



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.250162  
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.250162  
China Journal of General Surgery, 2025, 34(8):1718-1725.

· 临床研究 ·

## 吲哚菁绿荧光导航在单孔腹腔镜胆囊切除术中的临床应用价值

王晓冬, 张楷, 王荇, 任龙, 史凯航, 金涛, 沈振伟, 李凯

(江苏大学附属宜兴医院 肝胆胰外科, 江苏 宜兴 214000)

### 摘要

**背景与目的:** 单孔腹腔镜胆囊切除术 (LC) 因其创伤小、美容效果佳而日益普及, 但在胆管辨识及操作空间方面仍具挑战。吲哚菁绿 (ICG) 荧光导航能够实时显影胆管, 有望提高手术的安全性与效率。本研究旨在评估 ICG 荧光导航在单孔 LC 中的临床应用价值。

**方法:** 回顾性分析 2023 年 1 月—2024 年 12 月在江苏大学附属宜兴医院接受择期单孔 LC 的 59 例胆囊良性疾病患者, 根据是否使用 ICG 荧光导航分为荧光组 ( $n=27$ ) 和白光组 ( $n=32$ )。比较两组在胆囊三角解剖时间、手术时间、术中出血量、术者满意度、住院时间及并发症方面的差异。

**结果:** 两组患者一般临床特征差异无统计学意义 (均  $P>0.05$ )。荧光组患者的胆囊管、肝总管和胆总管均成功显影。与白光组比较, 荧光组的胆囊三角解剖时间 [  $(25.56 \pm 3.49)$  min vs.  $(38.81 \pm 5.59)$  min ]、手术时间 [  $(44.67 \pm 3.06)$  min vs.  $(61.31 \pm 4.96)$  min ] 及术中出血量 [  $(13.44 \pm 1.70)$  mL vs.  $(14.50 \pm 2.11)$  mL ] 均明显减少 (均  $P<0.05$ ), 且术者满意度明显更高 ( $P<0.05$ )。两组均未出现术中胆管损伤、中转为三孔手术或术后发生并发症。

**结论:** ICG 荧光导航可显著提高单孔 LC 中胆管辨识效率, 缩短手术时间, 减少出血, 并改善术者满意度, 具有良好的临床应用前景。

### 关键词

胆囊切除术, 腹腔镜; 吲哚花青绿; 胆囊结石病; 胆囊炎

中图分类号: R657.4

## Clinical value of indocyanine green fluorescence navigation in single-incision laparoscopic cholecystectomy

WANG Xiaodong, ZHANG Kai, WANG Xing, REN Long, SHI Kaihang, JIN Tao, SHEN Zhenwei, LI Kai

(Department of Hepatobiliary and Pancreatic Surgery, Yixing Hospital, Jiangsu University, Yixing, Jiangsu 214000, China)

### Abstract

**Background and Aims:** Single-incision laparoscopic cholecystectomy (LC) has become increasingly popular due to its minimal invasiveness and cosmetic advantages, but challenges remain in biliary identification and limited operative space. Indocyanine green (ICG) fluorescence navigation enables real-time visualization of the biliary tract and may enhance surgical safety and efficiency. This study aimed to

**基金项目:** 江苏省宜兴市科技计划基金资助项目 (2023SF13)。

**收稿日期:** 2025-03-20; **修订日期:** 2025-08-15。

**作者简介:** 王晓冬, 江苏大学附属宜兴医院硕士研究生, 主要从事肝胆胰疾病方面的研究。

**通信作者:** 张楷, Email: zk\_104@163.com

evaluate the clinical application value of ICG fluorescence navigation in single-incision LC.

**Methods:** A retrospective analysis was conducted on 59 patients with benign gallbladder diseases who underwent elective single-incision LC at Yixing Hospital affiliated to Jiangsu University from January 2023 to December 2024. Patients were divided into a fluorescence group ( $n=27$ ) and a white-light group ( $n=32$ ) according to whether ICG fluorescence navigation was applied. The two groups were compared in terms of Calot's triangle dissection time, operative time, intraoperative blood loss, surgeon satisfaction, hospital stay, and postoperative complications.

**Results:** No significant differences were observed in baseline clinical characteristics between the two groups (all  $P>0.05$ ). In the fluorescence group, the cystic duct, common hepatic duct, and common bile duct were all successfully visualized. Compared with the white-light group, the fluorescence group had significantly shorter Calot's triangle dissection time [( $25.56\pm3.49$ ) min vs. ( $38.81\pm5.59$ ) min], shorter operative time [( $44.67\pm3.06$ ) min vs. ( $61.31\pm4.96$ ) min], and less intraoperative blood loss [( $13.44\pm1.70$ ) mL vs. ( $14.50\pm2.11$ ) mL] (all  $P<0.05$ ), with significantly higher surgeon satisfaction ( $P<0.05$ ). No intraoperative bile duct injury, conversion to three-port surgery, or postoperative complications occurred in either group.

