

· 论 著 ·

吲哚菁绿荧光显像技术在腹腔镜复杂胆道术中胆道识别的作用

高存彬, 魏晓平, 何俊, 于恒海, 邓港
昆明医科大学第二附属医院肝胆外科, 云南 昆明 650106

摘要: **目的** 研究在腹腔镜复杂胆道术中, 吲哚菁绿(ICG) 荧光显像技术的应用及在胆道识别中的作用。 **方法** 回顾性收集 2019 年 8 月至 2022 年 8 月昆明医科大学第二附属医院收治的 54 例行腹腔镜下复杂胆道手术患者的临床资料, 患者均患有肝外胆管结石, 且既往有上腹部手术史。其中 25 例行 ICG 荧光显像手术(荧光显像组), 29 例行常规腹腔镜手术(常规手术组), 比较两组患者的术中及术后相关情况。 **结果** 与常规手术组比较, 荧光显像组手术时间[(110.68±19.03) min vs (147.83±28.59) min]、寻找胆管时间[(30.92±9.72) min vs (56.52±18.84) min]、出血量[(43.61±30.67) mL vs (87.93±15.67) mL] 明显降低($P<0.05$); 排气时间、拔管时间、住院时间及住院总费用均明显减少($P<0.05$); 术后并发症总发生率略降低, 但差异无统计学意义(4.00% vs 27.59%, $\chi^2=3.814, P>0.05$)。 **结论** 与常规腹腔镜手术相比, ICG 荧光显像技术可在术中实时显示胆道系统, 能够减少术中寻找胆管时间、降低术中出血量、缩短手术时间、提高手术安全性, 降低患者负担, 具有较好的临床应用价值。

关键词: 吲哚菁绿; 荧光显像; 复杂胆道; 多次手术史; 再次手术; 腹腔镜; 胆道损伤; 胆漏

中图分类号: R657.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8182(2023)08-1138-05

Role of indocyanine green fluorescence imaging in biliary tract recognition during laparoscopic difficult biliary surgery

GAO Cunbin, WEI Xiaoping, HE Jun, YU Henghai, DENG Gang

Department of Hepatobiliary, The Second Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming, Yunnan 650106, China

Corresponding author: WEI Xiaoping, E-mail: florakm@163.com

Abstract: **Objective** To study the role of indocyanine green (ICG) fluorescence imaging in biliary tract recognition during laparoscopic difficult biliary tract surgery. **Methods** The clinical data of 54 patients with laparoscopic difficult biliary surgery admitted to The Second Affiliated Hospital of Kunming Medical University from August 2019 to August 2022 were retrospectively collected. All patients had extrahepatic bile duct stones and had a history of upper abdominal surgery. Among them, 25 patients underwent ICG fluorescence imaging surgery (fluorescence imaging group) and 29 patients underwent conventional laparoscopic surgery (conventional surgery group). The intraoperative and postoperative conditions of two groups were compared. **Results** Compared with the conventional surgery group, the operation time [(110.68±19.03) min vs (147.83±28.59) min], the time to find bile duct [(30.92±9.72) min vs (56.52±18.84) min], and the amount of bleeding [(43.61±30.67) mL vs (87.93±15.67) mL] were significantly reduced ($P<0.05$), the time of exhaust, extubation, hospitalization and total cost of hospitalization were significantly reduced ($P<0.05$) in the fluorescence imaging group. There was no statistically significant difference total complications rate between fluorescence imaging group and conventional surgery group (4.00% vs 27.59%, $\chi^2=3.814, P>0.05$). **Conclusion** ICG fluorescence imaging technology can display the biliary system in real time during operation. Compared with conventional laparoscopic surgery, it can reduce the time to find bile ducts, reduce the amount of bleeding, shorten the

DOI: 10.13429/j.cnki.cjcr.2023.08.005

基金项目: 云南省科技厅科技计划项目(202201AY070001-116); 昆明医科大学 2022 年硕士研究生创新基金立项项目(2022S286)

通信作者: 魏晓平, E-mail: florakm@163.com

出版日期: 2023-08-20

operation time, improve the safety of surgery, and reduce the burden of patients. It has good clinical application value.

