guizhou Province Science and Technology Achievement Transformation and Industrialization Plan Project (Qianke Synthetic Fruit LC[2024]107)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202507056-005

胆总管囊肿又称先天性胆总管扩张症,是临床常见的先天性胆道畸形之一,主要病变为胆总管囊状或梭状扩张,可伴有肝内胆管扩张。胆总管囊肿发病率存在地域差异,亚洲国家发病率为 1/1 000 左右^[1]。外科手术是胆总管囊肿的首选治疗方式,包括开放手术及腹腔镜手术。腹腔镜手术操作难度较高,尤其是在腹腔镜下行胆肠吻合,即使拥有扎实外科基础的主刀医师也需要一定的学习曲线才能熟练完成^[2]。Woo 等^[3]于 2006 年在美国成功开展了世界首例机器人手术系统辅助儿童胆总管囊肿切除术,目前国内也有采用达·芬奇机器人手术系统进行儿童胆总管囊肿切除手术的报道^[4-5]。随着手术机器人系统的改进,从最早的多孔机器人发展进化出了单孔机器人系统(即通过唯一的皮肤切口完成手术治疗),将微创推向了极致。上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心作为全国首次在儿童普外科领域使用国产(术锐)自主研发的单孔蛇形臂手术机器人系统(中国临床试验注册中心注册号 ChiCTR2300070365)的医疗单位,本文旨在初步总结该单位胆总管囊肿的相关诊治经验,为其在儿科领域的应用提供参考^[6-7]。

资料与方法

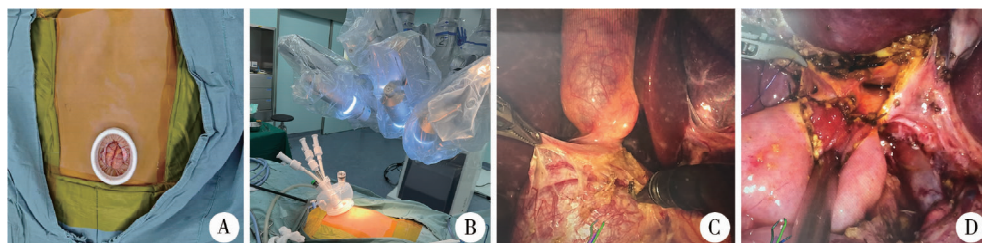
一、临床资料

本研究为回顾性研究,收集上海儿童医学中心普外科 2022 年 1 月至 2023 年 12 月收治的胆总管囊肿患儿 20 例作为研究对象。根据手术方式的不同分为单孔机器人组($n=10$)和传统腹腔镜组($n=10$)。病例纳入标准:① I 型胆总管囊肿;② 年龄 < 18 岁;③ 体重 > 10 kg;④ 经术前影像学检查

(CT/MRI/超声等)诊断明确;⑤ 美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists, ASA)分级 I ~ II 级;⑥ 保留完整的术中录像。排除标准:① 接受急诊手术;② 合并其他器官功能不全或畸形(如心肺功能不全、肾功能不全等)。本研究经过上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心伦理委员会审批(SCMCIRB-K2022161-2),患儿家属均对本研究内容知情同意。

二、手术方法

取脐部正中做一纵行 3 cm 左右切口,将空肠经此拖出,于距离屈氏韧带 15 ~ 20 cm 处横断空肠,留取胆支空肠 30 ~ 40 cm,将胆支空肠与胃支空肠做端侧吻合,并用不可吸收线固定形成“Y”形。拖出横结肠,于肝曲系膜无血管处开窗,并将胆支空肠经此处穿过,缝针固定、关闭结肠系膜裂孔。将肠管回纳腹腔,安装专用切口保护器,建立二氧化碳气腹,压强 10 ~ 12 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa)。置入专用鞘管,将鞘管的 4 个通道分别与机器人手术系统 1 ~ 4 号臂对接,并安装相应器械(通常 3 号臂安装三维视镜,1、2、4 号臂分别安装操作及辅助器械)。对接完成后开始机器人手术系统辅助下手术,直视下悬吊胆囊于上腹壁并暴露囊肿,游离胆囊及胆总管囊肿,切开囊肿前壁并沿囊肿黏膜横断囊壁,探查并修剪远端囊壁并结扎胆总管远端残留。切除胆囊并修剪近端囊壁,分别探查冲洗左右肝管开口,修剪留取近端肝总管开口直径 1.5 cm 左右。将胆支空肠托至肝门部,与肝总管作后壁连续、前壁间断缝合,检查吻合口通畅无渗漏,并与周围组织固定 2 ~ 3 针,冲洗术野,吸净腹腔渗液,肝肾间隙置引流管,关闭切口,见图 1。手术成功的定义:顺利完成手术治疗,且术中未发生术式的改变(任何原