**Conclusion:** ICG fluorescence navigation can significantly improve biliary identification efficiency in single-incision LC, shorten operative time, reduce blood loss, and enhance surgeon satisfaction, demonstrating promising clinical application prospects.

#### Key words

Cholecystectomy, Laparoscopic; Indocyanine Green; Cholezystolithiasis; Cholecystitis

#### CLC number: R657.4

随着微创外科技术的不断发展,单孔腹腔镜胆囊切除术(laparoscopic cholecystectomy, LC)因其创伤小、术后恢复快以及美容效果佳,逐渐受到外科医生和患者的青睐<sup>[1]</sup>。然而,单孔LC由于手术通道单一、操作空间狭小,常伴随视野局限和器械干扰等问题,这些因素使得其手术操作难度较传统三孔LC显著增加,尤其在解剖胆囊三角和避免胆管损伤方面面临更大挑战<sup>[2]</sup>。

吲哚菁绿(indocyanine green, ICG)荧光技术作为微创外科领域的前沿创新,通过近红外光激发显影胆管及周围解剖结构,为术者提供实时视觉引导,显著提高手术的安全性和效率<sup>[3-4]</sup>。尤其在复杂解剖情况下,ICG荧光技术可有效降低医源性胆管损伤的风险<sup>[5]</sup>。大量研究<sup>[6-7]</sup>表明,ICG荧光成像在三孔LC中展现出显著优势,如提高胆管辨识效率、缩短手术时间及减少并发症的发生等。然而,ICG荧光成像技术在单孔LC中的应用仍处于探索阶段,关于其有效性的临床证据仍有限,亟须进一步研究以验证其应用效果。

本研究旨在探讨ICG荧光导航在单孔LC中的应用价值,通过对比荧光组和白光组的手术数据,

评估其在单孔LC中的临床效果,为该技术未来的临床应用提供理论依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

本研究采用非随机回顾性队列设计,收集2023年1月—2024年12月期间在江苏大学附属宜兴医院确诊为胆囊良性疾病并接受择期单孔LC的59例患者的临床资料。所有患者术前影像学检查(如超声或CT)均确诊为胆囊良性疾病(如胆囊结石、胆囊息肉样病变等),无明显胆道异常或梗阻,拟行择期单孔LC,并排除《急性胆道系统感染的诊断和治疗指南(2021版)》<sup>[8]</sup>的定义的II级(中度)及以上的急性胆囊炎。59例患者中,27例单孔LC术中应用ICG荧光导航(荧光组),32例接受常规单孔LC(白光组)。本研究获得了江苏大学附属宜兴医院伦理委员会审批(审批号:2025科058-01),并豁免知情同意。

### 1.2 手术方法

所有患者均在全身麻醉下进行手术,取反

Trendelenburg 体位。插管后建立气腹，气腹压力维持在 12~14 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)。通过脐孔处建立 1.5~2.0 cm 切口，插入单孔腹腔镜系统，术者通过该切口使用腹腔镜摄像头和手术器械。所有手术均由同一经验丰富的团队完成。(1) 荧光组：患者于麻醉前 15 min 通过外周静脉注射 ICG，剂量为 0.25 mg。所用 ICG 为常规包装 (每瓶 25 mg)，在注射前用生理盐水稀释至浓度 0.25 mg/mL。麻醉后，进行常规消毒和铺单，并开始手术。术中观察并记录胆囊管、肝总管和胆总管的显影情况。在胆囊三角解剖过程中，使用荧光成像实时定位胆道位置并确认胆道结构。如果胆囊管前方脂肪组织较厚，导致荧光信号受阻，术者根据荧光成像反馈，使用电凝钩逐步切开脂肪组织，利用吸引器进行钝性分离，并持续进行荧光显影，直至胆囊管、肝总管及胆总管的解剖关系完全显现。完成胆囊三角解剖后，术者通过 Hem-o-lock 结扎夹夹闭胆囊管和胆囊动脉，进行逐步分离并完成胆囊切除。在手术最后阶段，应用荧光成像技术检查术区，确保无胆汁漏现象发生。(2) 白光组：术者通过常规白光视野暴露胆囊三角区域，依靠手术经验判断胆管位置和走向。在彻底解剖出胆囊三角后，反复确认三管结构，建立安全视野后，完成胆囊切除。手术过程中，术者需仔细处理胆囊和周围组织，避免误伤重要结构。最后，取出胆囊标本，排出气腹，缝合切口，完成手术。

### 1.3 观察指标及随访

术中观察指标：(1) 记录荧光组肝总管、胆总管和胆囊管的显影情况。(2) 记录两组解剖胆囊三角时间 (开始游离至离断胆囊管的时间)、手术时间、术中出血量、胆管损伤、中转为三孔 LC 及术者满意度。术后观察指标：记录住院时间及术后并发症发生情况。