Keywords: Indocyanine green; Fluorescence imaging; Difficult biliary tract; History of multiple operations; Reoperation; Laparoscopy; Biliary tract injury; Bile leakage

Fund program: Science and Technology Plan Project of Yunnan Provincial Department of Science and Technology (202201AY070001-116); Innovation Fund for Postgraduates in 2022 of Kunming Medical University (2022S286)

胆道结石是我国常见的胆道疾病^[1],发病率占胆道疾病的10%且逐年升高^[2],目前胆道结石首选手术方式为腹腔镜胆道探查取石术^[3],但复杂胆道(既往有一次或多次手术上腹部手术史)的患者,往往因肝门严重粘连而选择开腹手术或腹腔镜中转开腹,即便如此,手术仍极易导致胆管损伤^[4]。胆管损伤可继发急性胆管炎、胆管狭窄、肝硬化等严重后果,甚至需要肝移植^[5-6]。术前影像学检查如MRI、B超等,均不能直观展现手术组织解剖关系。吲哚菁绿(indocyanine green, ICG)经肝脏细胞摄取而全部经胆道代谢,通过荧光显像技术可充分显露胆道结构,从而有效避免胆道损伤,提高手术安全性。笔者团队在腹腔镜复杂胆道术中使用ICG荧光显像技术,并将该方法与同期传统腹腔镜胆道手术进行比较。报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 回顾性收集2019年8月至2022年8月期间昆明医科大学第二附属医院54例患有胆管结石、既往有一次或多次上腹部手术史,且行腹腔镜下复杂胆道手术患者的临床资料,其中25例行ICG荧光显像手术(荧光显像组),29例行常规腹腔镜手术(常规手术组)。两组患者一般资料比较差异无统计学意义($P>0.05$)。见表1。纳入标准:(1)术前影像学检查诊断为肝外胆管结石;(2)既往有一次或多次上腹部手术史;(3)术前经ICG皮试无过敏反应;(4)临床资料完整。排除标准:(1)已行经皮经肝胆管穿刺引流术;(2)对手术及ICG不耐受者。本研究已获得医院伦理委员会批准(审-PJ-科-2022-153)。

1.2 方法 两组患者术前签署知情同意书,手术均由副高及以上外科医生完成。

1.2.1 荧光显像组(采用ICG荧光显像技术) 全麻后建立气腹,常规四孔法实施手术,进入腹腔后发现腹腔粘连,肝门部粘连严重,无法识别胆道结构(开始计时寻找胆管时间),此时经患者肘静脉注射ICG(剂量参照国内外文献为2.5 mg/例,10 min后肝外胆道可充分显影,持续时间3~6 h^[7-9]),等

待显影过程中先予患者行肠粘连松解术,游离肝脏下缘后逐步向内分离组织,分离过程中ICG已随胆汁排出,根据荧光显影结果及术者视诊,可视化定位肝外胆道位置,采用穿刺针确认定位,若抽出胆汁,再以穿刺点为标记打开胆道,见胆汁流出可证实为胆道结构,纵行切开胆总管约1 cm(计时结束)。经剑突下Trocar放置胆道镜至胆总管内,充分探查胆总管,使用取石网篮取尽结石后经切口置入T管,缝合胆总管,证实无胆渗胆漏后将T管经右侧辅助孔引出并结束手术。见图1。

1.2.2 常规手术组(采用传统腹腔镜手术) 患者全身麻醉下行腹腔镜胆道探查术,并常规进行手术规划及术前准备,建立气腹,发现腹腔广泛粘连,无法识别肝外胆道结构(此时开始计时寻找胆管时间),根据术者手术经验,仔细分离粘连组织,充分暴露胆总管后,采用穿刺针确定为胆总管,纵行切开胆总管约1 cm(计时结束)。探查胆总管、取净结石、置入并固定T管后结束手术。