注 A: 经脐 3 cm 左右纵切口, 置入切口保护套, 拖出肠管体外进行端侧吻合; B: 安装专用切口保护套, 透明的材质有助于手术中观察及操作; C: 单孔机器人手术系统辅助腹腔镜下游离胆总管囊肿并切除; D: 胆肠吻合后壁吻合已完成

图 1 单孔机器人辅助腹腔镜下胆总管囊肿手术照片

Fig. 1 Intraoperative images of single-port robot-assisted laparoscopic choledochal cyst surgery

因导致的中转开腹,或中转其他类型的腹腔镜手术)。

术后患儿返回本院普外科病房,术后当日处理包括 I 级护理、心电监测、胃肠减压、抗感染等对症支持。根据患儿恢复情况逐步开放饮食,择期拔除引流管,术后 1 周左右酌情安排出院。出院后门诊继续随诊 3 个月左右。

三、观察指标

比较两组手术时间、术中出血,术后恢复经口进食时间、术后引流管留置时长、术后住院时长、手术费用以及并发症等资料。

四、统计学处理

用 SPSS 21.0 对进行统计分析,服从正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用两独立样本 t 检验进行组间比较;不服从正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示采用 Wilcoxon 秩和检验进行组间比较。计数资料采用频数描述,采用卡方检验进行组间比较。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

两组患儿性别、身高、囊肿直径比较差异无统计学意义($P > 0.05$),单孔机器人组年龄及体重大于传统腹腔镜组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。两组患儿手术时间、术中出血量差异无统

计学意义($P > 0.05$)。两组术后住院时长、术后引流管留置时长差异无统计学意义($P > 0.05$);单孔机器人组术后恢复经口进食时间更早,差异有统计学意义($P < 0.05$);单孔机器人组手术费用明显高于传统腹腔镜组,差异有统计学意义($P < 0.05$);所有患儿术后均无腹胀、呕吐等不适,均未发生术后相关并发症。见表 2。

讨 论

目前,腹腔镜手术已成为国内治疗儿童胆总管囊肿的标准术式,涵盖了多孔腹腔镜和单孔腹腔镜等多种微创方式。在传统多孔腹腔镜基础上发展而来的多孔机器人辅助手术^[8],凭借其三维高清成像和高度灵活的仿真机械臂设计,显著提升了手术的可操作性和精准性^[9-10]。如今具有“切口更隐蔽美观、术后恢复更快”等特点的单孔腹腔镜手术更受人青睐,然而采用传统多孔机器人手术系统行单孔腹腔镜手术不仅操作灵活度欠佳、手术区域较小,还需要特制的通道或辅助设备等,因此尚未广泛开展^[11]。单孔机器人辅助腹腔镜手术系统(如国产的“术锐”),则进一步融合了单孔微创理念与机器人技术的先进性,在儿童胆总管囊肿手术中展现出独特的综合优势。

表 1 两组胆总管囊肿患儿基线资料比较

Table 1 Comparison of baseline characteristics between two groups of children with choledochal cysts

分组	例数	性别(例)		年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	身高 ($\bar{x} \pm s$, cm)	体重 [$M(Q_1, Q_3)$, kg]	囊肿直径 ($\bar{x} \pm s$, mm)
		男	女				
单孔机器人组	10	3	7	8.12 ± 3.50	126.80 ± 23.24	23.20(16.63, 42.03)	38.40 ± 23.27
传统腹腔镜组	10	2	8	4.37 ± 3.37	103.80 ± 26.11	15.65(10.73, 21.25)	46.80 ± 22.87
统计量	-	$\chi^2 = 0.267$		$t = -2.442$	$t = -2.081$	$Z = -2.117$	$t = 0.814$
P 值	-	0.606		0.025	0.052	0.034	0.426