术中出血量采用“吸引瓶液体体积扣除冲洗液量+纱布称重换算”的联合方法进行估算。具体操作步骤如下：首先，记录吸引瓶内液体总量，同时记录术中使用的冲洗液体积；吸引瓶内的血液体量通过公式计算：吸引瓶血液体量=吸引瓶液体总量-冲洗液体积。其次，所有纱布在使用前均称取干重，术后统一回收并称取湿重；质量差按血液密度 1.06 g/mL 换算为纱布出血量。术中总出血量为两者之和。所有称重均使用经过校准的电子天平 (精度 0.1 g) 进行；吸引瓶液体体积由手术记

录并由第 2 人复核。

术者满意度采用标准化量表进行评估，包含三个维度：(1) 胆管辨识难度 (0~5：0 表示完全无法辨识，1~2 为显露困难，3 为一般，4 为较易，5 为极为清晰)；(2) 胆囊三角解剖难度 (0~5：0 表示无法完成解剖，1~2 为困难明显，3 为一般，4 为较顺利，5 为极为顺利)；(3) 手术操作流畅性 (0~5：0 表示极不流畅，1~2 为受限明显，3 为一般，4 为较顺利，5 为极为流畅)。三项得分相加作为总分，分值越高表示满意度越高。根据总分，将满意度分为三级：>10 为高满意度，5~9 为中等满意度，<5 为低满意度。

所有患者在术后 1 周及 1、3 个月通过电话访谈和门诊复查进行随访，收集数据。随访内容包括术后症状 (如腹部不适、黄疸等)、肝胆胰脾彩超检查结果及术后并发症的发生情况。

### 1.4 统计学处理

采用 SPSS 25.0 软件进行数据分析。正态分布的计量资料以均数  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示，组间比较采用独立样本 *t* 检验；偏态分布的计量资料以中位数 (四分位数) [ $M$  ( $IQR$ )] 表示，组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验。计数资料以例数 (百分比) [ $n$  (%)] 表示，组间比较采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 确切概率法。 $P<0.05$  被认为具有统计学意义。

## 2 结 果

### 2.1 临床指标比较

荧光组与白光组在性别、年龄、白细胞计数、血红蛋白、丙氨酸氨基转移酶、总胆红素及体质质量指数 (BMI) 方面差异无统计学意义 (均  $P>0.05$ ) (表 1)。荧光组在解剖胆囊三角时间、手术时间及术中出血量方面均优于白光组，术者满意度明显高于白光组，且差异均具有统计学意义 ( $P<0.05$ )；两组住院时间差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ) (表 2)。此外，两组患者均未发生胆管损伤、中转为三孔 LC 及术后并发症。

### 2.2 荧光显影情况

荧光组 27 例患者胆囊管、肝总管和胆总管均成功显影，其中部分患者肝十二指肠韧带内脂肪组织堆积，荧光信号无法完全穿透，导致三管未能完全显影，通过逐层分离并应用实时荧光成像技术，所有患者的三管最终均成功显影。与白光

比较,在ICG荧光的引导下,胆总管、肝总管及胆囊管辨识度明显提高,有助于术者快速完成胆囊三角的游离(图1)。基于ICG显影,术者可有效

识别三管结构并解剖胆囊三角,顺利完成胆囊管离断(图2)。

表1 荧光组和白光组一般临床资料比较

Table 1 Comparison of general clinical data between fluorescence group and white light group

指标	荧光组(n=27)	白光组(n=32)	t/χ <sup>2</sup> /Z	P
性别[n(%)]				
男	12(44.4)	14(43.8)		
女	15(55.6)	18(56.2)	0.003	0.957
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	35.93±5.68	34.06±5.22	-1.312	0.195
BMI(kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	25.22±2.12	24.64±1.45	-1.203	0.235
白细胞计数( $\times 10^9/L$ , $\bar{x} \pm s$ )	6.47±1.44	6.63±1.83	-0.384	0.702
血红蛋白(g/L, $\bar{x} \pm s$ )	138.23±13.39	135.66±13.40	0.734	0.466
丙氨酸氨基转移酶(U/L, $\bar{x} \pm s$ )	25.03±10.65	26.15±9.98	-0.418	0.677
总胆红素(μmol/L, $\bar{x} \pm s$ )	13.28±4.16	14.03±3.62	-0.739	0.463

表2 荧光组和白光组术中和术后指标比较

Table 2 Comparison of intra- and postoperative variables between fluorescence group and white light group

指标	荧光组(n=27)	白光组(n=32)	t/χ <sup>2</sup> /Z	P
解剖胆囊三角时间(min, $\bar{x} \pm s$ )	25.56±3.49	38.81±5.59	11.095	<0.001
手术时间(min, $\bar{x} \pm s$ )	44.67±3.06	61.31±4.96	15.753	<0.001
术中出血量(mL, $\bar{x} \pm s$ )	13.44±1.70	14.50±2.11	2.091	0.041
术者满意度[n(%)]				
低	0(0.0)	2(6.3)		
中	7(25.9)	17(53.1)	6.815	0.022
高	20(74.1)	13(40.6)		
住院时间[d, M(IQR)]	2(2~3)	2(2~3)	-0.440	0.660