1.3 疗效指标 比较两组手术时间、术中寻找胆管时间、术中出血量、中转开腹率;肛门排气时间、术后拔引流管时间、术后住院时间、住院费、术后并发症发生率(胆道损伤、胆汁漏、肠道损伤,其中胆汁漏诊断标准为:术后3 d内引流管均引出胆汁或单次引出胆汁量 ≥ 100 mL/d^[10])。术后进行门诊随访,内容主要包括肝肾功能、肝胆胰脾彩超以及有无结石残余、黄疸、腹痛等。

1.4 统计学方法 采用SPSS 25.0软件对数据进行统计学分析。计量资料经K-S检验符合正态分布,以 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料以例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验或校正 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

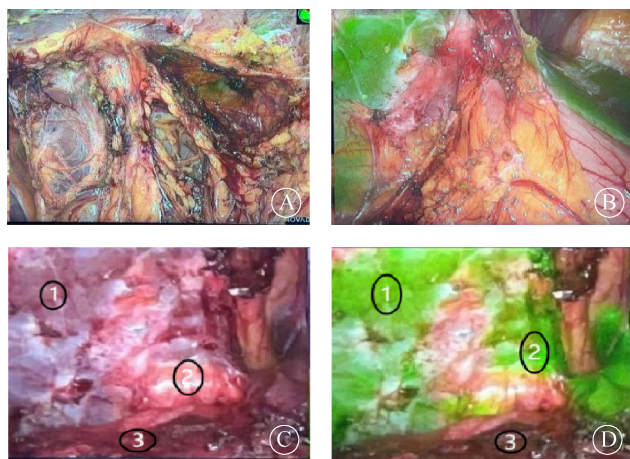
2 结果

2.1 两组患者术中情况比较 荧光显像组手术时间、术中寻找胆管时间、术中出血量均较常规手术组明显降低($P<0.05$)。荧光显像组无中转开腹病例,常规手术组中转开腹4例,两者比较差异无统计学意义($P>0.05$)。见表2。

表 1 两组患者术前基本情况对比
Tab. 1 Comparison of basic information of two groups of patients before operation

项目	荧光显像组 (n=25)	常规手术组 (n=29)	χ^2/t 值	P 值
性别 ^a				
男	14 (56.00)	12 (41.40)	1.150	0.284
女	11 (44.00)	17 (58.60)		
年龄(岁) ^b	58.44±13.02	56.21±9.47	0.726	0.471
上腹部手术史 ^a				
一次胆道手术史	13 (52.00)	15 (51.70)	0.617	0.961
二次胆道手术史	6 (24.00)	5 (17.20)		
三次胆道手术史	1 (4.00)	2 (6.90)		
肝部分切除手术史	3 (12.00)	4 (13.80)		
胃手术史	2 (8.00)	3 (10.30)		
胆道结石数目 ^a				
<2	17 (68.00)	18 (62.10)	0.207	0.649
≥2	8 (32.00)	11 (37.90)		
肝功能 ^b				
ALT(U/L)	81.80±39.24	89.89±30.31	0.854	0.397
AST(U/L)	75.52±46.26	81.79±35.25	0.565	0.575
TBIL(μmol/L)	30.66±13.84	32.26±19.57	0.341	0.734
DBIL(μmol/L)	17.64±11.87	19.87±14.22	0.623	0.538

注：^a表示数据以例(%)表示；^b表示数据以 $\bar{x}\pm s$ 表示。



注:A,术中肝门部分粘连严重,无法判断胆管位置;B,术中逐渐分离粘连,荧光无显像处为粘连组织;C、D,进一步分离至肝门深处,行荧光对比后确认胆管位置,①肝脏,②肝外胆管,③肠道。

图 1 ICG 显像导航复杂胆道识别手术照片
Fig. 1 Identification of difficult biliary tract in ICG imaging navigation

表 2 两组患者术中指标比较
Tab. 2 Comparison of intraoperative indexes between the two groups