注 “-”:无相关数据

表 2 两组胆总管囊肿患儿手术指标比较

Table 2 Comparison of surgical parameters between two groups of children with choledochal cysts

分组	例数	手术时间 [$M(Q_1, Q_3)$, min]	术中出血 [$M(Q_1, Q_3)$, mL]	术后住院时长 [$M(Q_1, Q_3)$, 天]	术后恢复 经口进食时间 [$M(Q_1, Q_3)$, 天]	术后引流管 留置时长 [$M(Q_1, Q_3)$, 天]	手术费用 ($\bar{x} \pm s$, 元)	并发症 (例)
单孔机器人组	10	322.50 (266.25, 360.00)	10.00 (10.00, 12.50)	8.00 (7.75, 9.00)	3.00 (2.00, 4.00)	4.00 (3.00, 7.25)	69 655.54 ± 10 193.48	0
传统腹腔镜组	10	262.50 (231.25, 321.25)	10.00 (5.00, 20.00)	8.00 (7.00, 10.00)	4.00 (3.75, 5.00)	5.00 (4.00, 5.25)	54 102.10 ± 5 406.47	0
统计量	-	$Z = -1.097$	$Z = -0.415$	$Z = -0.354$	$Z = -2.580$	$Z = -0.543$	$t = -4.263$	-
P 值	-	0.273	0.678	0.724	0.010	0.587	0.000	-

注 “-”:无相关数据

单孔机器人腹腔镜手术系统的组成部分包括:可重复使用的可弯曲蛇形机械臂,4 通道手术执行系统,远程控制台及手术设备台车(均含高清三维显示器)。蛇形机械臂直径 8 mm,具有两段,且均可四向弯转(最大弯曲角度超过 135°),能够在体内灵活弯曲,末端分为剪刀、分离钳、抓钳、持针器、电钩等手术器械以满足不同的操作需要。其核心优势体现在设计紧凑性、运动灵活性和负载可靠性上,让单孔手术的操作更灵活、更便捷,改变了传统器械的刚性操作模式^[7]。

采用传统腹腔镜进行单部位手术时,常因器械的“筷子效应”、“反向操作”等限制了操作的流畅性,手术者的体验也较差,胆总管囊肿的手术操作本身就比较复杂,尤其并发胆道炎症及胆道变异会显著延长手术操作时间,增加手术风险及并发症的发生率,而单孔机器人辅助系统很大程度上改善及弥补了此点。其各蛇形机械臂通过专用鞘管(包含 4 个通道)经单切口置入体内,展开后便呈三角形操作平面,避免了传统腹腔镜单孔操作时容易出现的“筷子效应”、“反向操作”等问题。同时,蛇形操作臂不仅具有更高的自由度,还能过滤术者手部抖动加强稳定使操作更为精细,配上该系统的运动缩放功能,术野可以放大 10 倍左右,且有立体图像,使视野更加清晰,即使在一些复杂和局限的手术区域仍可精准操作^[7]。另外,手术操作者可以坐着操作机械臂以获得最大的舒适度。专用的切口保护器(图 1B)上还留有辅助孔,方便助手术中进行协助操作。

采用单孔腹腔镜机器人手术系统进行胆总管囊肿切除的主要操作要点和技巧如下:①首先经脐部切口将空肠近端提出,在体外做肠管 R-Y 吻合,并将胆道空肠支经结肠肝区系膜戳孔穿过送至肝下。②为达到有效的手术操作空间和距离,可将胆囊底悬吊于胸壁,这一步操作是创造良好手术操作视野的关键,再用一把操作臂下拉十二指肠,可以较好显露第一肝门及胆总管远端。③通过操控蛇形机械臂完成胆囊及胆总管囊肿的游离和切除,得益于操作臂的灵活性,术中能清晰地游离至胆总管远端,更加精细的操作避免因大块组织的灼伤而引起局部疤痕及狭窄;胆总管远端开口内可以置管进行冲洗、取石等操作。④传统腹腔镜在处理胆总管远端时比较难显露清楚远端低位胆总管开口,容易残留过多的囊壁,在术后引起胰腺头部的继发性囊肿。⑤行胆肠吻合时,在该系统 10 倍视野放大效果的加持下,整个过程显得非常精细及方便,同时