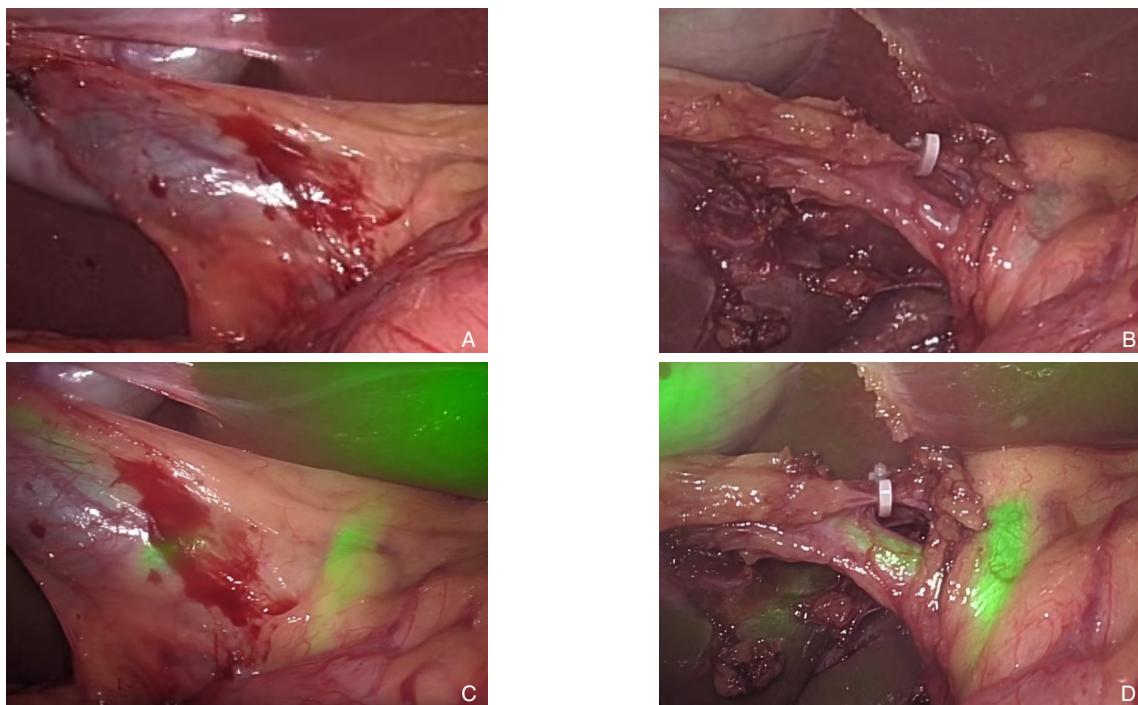


图1 同一患者在白光和荧光下显影对比 A-B: 白光下; C-D: 荧光下

Figure 1 Figure 1 Comparison of imaging in the same patient under white light and fluorescence A-B: Under white light; C-D: Under fluorescence