组别	例数	手术时间 (min, $\bar{x}\pm s$)	寻找胆管时间 (min, $\bar{x}\pm s$)	术中出血量 (mL, $\bar{x}\pm s$)	中转开腹 [例(%)]
荧光显像组	25	110.68±19.03	30.92±9.72	43.61±30.67	0
常规手术组	29	147.83±28.59	56.52±18.84	87.93±15.67	4(13.79)
t 值		5.523	6.121	6.825	1.985
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	0.159

2.2 两组患者术后情况比较 荧光显像组术后肛门排气时间、引流管拔除时间、术后住院时间、住院总费用均较常规手术组明显降低,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 3。

2.3 两组患者术后并发症情况比较 荧光显像组:术后 1 例发生胆汁漏,3 d 后胆漏停止;无胆道损伤、肠道损伤等并发症发生。常规手术组:发生 3 例胆道损伤,因组织分辨不清而术中误伤胆管,其中 2 例电钩灼伤,灼伤处用 4/0 或 5/0 可吸收缝线“8”字缝合修补;1 例侧壁缺损,缺损长度约 3 mm,予以 T 管支撑半年后拔除,复查无胆道狭窄;3 例胆汁漏,其中 2 例为 T 管渗漏,分别于术后 4 d、5 d 胆漏停止,2 例术后持续胆漏,T 管造影发现迷走胆管损伤,T 管持续引流 2 周,胆漏停止;2 例肠道损伤,其中 1 例为十二指肠损伤,1 例为结肠损伤,均因术中无法辨清胆道与肠管粘连分界所致,予中转开腹,4/0 可吸收缝线“8”字缝合+浆肌层包埋修补损伤,术后予以胃肠减压对症治疗术后痊愈出院。荧光显像组总并发症发生率略低于常规手术组,但差异无统计学意义(4.00% vs 27.59%, $\chi^2 = 3.814$, $P = 0.051$)。

2.4 随访情况 两组患者术后 5~9 d 夹闭 T 管,4~9 周经 T 管用碘佛醇造影后根据有无残余结石及窦道形成情况拔除 T 管。常规手术组的 3 例患者因胆管损伤延长 T 管支撑时间至半年后行造影无结石及胆道狭窄。两组患者术后 3 个月随访均无结石残余、黄疸及腹痛,肝、肾功能均无异常,肝胆胰脾彩超均无异常。

表 3 两组患者术后情况比较 ($\bar{x}\pm s$)
Tab. 3 Comparison of postoperative conditions between the two groups ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	肛门排气 时间(d)	术后拔引流 管时间(d)	术后住院 时间(d)	住院总费用(元)
荧光显像组	25	1.84±0.80	3.24±2.26	5.16±2.89	26 143.71±2 429.51
常规手术组	29	2.97±0.49	5.38±0.73	7.14±1.27	28 910.68±4 404.55
t 值		6.294	4.823	3.327	2.794
P 值		<0.001	<0.001	0.002	0.007

3 讨论

近年来,胆道结石的发病率逐渐上升,多数患者需要手术治疗才能解决问题,部分患者既往有上腹部手术史,这往往会导致术区肝门部粘连严重及血管、胆管移位,再次手术时主刀医生需要花大量时间分离粘连并找寻胆管,当术中未能正确识别胆道时容易造成胆管损伤^[11],导致手术时间延长。既往有上腹部手术史患者再次手术时,医生通常采用开腹手术,但

随着患者对微创手术的要求越来越高,寻找一种微创手术适用的、简单有效又容易操作的识别肝外胆道的方法,是微创胆道手术过程中避免胆道损伤、提高胆道手术效率及治疗效果的关键。