在术中也比较容易发现合并的胆道畸形并进行胆道的重建和修补。另外,由于专用切口保护器的特殊结构,通过上提切口保护器,可以扩大腹腔操作空间。

本研究结果表明,在严格掌握适应证和规范操作下,单孔机器人辅助腹腔镜胆总管囊肿切除术是安全的,本研究单孔机器人组在手术时间、术中出血量、术后并发症发生率等关键围手术期指标上,与传统腹腔镜组相比无明显差异。由于单孔机器人更为精细的操作使得术中的副损伤及对胃肠道的牵拉和刺激大大降低,本研究中单孔机器人组术后恢复经口进食时间明显早于传统腹腔镜组($P < 0.05$),术后饮食恢复时间更快,给患者带来了更优质的体验。诚然,由于技术复杂性和专用耗材(如蛇形臂、切口保护器、鞘管等),单孔机器人组的手术总费用目前显著高于传统腹腔镜手术。本研究采用的国产“术锐”系统,其购置和维护成本已显著低于同类型进口机器人系统,具有更高的性价比。随着技术普及和国产化深入,成本有望进一步优化。此外,传统腹腔镜组通常需要 3~4 个切口,相比之下单孔机器人组仅有的一个手术切口隐匿于脐部,充分体现其在微创及美观方面相较于传统腹腔镜的进一步优势。

单孔机器人腹腔镜手术系统为单部位多个操作孔,操作器械在腹腔内要作蛇形弯曲,因此需要一定的纵深空间,这就需要在脐部的切口与腹腔内操作部位之间留出一定的距离,厂家给出官方的数据是要求从鞘管出口至手术部位至少需要 7 cm 的距离。若操作距离比较近,则腹腔内手术操作会有困难或不能操作,这就限制了该手术系统的应用,所以选择合适的病人很重要,在我们的经验中,目前为止顺利完成手术的年龄最小患儿为 2 岁 7 月龄(身高 86 cm,体重 11.6 kg),对于更小年龄患儿需要进一步评估,我们目前仍在不断探索其在儿童中的应用的年龄或体重底限。同时如果患儿囊肿巨大且有明显炎症,也并不一定适合腹腔镜手术。机器人手术既有优势也有局限,需要术者根据患儿实际病情需要及经济情况,把握好手术指征

单孔机器人腹腔镜辅助系统代表了微创外科技术的前沿发展,其在儿童胆总管囊肿根治术中的应用,核心优势在于通过革命性的蛇形机械臂技术,在单一切口的极限微创条件下,实现了远超传统单孔腹腔镜操作灵活性和精准度,并兼具多孔机器人三维视野、精细操作和震颤过滤等优点。它不

仅显著改善了术者操作体验,更在关键步骤(如远端胆总管处理、精细吻合、变异肝管处理等)上提升了手术的安全性和彻底性,同时达成了最优的术后外观。虽然当前手术费用较高,但手术机器人国产化带来的成本优势已初步显现。随着技术成熟和成本控制,有望在儿童复杂肝胆外科领域(特别是追求极致微创与精准的手术中),发挥越来越重要的作用。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 谢周龙负责研究设计与实施、数据整理、统计分析、论文撰写;李晨晨负责研究实施、数据整理、论文撰写;陈盛负责研究实施与技术支持;严志龙负责研究指导、研究设计与实施、技术支持,论文讨论分析、论文审阅、经费支持

