

吲哚菁绿荧光成像技术辅助下胆道手术的围术期护理的研究进展

谢焕霞, 李 可*, 赖妙婷

广西中医药大学第一附属医院肝胆胰外科, 广西 南宁

收稿日期: 2026年8月23日; 录用日期: 2026年9月16日; 发布日期: 2026年9月24日

摘 要

吲哚菁绿(Indocyanine Green, ICG)荧光成像技术在胆道手术中的应用已从辅助可视化工具逐步演变为提升手术安全性和精准度的核心技术。该技术正在重塑胆道外科的围手术期护理标准, 从传统经验型护理向精准导航护理转型, 对护理专业技能提出了新的、更高的要求。本文旨在系统梳理ICG荧光成像技术在胆道手术的应用, 围手术期护理中的应用进展, 并探讨未来吲哚菁绿荧光成像技术在胆道手术围手术期护理的优化方向, 为构建基于可视化技术的精准护理体系提供理论支撑。

关键词

吲哚菁绿荧光成像, 胆道手术, 围手术期护理, 精准导航

Research Progress on Perioperative Nursing of Biliary Tract Surgery Assisted by Indocyanine Green Fluorescence Imaging Technology

Huanxia Xie, Ke Li*, Miaoting Lai

Department of Hepatobiliary and Pancreatic Surgery, The First Affiliated Hospital of Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning Guangxi

Received: August 23, 2026; accepted: September 16, 2026; published: September 24, 2026

Abstract

The application of Indocyanine Green (ICG) fluorescence imaging technology in biliary tract surgery

*通讯作者。

文章引用: 谢焕霞, 李可, 赖妙婷. 吲哚菁绿荧光成像技术辅助下胆道手术的围术期护理的研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(9): 2356-2365. DOI: 10.12677/acm.2026.1693279

has gradually evolved from an auxiliary visualization tool into a core technology for enhancing surgical safety and precision. This technology is reshaping the perioperative nursing standards in biliary surgery, facilitating a transition from traditional experience-based nursing to precision-guided nursing, and imposing new and higher demands on nursing professional skills. This article aims to systematically review the applications of ICG fluorescence imaging technology in biliary tract surgery, summarize the progress of its perioperative nursing applications, and explore future directions for optimizing ICG fluorescence imaging technology in perioperative nursing care for biliary surgery, thereby providing theoretical support for the construction of a precision nursing system based on visualization technology.

Keywords

Indocyanine Green Fluorescence Imaging, Biliary Tract Surgery, Perioperative Nursing, Precision Navigation

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

胆道系统解剖位置深、走行复杂且个体差异显著，炎症水肿、粘连或解剖变异时，传统手术视野下胆管辨认难度大，易引发医源性胆管损伤、胆漏等并发症，增加围术期护理难度[1]。吲哚菁绿荧光成像技术应用于胆道手术可在术中实时显示胆道系统，能够减少术中出血量、降低胆管损伤风险[2]、同时缩短住院时间、早日拔除引流管。ICG 荧光成像技术的应用为胆道手术围手术期护理带来范式革新。因此，本文旨在系统梳理 ICG 的药物特性及作用机制，ICG 技术在胆道手术中的应用，围手术期护理中的应用进展，分析其临床不足，并对未来该技术对胆道手术围手术护理的进行展望，为构建基于可视化技术的精准护理体系提供理论支撑。

2. 吲哚菁绿的理化特性及成像的工作机制

ICG 是一种无毒的红外荧光三碳菁染料，具有良好的水溶性和光稳定性。ICG 静脉注射后迅速与血浆蛋白(主要是 α_1 -脂蛋白)结合，经血液循环到达肝脏，被肝实质细胞高效摄取并代谢，最终几乎以原型形式排泄至胆汁中，经胆道系统排出体外，不参与肠肝循环[3]。具有无辐射、安全性高、价格低廉和成像分辨率高的优点[3]。

近红外荧光成像技术主要由激发系统发射 800~850 nm 近红外光，与静脉注射的 ICG 特异性结合后，ICG 受激发产生波长更长的近红外荧光信号[4]，检测系统捕捉该信号并转化为电信号，经图像处理系统实时重建为可视化图像，实现术中实时导航，为胆道手术提供实时解剖学参考，为围手术期护理实践中的技术优化提供方向。

3. ICG 荧光成像技术在胆道手术中的应用现状

3.1. 胆囊切除术中的应用

在胆囊切除术中，ICG 荧光成像技术能够对胆管解剖识别快速识别。特别是在 Calot 三角炎症或解剖变异等高危场景中，ICG 荧光成像技术通过荧光对比可清晰区分正常与异常结构，精准识别变异胆管走行，显著提升复杂解剖条件下手术的安全性及准确性。黄海等[5]研究显示，ICG 组术中出血量更少，手术时间