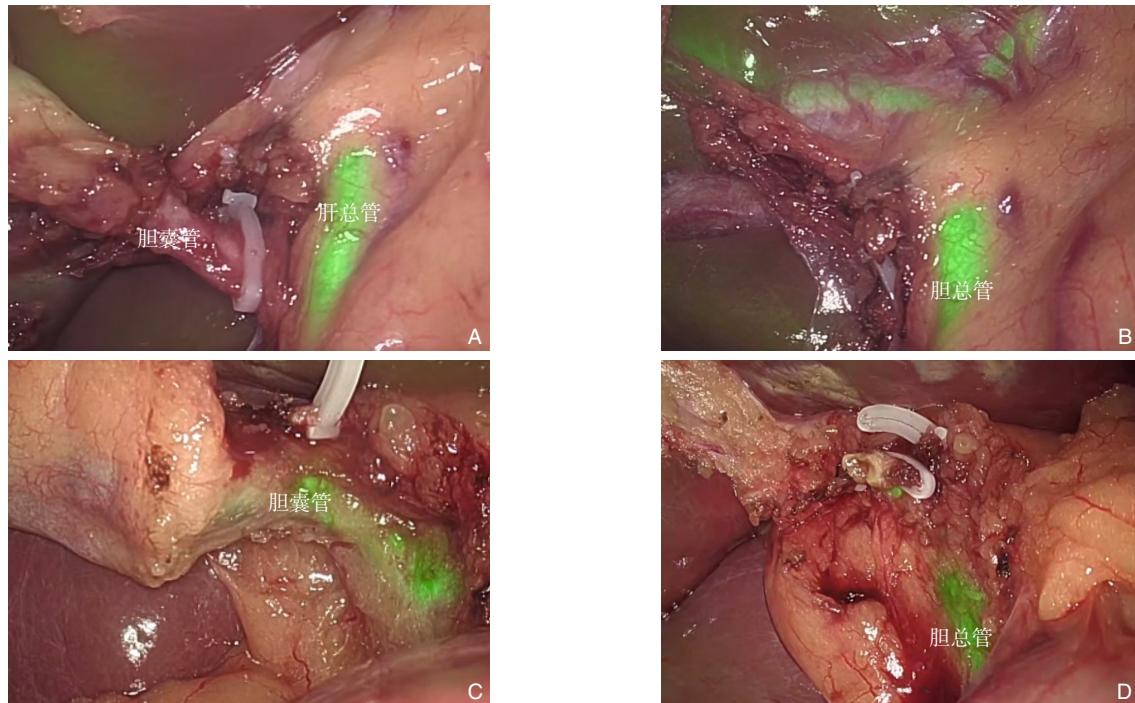


图2 荧光组同一患者在胆囊管离断前后的胆管显影 A-B: 离断前; C-D: 离断后

Figure 2 Bile duct imaging of the same patient in the fluorescence group before and after cystic duct disconnection A-B: Views before division; C-D: Views before division

### 2.3 随访情况

术后1周与1、3个月随访结果显示，两组患者均未出现腹部不适、黄疸等症状，影像学检查未见明显异常，且均未发生术后并发症。

### 3 讨 论

胆囊良性疾病，包括胆囊结石、胆囊息肉样病变、胆囊炎、胆囊腺肌症等，是我国最常见的消化系统疾病之一<sup>[9]</sup>。随着现代生活方式的改变，特别是高脂饮食、肥胖和糖尿病等因素的影响，这些疾病的发病率逐年上升。此外，研究显示，胆囊良性疾病与胆囊癌的发生密切相关<sup>[10]</sup>。LC是治疗胆囊良性疾病的金标准，已广泛应用于临床<sup>[11]</sup>。在临床实践中，LC通常采用三孔法进行，该方法技术成熟且具有良好的可视化效果<sup>[12]</sup>。随着微创技术的不断发展，单孔LC在临床应用逐渐增多<sup>[13]</sup>。然而，单孔LC面临一些挑战，主要表现在手术视野和操作空间的限制<sup>[14]</sup>。与传统三孔LC相比，单孔LC通过1个切口进行手术，导致术者操作空间狭小、视野受限，常出现器械干扰和解剖辨识困难等问题<sup>[15]</sup>。特别是在胆囊三角解剖复

杂或胆管走行不典型时，术者往往需要频繁调整器械和视角以明确胆管位置，这不仅延长了手术时间，还可能增加胆道损伤的风险<sup>[16-17]</sup>。

ICG荧光成像技术作为一种新兴的辅助手段，已在肝胆外科手术中得到广泛应用<sup>[18]</sup>。ICG是一种水溶性染料，注射后能迅速与血浆蛋白结合，并通过胆道系统排泄，具有较强的肝外胆道显影能力<sup>[19]</sup>。在近红外光照射下，ICG发出荧光信号，从而提供实时胆道造影，帮助外科医生更清晰地识别胆管，尤其在复杂的胆囊手术中<sup>[20-21]</sup>。值得注意的是，ICG是目前唯一获得美国食品药品管理局认证的可用于人体的染料，其安全性已在多项临床试验中验证<sup>[22-23]</sup>。

本研究结果表明，荧光组在解剖胆囊三角时间、手术时间及术中出血量方面显著优于白光组，这一结果与三孔LC应用ICG荧光技术的研究一致<sup>[24]</sup>。单孔LC的关键难点在于术区胆管的辨识<sup>[25]</sup>。荧光成像提供了直观的视觉反馈，使术者能够即时判断胆管与周围结构的关系，避免传统手术中因视野不清或解剖困难导致的长时间探索与反复确认。相比之下，尽管白光可以提供一定的可视化效果，但缺乏实时的荧光显影指导，术者需更

依赖解剖经验,这在某些情况下可能增加解剖误差的风险。在本研究中,荧光组与白光组的术中出血量差异较小,考虑有以下几个原因:首先,所有手术均由同一位经验丰富的外科医生完成,操作熟练且止血规范,使整体术中出血量较低;其次,本组未选择II级及以上急性胆囊炎患者,这类患者组织炎症轻、粘连少,手术难度较低;另外,由于每组例数不多,即使荧光导航能略微减少出血,这种小幅变化在平均数上也不太容易看出来。尽管绝对差异小,两组间术中出血量仍具有统计学意义,说明ICG荧光导航可以帮助医生更精准地辨识胆囊三角解剖,减少微血管损伤,从而降低术中出血。总的来说,尽管差异值不大,荧光导航仍在提高手术安全性和操作精确性方面显示出重要价值。