参 考 文 献

- [1] Freeman NV. Choledochal cysts; N. A. Oldbourne. Ann. R. Coll. Surg. Engl. 56:26, 1975 [J]. J Pediatr Surg, 1975, 10(4):563-564. DOI:10.1016/0022-3468(75)90232-8.
- [2] Wen Z, Liang HY, Liang JK, et al. Evaluation of the learning curve of laparoscopic choledochal cyst excision and Roux-en-Y hepaticojejunostomy in children: CUSUM analysis of a single surgeon's experience [J]. Surg Endosc, 2017, 31(2):778-787. DOI:10.1007/s00464-016-5032-5.
- [3] Woo R, Le D, Albanese CT, et al. Robot-assisted laparoscopic resection of a type I choledochal cyst in a child [J]. J Laparoendosc Adv Surg Tech A, 2006, 16(2):179-183. DOI:10.1089/lap.2006.16.179.
- [4] 谢小龙,李可为,王川,等.达芬奇机器人手术系统辅助儿童胆总管囊肿切除术的临床疗效分析[J].中华小儿外科杂志,2021,42(7):610-616. DOI:10.3760/cma.j.cn421158-20200227-00122.
Xie XL, Li KW, Wang C, et al. Clinical efficacy of Da Vinci (SI) robot-assisted choledochal cyst excision in pediatrics [J]. Chin J Pediatr Surg, 2021, 42(7):610-616. DOI:10.3760/cma.j.cn421158-20200227-00122.
- [5] 池水清,徐银慧,汤绍涛,等.机器人与传统腹腔镜在小儿胆总管囊肿手术中应用的对比研究[J].机器人外科学杂志(中英文),2021,2(4):248-254. DOI:10.12180/j.issn.2096-7721.2021.04.002.
Chi SQ, Xu YH, Tang ST, et al. Comparison between robot-assisted and traditional laparoscopic surgery on choledochal cyst excision and hepaticojejunostomy in children [J]. Chin J Robot Surg, 2021, 2(4):248-254. DOI:10.12180/j.issn.2096-7721.2021.04.002.
- [6] 谢周龙,谢晨捷,姜大朋,等.国产单孔机器人手术系统在儿童胆总管囊肿切除术中的初步应用[J].中华小儿外科杂志,2025,46(6):536-540. DOI:10.3760/cma.j.cn421158-20230721-00030.
Xie ZLL, Xie CJ, Jiang DP, et al. Preliminary application of domestic single-port robotic surgical system in pediatric choledochal cyst excision [J]. Chin J Pediatr Surg, 2025, 46(6):536-540. DOI:10.3760/cma.j.cn421158-20230721-00030.
- [7] 谢晨捷,谢周龙,严志龙,等.国产单孔机器人手术系统在儿童卵巢肿瘤切除术中的初步应用[J].温州医科大学学报,2024,54(11):875-879. DOI:10.3969/j.issn.2095-9400.2024.11.003.
Xie CJ, Xie ZLL, Yan ZL, et al. Preliminary application of domestic single-hole robotic surgical system in ovarian tumor excision in children [J]. J Wenzhou Med Univ, 2024, 54(11):875-879. DOI:10.3969/j.issn.2095-9400.2024.11.003.
- [8] Kearns JT, Gundeti MS. Pediatric robotic urologic surgery-2014 [J]. J Indian Assoc Pediatr Surg, 2014, 19(3):123-128. DOI:10.4103/0971-9261.136456.
- [9] Cundy TP, Marcus HJ, Clark J, et al. Robot-assisted minimally invasive surgery for pediatric solid tumors: a systematic review of feasibility and current status [J]. Eur J Pediatr Surg, 2014, 24(2):127-135. DOI:10.1055/s-0033-1347297.
- [10] 金益,陈青江,章跃滨,等.达芬奇机器人与腹腔镜在儿童肠重复畸形切除术中的应用对比研究[J].临床小儿外科杂志,2022,21(7):632-636. DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202204005-007.
Jin Y, Chen QJ, Zhang YB, et al. Comparative study of Da Vinci technique versus traditional laparoscopy in the treatment of intestinal duplication [J]. J Clin Ped Sur, 2022, 21(7):632-636. DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202204005-007.
- [11] Janetschek G. Robotics: will they give a new kick to single-site surgery? [J]. Eur Urol, 2014, 66(6):1044-1045. DOI:10.1016/j.eururo.2014.07.029.

(收稿日期:2025-08-06)

本文引用格式:谢周龙,李晨晨,陈盛,等.单孔机器人技术与常规腹腔镜治疗儿童胆总管囊肿[J].临床小儿外科杂志,2025,24(11):1022-1026. DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202507056-005.

Citing this article as: Xie ZLL, Li CC, Chen S, et al. Comparison of single-port robotic and conventional laparoscopic surgery for choledochal cysts in children [J]. J Clin Ped Sur, 2025, 24(11):1022-1026. DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202507056-005.