更短。Panin 等[6]分析接受胆囊切除术的患者，发现 ICG 组的平均手术时间显著短于非 ICG 组。同时在急性胆囊炎手术面临炎症导致解剖结构模糊、手术时间紧迫的挑战。低剂量 ICG 可快速显影，可在保证胆道系统清晰显影的同时，缩短术前准备时间，提升手术效率与安全性，为急诊手术提供关键技术支持。

3.2. 复杂胆道手术中的应用

3.2.1. 腹腔镜胆总管探查术

对于复杂肝内胆管结石患者，ICG 荧光导航技术在腹腔镜胆总管探查术(laparoscopic common bile duct exploration, LCBDE)中具有重要价值。尤其对于有多次上腹部手术史需要再次肝胆手术、严重胆管炎的复杂胆管患者，ICG 技术能帮助识别因腹腔粘连、肝门组织严重粘连而难以辨认的胆总管，ICG 荧光导航能够提高胆管识别率，缩短手术时间，预防胆管损伤[7][8]。同时在肝内胆管结石的手术治疗中，ICG 荧光技术可发挥实时导航作用，实现精准肝切除。

3.2.2. 胆道闭锁手术

胆道闭锁是婴幼儿肝病的首要杀手，ICG 荧光显像技术为胆道闭锁的诊断和治疗提供了新途径。Yanagi 等[9]的回顾性研究结果显示应用 ICG 荧光显像技术胆道术后退黄速度显著快于常规术后。郑州大学第三附属医院应用研究[10] ICG 辅助腹腔镜下葛西手术，手术时间缩短，出血量更少。

4. ICG 荧光成像技术在胆道手术围术期护理中的应用

4.1. 术前护理

4.1.1. ICG 药物管理规范及配制要求

注射用吲哚菁绿需严格遵循避光、密闭、冷藏(2°~10°)，采用“现配现用”原则，必须用灭菌注射用水溶解，不得使用生理盐水(会导致沉淀)；在充分振摇至完全溶解(玻璃壁无残存颗粒)后，10 秒内快速静脉推注，并立即推注 3~5 mL 生理盐水冲管，精确记录注射开始时间，以便计算显影窗口期。

剂量计算与给药方案

ICG 荧光成像技术在胆道手术的剂量选择需遵循体重标准化和手术类型差异化的双重原则，二者共同决定给药方案，而非单一维度考量[11]。详见表 1 [12]。

Table 1. ICG dosage calculation and administration protocol

表 1. ICG 剂量计算与给药方案

手术类型	ICG 剂量	给药时机
腹腔镜胆囊切除术(胆道显影)	0.05 mg/kg 或固定 2.5 mg, iv	术前 30~60 min
肝肿瘤显影	0.5 mg/kg, iv	术前 10~14 天
解剖性肝切除 - 负染法中	2.5 mg, iv	Glisson 鞘结扎术后即刻
解剖性肝切除 - 正染法	5 mL 浓度 0.025~0.05 mg/mL	术中穿刺门静脉注入
活体肝移植 - 胆道显影	2.5 mg, iv	肝门板解剖前 15~30 min

ICG 经静脉注射后主要由肝脏摄取、胆道排泄，其体内分布与代谢直接受体重影响，因此基础剂量必须以 mg/kg 为单位计算，以保障显影强度与安全性的平衡[13]。在此基础上，手术类型与显影目的进一步细化剂量区间与给药时机[14]。

4.1.2. 过敏风险评估与预防

1) 过敏史筛查

术前 24 h 护理人员需完成标准化过敏史筛查。全面采集患者药物、食物及既往过敏史,重点排查传统碘造影剂、含碘制剂过敏情况,记录过敏反应程度与既往处置方案,对过敏体质及碘造影剂过敏高危患者,联合医师完成风险评估并签署知情同意书[14]。高危患者须遵医嘱进行 ICG 皮内试验(0.5 mg),观察 24 小时,即使在多项试验显示为阴性时,仍不能放松警惕,做到勤观察、勤巡视,密切观察患者有无不良反应。临床规范质控环节,可提前识别高危人群,从源头降低过敏事件发生率[13]。

2) ICG 过敏应急预案

术前常规备齐肾上腺素、抗组胺药、糖皮质激素及气道管理、心肺复苏设备等急救物资,需严格执行双人核对制度,确保药品及急救物品在有效期内且易于取用。吡啶菁绿发生过敏反应往往十分迅速,其常见的表现为气短、胸闷、眼睑充血、皮疹、皮肤潮红等。过敏性休克的特点是危险性高,一般呈闪电样发生,出现 ICG 过敏症状时立即启动预案急救流程,遵医嘱快速予肾上腺素、补液、气道支持等多学科协同救治[15]。