此外,在狭窄空间内长时间进行精准操作,特别是在复杂病例中,会显著增加术者的疲劳感和操作压力<sup>[26]</sup>。一项双盲研究<sup>[27]</sup>显示,与传统LC相比,单孔LC由于操作空间狭小、器械受限,术者的心理压力和操作难度明显增加,特别是在胆囊三角的暴露和解剖过程中。本研究通过分析术者满意度,关注手术过程中的术者体验。结果显示,荧光组的术者满意度显著高于白光组,表明ICG荧光技术的应用有助于提升手术过程中的术者体验,可能通过改善视野和操作便利性来减轻术者的操作压力。

目前,关于LC中ICG注射的最佳时间和剂量尚未达成统一标准。多项研究采用较高剂量的ICG,取得了良好的荧光显影效果<sup>[28-29]</sup>。然而,有研究表明,高剂量ICG的使用可能会增加不良反应的发生率<sup>[30]</sup>。因此,为确保手术的安全性,避免高剂量带来的不良影响,本研究选择在麻醉前15 min进行低剂量(0.25 mg)外周静脉注射ICG。该时间和剂量的组合能够提供良好的胆管显影,减少肝脏荧光背景干扰,并有效缩短术前和术中的时间消耗。

本研究存在以下局限性。首先,作为一项回顾性分析,本研究可能受到选择偏倚和信息偏倚的影响。未来研究可采用前瞻性设计,系统收集数据,并进行更全面的分析。其次,本研究样本量较小,尤其是在应用ICG荧光技术的患者群体中,这可能影响统计结果的稳健性。因此,未来研究应扩大样本量,以验证研究结果的普适性和

可靠性。最后,本研究随访时间较短,可能未能捕捉到潜在的晚期并发症或长期效果。因此,未来研究应延长随访时间,以更全面地评估该技术的长期临床效果及其潜在风险。

综上所述,在单孔LC中应用ICG荧光导航,能够显著缩短解剖胆囊三角时间和手术时间,减少术中出血量,并显著提高术者满意度,展现出其显著的临床应用价值。ICG荧光成像技术为单孔LC提供了一种安全、有效的辅助手段,具有良好的临床推广前景。

作者贡献声明:王晓冬、张楷共同设计了该课题;王晓冬负责文章撰写;金涛、沈振伟、李凯共同收集临床数据;史凯航对数据进行核实、分析;张楷、王荇、任龙对文章进行修改、审校。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

## 参考文献

- [1] Haueter R, Schütz T, Raptis DA, et al. Meta-analysis of single-port versus conventional laparoscopic cholecystectomy comparing body image and cosmesis[J]. Br J Surg, 2017, 104(9):1141-1159. doi: 10.1002/bjs.10574.
- [2] Lee J, Kim KH, Lee TY, et al. Robotic surgery enables safe and comfortable single-incision cholecystectomy: a comparison of robotic and laparoscopic approaches for single-incision surgery[J]. J Minim Access Surg, 2022, 18(1):65-71. doi:10.4103/jmas.JMAS\_274\_19.
- [3] Haverinen S, Pajus E, Sandblom G, et al. Indocyanine green fluorescence improves safety in laparoscopic cholecystectomy using the Fundus First technique: a retrospective study[J]. Front Surg, 2025, 12:1516709. doi:10.3389/fsurg.2025.1516709.
- [4] Pesce A, Piccolo G, La Greca G, et al. Utility of fluorescent cholangiography during laparoscopic cholecystectomy: a systematic review[J]. World J Gastroenterol, 2015, 21(25): 7877-7883. doi:10.3748/wjg.v21.i25.7877.
- [5] Manasseh M, Davis H, Bowling K. Evaluating the role of indocyanine green fluorescence imaging in enhancing safety and efficacy during laparoscopic cholecystectomy: a systematic review[J]. Cureus, 2024, 16(11):e73388. doi:10.7759/cureus.73388.
- [6] 张旭东,李涛,金雷,等.吲哚菁绿荧光示踪在急性胆囊炎腔镜手术中的应用价值[J].中华医学杂志,2022,102(20):1518-1522. doi:10.3760/cma.j.cn112137-20211210-02757.
- Zhang XD, Li T, Jin L, et al. Value of indocyanine green