ICG 是一种色素型水溶性分子,其在体内代谢完全由肝脏摄取并 100% 经胆道排出,在此期间不参与肠肝循环,没有生物活性改变,也不通过肾脏排泄^[12]。当它受光波刺激时,会释放出波长为 830 nm 的红外光^[13],此时经由荧光显像系统检测成像,可以直观显示 ICG 分子运行轨迹,最早被用于冠状动脉搭桥手术效果的评估^[14]。当前 ICG 荧光成像技术广泛用于肝脏手术中定位肿瘤,精准肝切除,避免肿瘤残余^[15-17]。研究证实在腹腔镜胆囊切除术中,该方法可清楚显示胆囊管、胆囊及胆总管,避免术中损伤管道^[18]。Booger 等^[19]报道了 ICG 荧光显像技术辅助下辨识胆道的研究,结果显示多数患者荧光可视化胆总管的走行极其清晰。

面对既往有上腹部手术史(尤其有胆道手术史)的患者,已有研究显示,ICG 引导荧光显像在开腹困难的复杂胆道术中可有效识别胆道^[20-21],但鲜见腹腔镜手术相关报道。本研究将该技术应用于腹腔镜复杂胆道术中,结果显示荧光显像组在手术时间、术中出血量、寻找胆管时间等方面均明显优于常规手术组,但两组中转开腹率比较差异无统计学意义。同时,荧光显像组在术后住院时间、拔管时间、住院总费用及术后并发症发生率等方面均优于常规手术组。分析原因为:(1) 传统开腹手术,如遇胆道显露困难,多依靠主刀医生的经验判断,或通过触摸胆管结石以引导识别胆道,腔镜手术则不具备这一优势。常规手术组中,2 例由于胆囊管增粗,胆囊管与胆总管并行,低位汇合,导致误将胆囊管认作胆总管切开,增加了手术时间。同时,胆道手术史可使胆管壁增厚,常规手术组即使辨清胆道,但反复多次电切后未见胆汁流出,主刀医生会因怀疑而再次寻找胆道,从而延长手术时间。ICG 荧光显像可直观显示肝外胆道,实现精准定位,增强主刀医生信心,减少无效操作。(2) 上腹部手术可造成肝门发生不同程度的粘连,粘连组织多为结肠或十二指肠。寻找胆管过程中,极易损伤肠管。常规组发生 2 例肠道损伤,均因无法辨清胆道与肠管粘连分界所致,这些损伤微创修补困难,故而中转开腹。ICG 在荧光下显示为醒目的翠绿色,与周围组织分界清楚,可有效避免误伤周围组织。(3) 既往多次胆道手术史的患者,肝门部多因粘连导致解剖结构紊乱。在寻找胆管过程中,一般于肝十二指肠韧带

右侧寻找管道结构并通过穿刺或切开以确认是否为胆道。常规手术组中,1 例患者右肝动脉变异,走行于胆道前方,在切开确认胆道过程中引发大出血,虽通过及时缝合止血,但 ICG 的应用可有效避免解剖紊乱所致并发症发生。(4) 常规手术组中 1 例胆漏为误伤迷走胆管所致,术中由于迷走胆管过细或被电刀暂时凝闭,未及时发现,术后虽通过腹腔引流及延长 T 管开放时间治愈,但延长了患者带管时间,增加了患者痛苦。而 ICG 组无 1 例发生胆道损伤,虽有 1 例胆漏,但为胆管壁水肿,缝合针眼渗漏所致,术后 3 d 即停止。(5) 两组患者总体并发症发生率、中转开腹率比较差异无统计学意义,考虑与样本量较少相关,但荧光显像组优势明显,其术中充分显露胆道,避免肠道损伤,无 1 例中转开腹。

如今 ICG 荧光显像技术在腹腔镜肝胆胰外科手术中的应用仍处于探索阶段,ICG 穿透率偏低,成像深度仅有 10 mm^[22],对胆管表面粘连超过 10 mm 的组织显影效果较差,如何在缩短手术时间的基础上做到精准 ICG 导航? 既往针对 ICG 注射时间存在多种观点^[23-25]。笔者经验是:入腹后,发现腹腔及肝门粘连严重,判断无法良好暴露胆管,即注射 ICG,先初步分离网膜,肠管与腹膜或原手术切口粘连,充分暴露肝脏直至显露肝十二指肠韧带走行,此时 ICG 多可通过胆汁代谢以实现胆道荧光显像,在 ICG 引导下仔细分离肝门粘连,显露胆管,这样,既缩短了手术时间,又可在 ICG 引导下做到胆管的精准显露,降低胆道损伤的概率。