4.1.3. 术前准备与 ERAS 整合营养评估与支持

术前营养评估采用营养风险筛查 2002 (NRS2002)对所有拟行 ICG 荧光导航胆道手术患者进行标准化筛查[16],同时联合血清白蛋白、前白蛋白、转铁蛋白、体质指数(BMI)、6 个月内体质量变化率等客观指标,精准识别营养风险与营养不良程度,从而进行术前规范营养干预[16]。通过每日记录营养摄入情况、胃肠道耐受度,及时调整营养方案,确保术前营养支持安全有效[17]。改善营养指标同时优化肝功能储备,避免因肝功能异常影响 ICG 代谢清除率与术中荧光显影质量[18]。

营养支持优先采用 ERAS 方案,ERAS 指南推荐胆道手术患者术前禁食时间缩短至 6 小时,禁饮时间为 2 小时。术前晚及 10%葡萄糖液口服负荷,可有效降低术后胰岛素抵抗、减少机体应激反应,同时避免因长时间禁食加重营养不良状态,为 ICG 荧光导航手术提供稳定的生理基础[16]。护理过程中需强化营养教育与依从性管理,由专科护士联合营养师向患者及家属讲解胆道疾病营养特点、ERAS 营养方案及 ICG 荧光成像技术对手术安全的意义[17],研究表明[19],ERAS 整合营养支持可显著提升胆道手术患者术前营养状态、缩短术后进食恢复时间、减少住院时长。而联合 ICG 荧光成像技术的精准导航作用,进一步降低胆管损伤、胆漏等手术并发症,二者协同作用形成“精准手术 + 快速康复”的优质护理闭环[20]。

4.1.4. 术前的呼吸训练

ICG 由肝细胞经 OATP1B1 (Organic Anion Transporting Polypeptide 1B1, 有机阴离子转运多肽 1B1)主动摄取、MRP2 (Multidrug Resistance-associated Protein 2, 多药耐药相关蛋白 2)排泌至胆小管,该过程高度依赖肝细胞功能完整性与充足的氧供[15]。术前呼吸功能不全或慢性缺氧可导致肝窦微循环障碍,可能影响 ICG 摄取与排泄,使 ICGR15 测定值偏高,进而干扰手术方案决策[21]。梗阻性黄疸患者因胆汁淤积损害肝细胞功能,常合并全身炎症与营养消耗,呼吸肌力量减弱,更需术前呼吸训练以改善肺通气、保障肝氧合。胆道手术术后肺部并发症发生率可达 15%~30% [22],术前呼吸功能训练(深呼吸、激励式肺量计、有效咳嗽等)可降低术后肺不张与感染发生率,维持血氧饱和度,间接保障肝脏氧供与 ICG 代谢正常化[22]。因此,ICG 排泄试验与术前呼吸功能训练共同构成术前优化核心:前者从器官功能层面评估手术耐受性,后者从氧供保障层面降低围术期风险,二者相辅相成。

深呼吸训练与有效咳嗽技术是术前呼吸训练的核心内容。具体方法是:指导患者采取坐位或半坐位,双手按压切口边缘以减轻咳嗽时的疼痛,进行慢而深的腹式呼吸,吸气后屏气 3~5 秒,再用力从胸部深处咳嗽 2~3 次,每次训练 10~15 分钟,每日 3 次,可显著增加肺通气量,改善膈肌活动度[23][24]。对于需进一步强化肺功能的患者,可配合使用呼吸训练器(如肺活量计),设定每日目标值,逐渐提升至术前肺活量的 60%以上,通过吸气保持浮球于指定位置数秒的方式锻炼呼吸肌力量[25][26]。缩唇呼吸(鼻吸气、