- fluorescence tracer in laparoscopic cholecystectomy for acute cholecystitis[J]. National Medical Journal of China, 2022, 102(20): 1518–1522. doi:10.3760/cma.j.cn112137-20211210-02757.
- [7] 杨雯雯, 田宏伟, 雷彩宁, 等. 呋噪菁绿荧光导航技术在腹腔镜肝胆胰外科手术中的研究进展[J]. 中国普通外科杂志, 2021, 30(8): 979–986. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2021.08.014.
- Yang WW, Tian HW, Lei CN, et al. Research progress of indocyanine green fluorescent navigation technique in laparoscopic hepatobiliary and pancreatic surgery[J]. China Journal of General Surgery, 2021, 30(8): 979–986. doi: 10.7659/j. issn. 1005-6947.2021.08.014.
- [8] 中华医学会外科学分会胆道外科学组. 急性胆道系统感染的诊断和治疗指南(2021版)[J]. 中华外科杂志, 2021, 59(6):422–429. doi:10.3760/cma.j.cn112139-20210421-00180.
- Branch of Biliary Surgery, Chinese Society of Surgery, Chinese Medical Association. Guidelines for diagnosis and treatment of acute biliary tract infections (2021)[J]. Chinese Journal of Surgery, 2021, 59(6): 422–429. doi: 10.3760/cma.j. cn112139-20210421-00180.
- [9] Du Y, Wijaya WA, Liu WH. Advancements in metabolomics research in benign gallbladder diseases: a review[J]. Medicine (Baltimore), 2024, 103(21): e38126. doi: 10.1097/MD.00000000000038126.
- [10] 刘厚宝, 倪小健, 沈盛, 等. 胆囊良性疾病的治疗现状与思考[J]. 中华消化外科杂志, 2020, 19(8): 813–819. doi: 10.3760/cma.j.cn115610-20200714-00490.
- Liu HB, Ni XJ, Shen S, et al. Treatment status and meditation of benign gallbladder diseases[J]. Chinese Journal of Digestive Surgery, 2020, 19(8): 813–819. doi: 10.3760/cma.j. cn115610-20200714-00490.
- [11] Delgado LM, Pompeu BF, Pasqualotto E, et al. Robotic-assisted cholecystectomy versus conventional laparoscopic cholecystectomy for benign gallbladder disease: a systematic review and meta-analysis[J]. J Robot Surg, 2024, 18(1): 242. doi: 10.1007/s11701-024-01989-5.
- [12] 俞帆, 金丽明, 刘杰, 等. 呋噪菁绿荧光导航在日间腹腔镜胆囊切除术中的临床应用价值[J]. 中国普通外科杂志, 2024, 33(2):236–243. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.02.010.
- Yu F, Jin LM, Liu J, et al. Clinical application value of indocyanine green fluorescence navigation in day-surgery of laparoscopic cholecystectomy[J]. China Journal of General Surgery, 2024, 33(2): 236–243. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.02.010.
- [13] 刘智, 戴文杰, 曾广英. 经脐单孔腹腔镜胆囊切除术在胆囊结石治疗中的应用效果[J]. 中国医学创新, 2025, 22(14):57–62. doi: 10.3969/j.issn.1674-4985.2025.14.013.
- Liu Z, Dai WJ, Zeng GY. Application Effect of Transumbilical Single-incision Laparoscopic Cholecystectomy in the Treatment of Gallstones[J]. Medical Innovation of China, 2025, 22(14): 57–62. doi:10.3969/j.issn.1674-4985.2025.14.013.
- [14] Cui Z, Zhang D, Tian M, et al. Single-incision laparoscopic cholecystectomy using a set of novel needle instruments[J]. Surg Innov, 2024, 31(3):286–290. doi:10.1177/15533506241237141.
- [15] 陆文, 范晴敏, 曹冀为, 等. 单孔腹腔镜胆囊切除术的疗效及缺陷[J]. 中华肝胆外科杂志, 2018, 24(8):569–571. doi:10.3760/cma.j.issn.1007-8118.2018.08.018.
- Lu W, Fan QM, Cao JW, et al. Efficacy and defects of single incision laparoscopic cholecystectomy[J]. Chinese Journal of Hepatobiliary Surgery, 2018, 24(8): 569–571. doi: 10.3760/cma.j. issn.1007-8118.2018.08.018.
- [16] 王云丰, 寸冬云, 黄洁, 等. 呋噪菁绿荧光导航在治疗 I 型 Mirizzi 综合征腹腔镜胆囊切除术中的运用[J]. 中国普通外科杂志, 2022, 31(8): 1031–1038. doi: 10.7659/j. issn. 1005-6947.2022.08.006.
- Wang YF, Cun DY, Huang J, et al. Application of indocyanine green fluorescent navigation in laparoscopic cholecystectomy for type I Mirizzi syndrome[J]. China Journal of General Surgery, 2022, 31(8): 1031–1038. doi: 10.7659/j. issn. 1005-6947.2022.08.006.
- [17] 徐小龙, 吕萌, 王成, 等. 经脐单孔腹腔镜胆囊切除术治疗急性胆囊炎的临床疗效分析[J]. 浙江创伤外科, 2025, 30(7):1302–1305. doi:10.3969/j.issn.1009-7147.2025.07032.
- Xu XL, Lü M, Wang C, et al. Clinical efficacy analysis of umbilical single-port laparoscopic cholecystectomy for acute cholecystitis[J]. Zhejiang Journal of Traumatic Surgery, 2025, 30(7): 1302–1305. doi:10.3969/j.issn.1009-7147.2025.07032.
- [18] Avella P, Spiezio S, Rotondo M, et al. Real-time navigation in liver surgery through indocyanine green fluorescence: an updated analysis of worldwide protocols and applications[J]. Cancers (Basel), 2025, 17(5):872. doi:10.3390/cancers17050872.
- [19] 王宏光, 许寅皓, 陈明易, 等. 呋噪菁绿荧光融合影像引导在腹腔镜解剖性肝切除术中的应用价值[J]. 中华消化外科杂志, 2017, 16(4):405–409. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2017.04.017.
- Wang HG, Xu YZ, Chen MY, et al. Application value of fusion indocyanine green fluorescence imaging in the laparoscopic anatomical liver resection[J]. Chinese Journal of Digestive Surgery, 2017, 16(4): 405–409. doi: 10.3760/cma.j. issn. 1673-9752.2017.04.017.
- [20] Gadiyaram S, Thota RK. Near-infrared fluorescence guided laparoscopic cholecystectomy in the spectrum of complicated gallstone disease[J]. Medicine (Baltimore), 2022, 101(42):e31170. doi:10.1097/MD.00000000000031170.
- [21] Xu C, Yin M, Wang H, et al. Indocyanine green fluorescent