综上所述,ICG 荧光显像技术在腹腔镜复杂胆道术中可有效引导识别胆道,具有简便、安全、有效的优势,有一定的临床应用与推广价值,但本研究样本量少,存在小样本试验结果的偶然性,还需要进一步增加样本量,并通过大样本多中心临床研究验证结果,共同评估并推广其临床价值。

利益冲突 无

参考文献

- [1] Cappelli A, Mosconi C, Cucchetti A, et al. Outcomes following percutaneous treatment of biliary stones[J]. HBP (Oxford), 2019, 21(8): 1057-1063.
- [2] Halldestam I, Kullman E, Borch K. Incidence of and potential risk factors for gallstone disease in a general population sample[J]. Br J Surg, 2009, 96(11): 1315-1322.
- [3] Ricci C, Pagano N, Taffurelli G, et al. Comparison of efficacy and safety of 4 combinations of laparoscopic and intraoperative techniques for management of gallstone disease with biliary duct cal-

- culi; a systematic review and network meta-analysis [J]. *JAMA Surg*, 2018, 153(7): e181167.
- [4] 高志清,付由池,刘正才.医源性胆管损伤的严重后果[J].中华肝胆外科杂志,2006,12(12):793-795.
Gao ZQ, Fu YC, Liu ZC. Severe consequence of iatrogenic bile duct injuries[J]. *Chin J Hepatobiliary Surg*, 2006, 12(12): 793-795.
- [5] de Santibañes E, Ardiles V, Gadano A, et al. Liver transplantation: the last measure in the treatment of bile duct injuries [J]. *World J Surg*, 2008, 32(8): 1714-1721.
- [6] Thomson BJ, Parks RW, Madhavan KK, et al. Liver resection and transplantation in the management of iatrogenic biliary injury [J]. *World J Surg*, 2007, 31(12): 2363-2369.
- [7] Vlek SL, van Dam DA, Rubinstein SM, et al. Biliary tract visualization using near-infrared imaging with indocyanine green during laparoscopic cholecystectomy: results of a systematic review [J]. *Surg Endosc*, 2017, 31(7): 2731-2742.
- [8] Yasuda T, Ueda T, Shinzeki M, et al. Increase of high-mobility group box chromosomal protein 1 in blood and injured organs in experimental severe acute pancreatitis [J]. *Pancreas*, 2007, 34(4): 487-488.
- [9] Tsutsui N, Yoshida M, Nakagawa H, et al. Optimal timing of pre-operative indocyanine green administration for fluorescent cholangiography during laparoscopic cholecystectomy using the PINPOINT® Endoscopic Fluorescence Imaging System [J]. *Asian J Endosc Surg*, 2018, 11(3): 199-205.
- [10] 肖玲,何坤,杨玉宇,等.肝胆手术后并发胆漏的诊断和治疗效果研究[J].解放军预防医学杂志,2019,37(7):66-67,70.
Xiao L, He K, Yang YY, et al. Diagnosis and treatment of bile leakage after hepatobiliary surgery [J]. *J Prev Med Chin People's Liberation Army*, 2019, 37(7): 66-67, 70.
- [11] Huang ZQ, Huang XQ. Changing patterns of traumatic bile duct injuries: a review of forty years experience [J]. *World J Gastroenterol*, 2002, 8(1): 5-12.
- [12] Sasaki K, Shindoh J, Margonis GA, et al. Effect of background liver cirrhosis on outcomes of hepatectomy for hepatocellular carcinoma [J]. *JAMA Surg*, 2017, 152(3): e165059.
- [13] 陈炉良,陆才德.吲哚菁绿荧光造影在肝胆外科手术中的应用进展[J].浙江医学,2018,40(5):534-536,546.
Chen LL, Lu CD. Application progress of indocyanine green fluorescence contrast in hepatobiliary surgery [J]. *Zhejiang Med J*, 2018, 40(5): 534-536, 546.