唇缩成口哨状呼气, 吸气:呼气 = 1:2)同样有助于改善通气效率, 每次 15 分钟, 每日 2 次[25]。

4.1.5. 患者教育与心理干预

护理人员需在术前 24 h 完成针对性患者教育, 首先, 采用“原理 - 流程 - 风险”三步法提升患者依从性。采用通俗易懂的语言, 结合图文手册、短视频等形式, 应向患者及家属系统讲解胆道疾病的病理特点、手术流程及 ICG 荧光成像技术的优势, 重点强调该技术能实时显示胆道走行, 有效预防胆管损伤(bile duct injury, BDI), 提高手术安全性[20] [27]。其次, 需明确告知患者术前禁食要求(具体时间需根据手术台次调整), 并解释其重要性在于减少麻醉诱导期误吸风险, 同时避免长时间禁食导致的口渴、焦虑及代谢紊乱[23]。清晰告知 ICG 给药方式、注射后可能出现的轻微反应(如短暂皮肤绿染)及应对方式[13]。针对患者担忧的过敏、疼痛等问题, 逐一答疑解惑, 同步强调术前过敏史如实告知的重要性, 引导患者配合术前筛查工作[13]。术前应指导患者完成床上排尿训练, 尤其对老年患者及不习惯卧床排尿者, 可显著降低术后尿潴留发生率, 促进早期拔除导尿管, 减少导尿管相关性尿路感染风险[23]。此外, 针对文化程度较低、老年患者, 需放慢宣教节奏, 反复确认患者理解程度, 确保教育内容精准传达。研究表明, 规范化 ICG 术前患者教育可有效缓解患者术前焦虑情绪, 提升患者对诊疗操作的配合度, 减少围手术期护理隐患, 进一步保障 ICG 临床应用的安全性及有效性, 优化胆道手术围手术期护理质量[28]。

4.2. 术中护理配合与质量控制

术中护理是确保 ICG 荧光成像技术成功应用的核心环节, 护士需在给药配合、仪器操作、病情监测及体位管理等多个维度提供精准支持, 与手术医生密切协作, 共同保障手术安全与效率[29] [30]。

在 ICG 给药环节, 巡回护士需严格遵循既定方案, 准确把握给药时机与剂量。研究表明, ICG 的最佳显影效果依赖于科学的给药策略。此外, ICG 具有一定的光敏性, 配置后应避光保存, 并尽快使用, 以确保荧光强度稳定[20]。

4.2.1. 荧光成像系统的调试与操作

荧光成像系统的调试与操作是术中护理的技术要点。腹腔镜手术需配备具有近红外(NIR)荧光成像功能的摄像系统, 护士应在手术开始前检查设备功能, 确保光源、摄像头及显示器连接正常, 并熟悉白光模式与荧光模式的切换操作[31] [32]。术中, 护士应根据术者需求及时切换成像模式, 以实现精准导航。

4.2.2. 术中病情监测与安全管理

术中病情监测与安全管理是护理工作的重中之重。护士需持续监测患者生命体征、气道压力、呼气末二氧化碳分压(PetCO₂)及血氧饱和度[18]。在 ICG 注射前后, 护士应密切观察患者有无过敏反应, 如恶心、呕吐、皮疹、瘙痒、血压下降或呼吸困难等症状, 虽然 ICG 相关严重过敏反应罕见, 但一旦发生需立即停止给药, 配合麻醉医生进行抗过敏及对症处理[33] [34]。此外, 护士还需关注手术进程, 护士需预见手术风险, 提前备好中转开腹的器械与物品, 确保术式转换无缝衔接。

4.2.3. 术中体位管理与舒适度维护

护士应根据患者手术类型进行不同的术中体位管理, 维护患者的术中舒适度对于预防并发症同样重要。护士应协助术者进行牵拉暴露, 通过调整手术床角度或使用牵开器优化术野, 避免过度牵拉导致组织损伤。此外, 护士还需保持手术器械的有序与功能良好, 确保在关键操作时快速传递所需的止血钳、分离钳及夹闭器械, 缩短操作时间, 减少手术创伤。

4.2.4. 术中并发症的预防与应急处理

术中护理还应关注术中并发症的预防与应急处理。胆管损伤是胆囊切除术(Laparoscopic Cholecystectomy,

简称 LC)最严重的并发症之一, ICG 荧光成像能显著降低其发生率, 但并不能完全杜绝[29][30]。护士应熟悉 BDI 的预警信号, 如术中出现非预期胆汁渗漏、胆管结构异常或离断后无胆囊管汇入等, 需立即提醒术者并做好中转开腹或胆道修复的准备[35]。对于术中发现胆漏的情况, ICG 荧光成像能精确定位破损点, 护士需迅速备好缝合针线及止血材料, 配合术者进行修补。在手术结束前, 护士应提醒术者再次切换至荧光模式, 检查术区有无胆漏及活动性出血, 确保手术安全结束[30]。此外, 护士还需做好术中物品清点与标本管理, 妥善保管切除的胆囊标本, 及时送病理检查。术中护理在 ICG 荧光成像技术应用于胆道手术的过程中发挥着不可替代的作用。通过精准的 ICG 给药配合、熟练的荧光系统操作、严密的病情监测、科学的体位管理以及完善的应急准备, 护士能够充分释放该技术的临床价值, 提升手术安全性与效率, 降低并发症发生率, 为患者预后改善提供有力保障[36][37]。