- cholangiography improves the clinical effects of difficult laparoscopic cholecystectomy[J]. *Surg Endosc*, 2023, 37(8): 5836–5846. doi:10.1007/s00464-023-10035-8.
- [22] Wu Y, Suo Y, Wang Z, et al. First clinical applications for the NIR-II imaging with ICG in microsurgery[J]. *Front Bioeng Biotechnol*, 2022, 10:1042546. doi:10.3389/fbioe.2022.1042546.
- [23] Zhang H, Huang S, Chen Y, et al. Examining the technical feasibility of prostate cancer molecular imaging by transrectal photoacoustic tomography with transurethral illumination[J]. *Exp Biol Med (Maywood)*, 2020, 245(4): 313–320. doi: 10.1177/1535370219884356.
- [24] 彭沙沙,夏国兵,卢奇.吲哚菁绿荧光导航在复杂腹腔镜胆囊切除术中的应用[J].国际外科学杂志,2021,48(1):19–23. doi: 10.3760/cma.j.cn115396-20201107-00344.
- Peng SS, Xia GB, Lu Q. Application of indocyanine green fluorescence imaging in complex laparoscopic cholecystectomy[J]. *International Journal of Surgery*, 2021, 48(1):19–23. doi: 10.3760/cma.j.cn115396-20201107-00344.
- [25] 孙萌萌,轩昆仑.2 mm针式钳辅助经脐单孔腹腔镜胆囊切除术治疗胆囊结石伴急性胆囊炎的效果观察[J].医学理论与实践,2025, 38(12): 2041–2043. doi: 10.19381/j. issn. 1001-7585.2025.12.017.
- Sun MM, Xuan KL. Observation on the effect of 2mm needle-type forceps-assisted transumbilical single-cavity laparoscopic cholecystectomy for the treatment of cholecystitis with gallstones[J]. *The Journal of Medical Theory and Practice*, 2025, 38 (12):2041–2043. doi:10.19381/j.issn.1001-7585.2025.12.017.
- [26] 赵健楠,刘洋,王向,等.胆囊结石处理的临床决策:从适应证到术式选择的再探索[J].中国普通外科杂志,2025, 34(2):245–252. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.250061.
- Zhao JN, Liu Y, Wang X, et al. Clinical decision-making in the management of gallstones: a re-exploration from indication to surgical options[J]. *China Journal of General Surgery*, 2025, 34(2): 245–252. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.250061.
- [27] Abdelrahman AM, Bingener J, Yu D, et al. Impact of single-incision laparoscopic cholecystectomy (SILC) versus conventional laparoscopic cholecystectomy (CLC) procedures on surgeon stress and workload: a randomized controlled trial[J]. *Surg Endosc*, 2016, 30(3):1205–1211. doi:10.1007/s00464-015-4332-5.
- [28] 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. doi: 10.1002/bjs.7125.
- [29] Fassari A, Bianucci A, Lucchese S, et al. Fluorescence cholangiography for laparoscopic cholecystectomy: how, when, and why? A single-center preliminary study[J]. *Minim Invasive Ther Allied Technol*, 2023, 32(5): 264–272. doi: 10.1080/13645706.2023.2265998.
- [30] Watanabe M, Murakami M, Ozawa Y, et al. Intraoperative identification of colonic tumor sites using a near-infrared fluorescence endoscopic imaging system and indocyanine green[J]. *Dig Surg*, 2017, 34(6):495–501. doi:10.1159/000458450.

(本文编辑 熊杨)

**本文引用格式:**王晓冬,张楷,王荇,等.吲哚菁绿荧光导航在单孔腹腔镜胆囊切除术中的临床应用价值[J].中国普通外科杂志,2025,34(8):1718–1725. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.250162

**Cite this article as:** Wang XD, Zhang K, Wang X, et al. Clinical value of indocyanine green fluorescence navigation in single-incision laparoscopic cholecystectomy[J]. *Chin J Gen Surg*, 2025, 34(8):1718–1725. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.250162