- [14] Rubens FD, Ruel M, Fremes SE. A new and simplified method for coronary and graft imaging during CABG [J]. *Heart Surg Forum*, 2002, 5(2): 141-144.
- [15] 姚超,张登勇,孙万亮,等.吲哚菁绿荧光显像技术在腹腔镜肝切除治疗原发性肝癌中的应用[J].中华全科医学,2021,19(7): 1121-1124.
Yao C, Zhang DY, Sun WL, et al. Application of indocyanine green fluorescence imaging in laparoscopic hepatectomy for primary liver cancer [J]. *Chin J Gen Pract*, 2021, 19(7): 1121-1124.
- [16] Li W, Han J, Xie GW, et al. Laparoscopic versus open mesohepatectomy for patients with centrally located hepatocellular carcinoma: a propensity score matched analysis [J]. *Surg Endosc*, 2019, 33(9): 2916-2926.
- [17] 方驰华,王晓颖,刘允怡.计算机辅助联合吲哚菁绿分子荧光影像技术在肝脏肿瘤诊断和手术导航中应用指南(2019版)[J].中国实用外科杂志,2019,39(7):641-650,654.
Fang CH, Wang XY, Liu YY. Computer-aided combined with indocyanine green molecular fluorescence imaging technology in the diagnosis and surgical navigation of liver tumors (2019 edition) [J]. *Chin J Pract Surg*, 2019, 39(7): 641-650, 654.
- [18] Ishizawa T, Bandai Y, Ijichi M, et al. Fluorescent cholangiography illuminating the biliary tree during laparoscopic cholecystectomy [J]. *Br J Surg*, 2010, 97(9): 1369-1377.
- [19] Boogerd LSF, Handgraaf HJM, Huurman VAL, et al. The best approach for laparoscopic fluorescence cholangiography: overview of the literature and optimization of dose and dosing time [J]. *Surg Innov*, 2017, 24(4): 386-396.
- [20] 陈涛.吲哚菁绿荧光显像在复杂胆道术中胆道识别导航的初步临床应用研究[D].泸州:西南医科大学,2019.
Chen T. Clinical application of indocyanine green fluorescence imaging in biliary recognition and navigation during difficult biliary surgery [D]. Luzhou: Southwest Medical University, 2019.
- [21] 方程,王飘,苏松,等.吲哚菁绿荧光成像在再次胆道探查术中的对照研究[J].中国普外基础与临床杂志,2022,29(6):711-715.
Fang C, Wang P, Su S, et al. A control study of indocyanine green fluorescence imaging in bile duct reexploration [J]. *Chin J Bases Clin Gen Surg*, 2022, 29(6): 711-715.
- [22] Wang XY, Teh CSC, Ishizawa T, et al. Consensus guidelines for the use of fluorescence imaging in hepatobiliary surgery [J]. *Ann Surg*, 2021, 274(1): 97-106.
- [23] Badawy A, El-Sayes IA, Sabra T. Image-guided laparoscopic cholecystectomy using indocyanine green fluorescence cholangiography: what is the optimal time of administration? [J]. *Minim Invasive Ther Allied Technol*, 2022, 31(6): 872-878.
- [24] van den Bos J, Wieringa FP, Bouvy ND, et al. Optimizing the image of fluorescence cholangiography using ICG: a systematic review and *ex vivo* experiments [J]. *Surg Endosc*, 2018, 32(12): 4820-4832.
- [25] Verbeek FP, Schaafsma BE, Tummers QR, et al. Optimization of near-infrared fluorescence cholangiography for open and laparoscopic surgery [J]. *Surg Endosc*, 2014, 28(4): 1076-1082.

收稿日期:2022-11-18 修回日期:2023-02-07 编辑:石嘉莹