4.2.5. 术中 ICG 检测对术后胆漏预防的意义

ICG 术中胆漏检测可显著降低术后胆漏发生率。Hanaki 等的研究中, ICG 组术后胆漏发生率降至 0%, 而传统对照组仍有 3.8% [38]。黄宇等研究也证实, 近红外荧光模式下可清晰显示肝断面微小胆漏点, 及时修补可避免术后并发症[39]。

4.3. 术后护理

1) 过敏反应的监测与预防

尽管 ICG 安全性较高(不良反应发生率 < 0.01%), 但作为含碘制剂仍存在过敏风险, 术后需持续观察[40]。ICG 注射后至少持续监测患者生命体征 30 分钟, 关注口麻、气短、胸闷、眼结膜充血、浮肿等早期预警症状[40][41]。

应急准备: 病房应备置抗休克急救药物及器具(肾上腺素、抗组胺药、糖皮质激素等), 一旦出现过敏性休克征象立即启动急救流程[40]; 特殊人群管理: 对碘过敏史患者禁用, 过敏性体质者需充分评估风险并在术后延长观察时间至 1~2 小时。

2) 术后并发症的监测

胆漏监测: 术后动态胆汁引流监测

ICG 荧光成像技术在胆漏监测中展现出革命性价值, 其检测灵敏度远超传统方法(生理盐水冲洗、亚甲蓝试验) [42]。

3) 胆汁引流功能的连续监测

对于留置腹腔引流管或 T 管的患者, ICG 为术后引流监测提供了客观依据。引流液荧光观察: 术后 24~48 小时内, 如发现引流液呈淡绿色荧光, 提示可能存在胆汁渗漏[39]。

结合 ICG 荧光强度可初步判断胆漏量; 动态代谢评估: 连续监测引流液中 ICG 浓度变化趋势。ICG 清除半衰期短(2.5~3 分钟), 正常情况下引流液中荧光信号应逐渐减弱; 若持续高荧光信号, 提示胆汁渗漏未缓解[43]; 量化指标监测: 有研究建议采集引流液测定 ICG 浓度, 若浓度高于 10 $\mu\text{g/mL}$, 需高度警惕胆漏并进一步影像学检查(如 MRCP)确认[33]。

4) 胆道损伤的延迟识别

部分胆管损伤(尤其是副肝管损伤)可能在术后数日才表现出临床症状。ICG 荧光成像可在二次手术中快速定位胆漏部位[44]。黄宇等报告 1 例胆囊切除术后胆漏, 术中经静脉注射 ICG 后荧光模式精准定位胆囊床微小创口漏点, 及时修补后患者康复顺利[39]。

5) 吻合口完整性评估

在胆肠吻合术或肝移植术后, 可通过外周静脉或经引流管注射 ICG 评估吻合口完整性:

动态荧光观察: ICG 经胆汁排泄后, 吻合口周围如出现局灶性荧光信号聚集, 提示存在胆汁渗漏[45];

量化评分：部分中心采用吻合口周围荧光强度/背景荧光强度比值，比值 > 1.5 提示可疑胆漏需进一步处理[45]。

5. 存在的问题与挑战

5.1. 技术层面

当前 ICG 荧光成像技术仍存在一定局限性。荧光穿透深度有限(约 5~10 mm)，对深层胆管显影效果欠佳；肥胖患者脂肪组织衰减荧光信号，成像质量下降；复杂胆道解剖变异时，单一荧光模式难以全面呈现。此外，ICG 半衰期短，术中需多次给药才能维持显影效果，增加操作复杂性与成本。

5.2. 护理实践层面

ICG 荧光成像相关护理操作尚缺乏统一标准。给药方案、评估流程、配合要点等在不同医疗机构间差异较大，影响技术应用的一致性。同时，护理团队对新技术掌握程度不均，部分护士缺乏系统培训，影响术中配合效果。此外，护理工作量增加(设备调试、给药管理、观察记录)与人力资源不足的矛盾日益突出。

5.3. 循证证据层面

目前 ICG 荧光成像相关护理研究以单中心、小样本观察性研究为主，缺乏大样本随机对照试验。高级别循证医学证据不足，难以形成强有力的护理实践指南。同时，护理质量评价指标尚未标准化，不同研究采用的评价体系差异较大，结果难以横向比较。

5.4. 成本效益层面

ICG 染料及荧光成像设备成本较高，增加医疗费用。尤其在基层医院，设备采购与维护压力较大，技术推广受限。同时，ICG 荧光成像的附加价值(如降低并发症、缩短住院时间)尚需进一步量化评估，成本效益分析仍不充分。

6. 总结与展望

吲哚菁绿荧光成像技术作为胆道外科可视化的里程碑式进展，在围手术期护理中展现出显著价值。通过术前精准评估与给药、术中密切配合与环境管理、术后重点观察与护理干预，护理团队有效支持了该技术的临床应用，提升了胆道手术的安全性与精准度。研究表明[46]，ICG 荧光成像可降低胆管损伤率、减少术后并发症、缩短手术时间，改善患者预后。

然而，技术应用仍面临技术局限、标准缺失、证据不足、成本较高等挑战，需要护理团队与多学科协作共同应对。

技术创新方向：未来荧光成像技术将向智能化、三维化、多模态融合方向发展。人工智能辅助解剖识别、风险预警系统将逐步应用于临床；三维荧光重建技术可提供更立体的胆管结构信息；多模态影像融合(荧光 + 超声 + CT)将实现更全面的解剖与功能评估。护理团队需提前掌握新技术操作规范，推动智能化护理实践。

护理标准化建设：建立 ICG 荧光成像围手术期护理路径是当前迫切任务。护理专业组织应牵头制定专家共识与操作指南，统一给药方案、评估标准、配合流程、观察要点等。同时，建立护理质量评价体系，纳入荧光成像相关指标，推动护理质量持续改进。

跨学科协作与人才培养：ICG 荧光成像的有效实施需要外科、麻醉、护理、影像等多学科紧密配合。未来应建立跨学科团队协作机制，定期开展联合培训与病例讨论。同时，培养精通胆道外科护理与荧光

成像技术的复合型人才，提升团队整体专业水平。

循证护理与科研创新：未来需开展大样本、多中心随机对照试验，系统评估 ICG 荧光成像对护理质量指标的影响，积累高级别循证医学证据。鼓励护理团队开展以 ICG 荧光成像为切入点的临床研究，探索护理创新模式，推动胆道外科护理向精准化、个体化方向发展。

参考文献

- [1] 周晨阳. 吲哚菁绿荧光导航技术结合 MRCP 在肝外变异胆管识别中的应用[D]: [硕士学位论文]. 济宁: 济宁医学院, 2025.
- [2] 李峥, 杨海峰. 吲哚菁绿荧光成像技术在胆道外科手术中的应用及研究进展[J/OL]. 腹部外科: 1-6. <https://link.cnki.net/urlid/42.1252.R.20260710.1547.006>, 2026-09-22.
- [3] Cherrick, G.R., Stein, S.W., Leevy, C.M. and Davidson, C.S. (1960) Indocyanine Green: Observations on Its Physical Properties, Plasma Decay, and Hepatic Extraction. *Journal of Clinical Investigation*, **39**, 592-600. <https://doi.org/10.1172/jci104072>
- [4] Vahrmeijer, A.L., Hutteman, M., van der Vorst, J.R., van de Velde, C.J.H. and Frangioni, J.V. (2013) Image-Guided Cancer Surgery Using Near-Infrared Fluorescence. *Nature Reviews Clinical Oncology*, **10**, 507-518. <https://doi.org/10.1038/nrclinonc.2013.123>
- [5] Huang, H., Du, D., Wang, Z., Xie, Y., Ni, Z., Li, X., et al. (2023) Application of Intraoperative Fluorescence Imaging with Indocyanine Green in the Difficult Gallbladder: A Comparative Study between Indocyanine Green-Guided Fluorescence Cholangiography and Conventional Surgery. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*, **33**, 404-410. <https://doi.org/10.1089/lap.2022.0467>
- [6] Panin, S.I., Nechay, T.V., Sazhin, A.V., et al. (2026) Intraoperative Differences between Near-Infrared Fluorescence Cholangiography with Indocyanine Green and Conventional White Light Laparoscopic Cholecystectomy: An Integrative Review of Evidence Base. *BMC Surgery*, **26**, Article No. 178. <https://doi.org/10.1186/s12893-026-03549-0>
- [7] Wang, W., Feng, S., Li, Z., Qiao, Z., Yang, L., Han, L., et al. (2024) Clinical Application of Indocyanine Green Fluorescence Navigation Technique in Laparoscopic Common Bile Duct Exploration for Complex Hepatolithiasis. *BMC Surgery*, **24**, Article No. 456. <https://doi.org/10.1186/s12893-024-02411-5>
- [8] 朱超, 刘会春, 王勇, 等. 吲哚菁绿荧光显影在腹腔镜再次胆道探查术中的应用研究[J]. 腹腔镜外科杂志, 2024, 29(5): 358-362.
- [9] Yanagi, Y., Yoshimaru, K., Matsuura, T., et al. (2019) The Outcome of Real-Time Evaluation of Biliary Flow Using Near-Infrared Fluorescence Cholangiography with Indocyanine Green in Biliary Atresia Surgery. *Journal of Pediatric Surgery*, **54**, 2574-2578. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2019.08.029>
- [10] 郑州大学第三附属医院. 小小荧光引航向, 45 天胆道闭锁宝宝重获新生[EB/OL]. <https://www.zdsfy.net/yydt/146268.jhtml>, 2026-09-22.
- [11] Ishizawa, T., Tamura, S., Masuda, K., Aoki, T., Hasegawa, K., Imamura, H., et al. (2009) Intraoperative Fluorescent Cholangiography Using Indocyanine Green: A Biliary Road Map for Safe Surgery. *Journal of the American College of Surgeons*, **208**, e1-e4. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2008.09.024>
- [12] Zhou, J., Tan, Z., Sun, B., Leng, Y. and Liu, S. (2024) Application of Indocyanine Green Fluorescence Imaging in Hepatobiliary Surgery. *International Journal of Surgery*, **110**, 7948-7961. <https://doi.org/10.1097/jis9.0000000000001802>
- [13] 陈江明, 蒋东方, 方康伟, 等. 腹腔镜胆囊切除术中吲哚菁绿肝外胆道显影的术前给药时间和剂量研究[J]. 中华消化外科杂志, 2025, 24(7): 882-889.
- [14] 王晓颖. 吲哚菁绿荧光成像技术在肝脏外科应用中国专家共识(2023 版) [J]. 中国实用外科杂志, 2023, 43(4): 371-383.
- [15] 宗雨, 胡利国. 围手术期过敏反应[J]. 国际麻醉学与复苏杂志, 2018, 39(10): 982-986.
- [16] 中国医师协会外科医师分会胆道外科医师委员会. 胆道手术加速康复外科专家共识(2016 版) [J]. 中华消化外科杂志, 2017, 16(1): 6-13.
- [17] 李薇. 胆道肿瘤患者的营养治疗共识[J]. 肿瘤代谢与营养电子杂志, 2021, 8(3): 257-264.
- [18] 刘银秀, 孙桂菊. 营养支持在加速康复外科中的应用[C]//中国营养学会, 中国疾病预防控制中心营养与健康所, 农业农村部食物与营养发展研究所, 中国科学院上海营养与健康研究所, 华中科技大学公共卫生学院. 中国营养学会第十五届全国营养科学大会论文汇编. 2022: 553.
- [19] 中华医学会外科学分会胆道外科学组, 白求恩公益基金会肝胆专业委员会, 中华外科杂志编辑部. 加速康复理

- 念在梗阻性黄疸规范治疗中应用的专家共识[J]. 中华外科杂志, 2021, 59(4): 241-248.
- [20] 刘付宝, 蒋东, 耿小平. 吲哚菁绿荧光成像技术在胆道疾病中的应用[J]. 中华消化外科杂志, 2024, 23(1): 80-84.
- [21] 金涛, 王荇, 史凯航, 等. 吲哚菁绿荧光成像在感染性胆囊炎手术中的应用及病原学关联研究进展[J]. 中国病原生物学杂志, 2025, 20(10): 1378-1382.
- [22] 邹婷. 多学科协作模式下心肺康复在肝胆胰外科围手术期的应用策略[J]. 国际护理学研究, 2026, 8(3): 60-65.
- [23] 肝胆胰外科加速康复知识手册[EB/OL]. <https://www.zy91.com/content/default2/77/8423>, 2025-12-06.
- [24] 皮启飞, 殷素鹏, 孙乙曾, 等. 吲哚菁绿荧光成像技术用于甲状腺全切除术中甲状旁腺血供判断的研究[J]. 中国普外基础与临床杂志, 2022, 29(10): 1313-1317.
- [25] 腹部手术后的呼吸功能恢复护理方案[EB/OL]. <https://m.book118.com/html/2025/1124/8045100060010013.shtml>, 2025-11-25.
- [26] Vu. V.Q., Le, V.T., Nguyen, H.N.A., Dang, K.K. and Luong, M.V.A. (2023) Preliminary Results of Laparoscopic Cholecystectomy Using Real-Time Indocyanine Green Fluorescence: A Cross-Sectional Study. *Annals of Medicine and Surgery*, **85**, 402-406.
- [27] 冯其柱, 王思雨, 张超. 吲哚菁绿荧光显影在困难胆囊腹腔镜胆囊切除术中的应用价值[J]. 临床肝胆病杂志, 2022, 38(11): 2537-2541.
- [28] 许仙, 陆晓燕, 李红燕. 肝脏疾病患者术前行吲哚菁绿清除试验的心理状况调查及影响因素分析[J]. 中国现代医药杂志, 2023, 25(3): 89-92.
- [29] 陈志, 周荣华, 朱任飞, 等. 吲哚菁绿荧光成像技术在腹腔镜困难型胆囊切除术中的应用研究[J]. 重庆医学, 2022, 51(17): 2984-2987, 2992.
- [30] 杜金柱, 高才植, 高允海. 吲哚菁绿荧光显像在复杂腹腔镜胆囊切除术中的初步应用观察[J]. 中华肝胆外科杂志, 2020, 26(8): 595-599.
- [31] Rahate, N.P., Kapse, A., Rahate, P.V. and Nimbhorkar, S.P. (2023) The Wonder Dye: Uses and Implications of Indocyanine Green in Various Surgeries. *Cureus*, **15**, e46722.
- [32] Yoo, D. (2024) Laparoscopic Cholecystectomy for a Gallbladder with a Short Cystic Duct Draining to the Accessory Right Anterior Hepatic Duct Using Indocyanine Green Fluorescence Imaging: A Case Report. *International Journal of Surgery Case Reports*, **121**, Article 110014.
- [33] Liu, D., Wang, Y., Xue, F., Fu, J., Zhao, X., Song, S. and Gu, J. (2025) Comparative Analysis of Indocyanine Green Dosages for Optimal Fluorescence Imaging in Laparoscopic Cholecystectomy. *Scientific Reports*, **15**, Article No. 13491.
- [34] Xie, Q., Yang, M., Jiang, K., Zhang, L., Mao, T. and Gao, F. (2023) Laparoscopic Cholecystectomy Assisted by Combined Intravenous and Intracholecystic Fluorescent Cholangiography: A Case Report. *Journal of International Medical Research*, **51**, 1-8.
- [35] 《胆囊切除术中决策与转归的多协会共识和实践指南》解读[EB/OL]. <https://m.book118.com/html/2026/0324/8111115007010056.shtml>, 2026-03-25.
- [36] Ravikumar, S., Musham, R., Vardhan Rao, G.V. and Eppa, V.R. (2025) Impact of Indocyanine Green (ICG) Fluorescence Cholangiography on Operative Time and Safety in Laparoscopic Cholecystectomy: A Prospective Randomized Controlled Study. *Cureus*, **17**, e88639.
- [37] 邹浩. 荧光腹腔镜胆囊切除术[J]. 中华普外科手术学杂志(电子版), 2020, 14(3): 231.
- [38] Hanaki, T., Tokuyasu, N., Sakamoto, T. and Fujiwara, Y. (2022) Hepatectomy Guided by Indocyanine Green Fluorescent Imaging for Visualizing Bile Leakage (with Video). *Clinical Case Reports*, **10**, e05942. <https://doi.org/10.1002/ccr3.5942>
- [39] 黄宇, 翁杰锋. 吲哚菁绿荧光显影术中胆漏 1 例并文献复习[J]. 腹腔镜外科杂志, 2024, 29(12): 955-957.
- [40] 朱霞, 王铭, 杜凌遥, 等. 吲哚菁绿清除试验在肝脏储备功能评估中的临床应用新进展[J]. 胃肠病学和肝病杂志, 2026, 35(1): 1-4.
- [41] 钟潇珩, 彭芳松, 金昌, 等. ICG 荧光成像技术在肝胆手术及预防并发症的应用进展[J]. 肝胆外科杂志, 2025, 33(6): 463-466.
- [42] 王潇宁, 吴硕东, 韩金岩, 等. 荧光导航技术在防止胆道损伤、发现胆漏中的作用[J]. 中华医学杂志, 2023, 103(16): 1242-1244.
- [43] 中国研究型医院学会肝胆胰外科专业委员会, 《中华消化外科杂志》编辑委员会. 围手术期肝脏储备功能评估专家共识(2025 版) [J]. 中华消化外科杂志, 2025, 24(11): 1383-1396.
- [44] Li, X., Wang, P., Su, S., Gan, Y., Yang, X., Peng, F., et al. (2023) Detection of the Intraoperative Bile Leakage in

-
- Laparoscopic Cholecystectomy Using Indocyanine Green Fluorescence Imaging: A Case Report. *Heliyon*, **9**, e14040. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14040>
- [45] Huerta, M., Dalmau, M., Fernandes, N., Dopazo, C., Caralt, M., Vidal, L., Charco, R., Bilbao, I. and Gómez-Gavara, C. (2025) Brightening the Path to Safe Liver Transplants: The Role of ICG Fluorescence in Biliary Anastomosis. *BMJ Surgery, Interventions, & Health Technologies*, **7**, e000322.
- [46] Broderick, R.C., Lee, A.M., Cheverie, J.N., Zhao, B., Blitzer, R.R., Patel, R.J., *et al.* (2021) Fluorescent Cholangiography Significantly Improves Patient Outcomes for Laparoscopic Cholecystectomy. *Surgical Endoscopy*, **35**, 5729-5739. <https://doi.org/10.1007/s00464-020-08045-x>