

·述评·消化外科进展·

吲哚菁绿荧光成像技术在胆道疾病中的应用

刘付宝 蒋东 耿小平

安徽医科大学第一附属医院普通外科, 合肥 230022

通信作者: 耿小平, Email: xp_geng@163.net

【摘要】 近年来, 吲哚菁绿荧光成像技术在胆道疾病的诊断和治疗中得到了广泛应用。吲哚菁绿对胆道系统的荧光显影可准确定位病变组织, 精确识别胆道结构, 有效避免对正常胆道结构的损伤, 极大提高了胆道外科手术的精确性及安全性, 具有重要临床意义。然而, 目前该技术在胆道外科领域的应用尚处在探索阶段, 表现出巨大应用潜力的同时亦暴露出诸多问题及争议。相信随着技术的不断发展和完善, 未来该技术将在胆道疾病的诊断与治疗中发挥更大作用, 使患者更多获益。

【关键词】 胆道疾病; 吲哚菁绿; 胆道显影; 应用现状; 进展

基金项目: 安徽省高校自然科学基金(2021 年)

Application of indocyanine green fluorescence imaging in biliary tract diseases

Liu Fubao, Jiang Dong, Geng Xiaoping

Department of General Surgery, The First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022, China

Corresponding author: Geng Xiaoping, Email: xp_geng@163.net

【Abstract】 For the past few years, the indocyanine green fluorescence imaging has been widely used in the diagnosis and treatment of biliary tract diseases. Fluorescence visualization of the biliary system by indocyanine green accurately localize the diseased tissue and identify the biliary structures precisely, which effectively avoids the damage to the natural biliary structure and greatly improves the accuracy and safety of biliary surgery. However, the application of this new technology in biliary surgery is still at the exploratory stage, showing great potential for application while also exposing many problems and controversies. It is believed that with the continuous development and improvement, the indocyanine green fluorescence cholangiography will play a more important role in the diagnosis and treatment of biliary tract diseases in the future, and bring more benefits to patients.

【Key words】 Biliary tract diseases; Indocyanine green; Fluorescence cholangiography; Application status; Progress

Fund program: Anhui Provincial Natural Science Foundation for Universities (2021)

近年来, 吲哚菁绿荧光成像技术在医学领域尤其是肝胆外科的应用愈发广泛^[1-2]。得益于该技术的迅猛发展和日益成熟, 腹腔镜下肝胆外科手术技术得到进一步发展和提高。目前, 吲哚菁绿荧光导航技术应用于肝脏疾病手术如肝脏肿瘤染色、解剖性肝切除、肝切缘界定等方面的研究正如火如荼地进行并已取得显著成效^[3-6]。然而其在胆道疾病方面的应用仍处于探索阶段, 相关研究较少, 临床经

验不足。笔者通过文献回顾结合团队经验, 探讨吲哚菁绿荧光成像技术在胆道外科领域的应用现状。

一、荧光成像的原理及机制

荧光成像的原理主要是运用吲哚菁绿等染料被近红外光线激发后发射光线的特性, 其发出的光可由光学传感器检测并实时投射至显示器, 从而实现荧光可视化。吲哚菁绿在血液中的光谱吸收峰值为 800~810 nm, 发射峰值为 835 nm, 发射出的光

DOI: 10.3760/cma.j.cn115610-20231226-00276

收稿日期 2023-12-26

引用本文: 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. DOI: 10.3760/cma.j.cn115610-20231226-00276.



线可穿透 10 mm 的组织,而人眼可透过 8 mm 的组织看到荧光^[7]。经外周静脉注射吲哚菁绿后,其迅速与血浆 $\alpha 1$ 球蛋白结合参与血液循环。经间质注射吲哚菁绿后,其首先流入淋巴系统并汇集在淋巴结,随后进入胸导管,最后进入血液系统参与循环^[8-9]。血液中的吲哚菁绿被肝实质细胞高效吸收代谢,然后几乎以原型排泄至胆汁中,经胆道排出,最终随粪便排出体外,且不参与肝肠循环。其在血液中的半衰期为 2.5~3 min,进入循环系统后,肝脏 2~5 min 即可呈现荧光,而胆道系统可在 8~10 min 显示荧光^[10-12]。目前国内应用的吲哚菁绿荧光成像技术主要使用近红外一区(near-infrared- I , NIR- I)光线进行成像,其波长为 700~900 nm。近年来,近红外二区(near-infrared- II , NIR- II)荧光成像表现出优良的性能和巨大应用前景,其波长范围为 900~1 700 nm。有研究通过测量和比较吲哚菁绿胆汁在 NIR- II 和 NIR- I 窗口的吸收光谱、发射光谱、荧光强度和光稳定性,得出吲哚菁绿胆汁的荧光光谱可以很好地延伸到 NIR- II ,并表现出强烈的荧光值和良好的光稳定性,足以用于 NIR- II 窗口胆道成像^[13]。此外,吲哚菁绿在 NIR-II 窗口的荧光显影明显降低了肝脏背景信号,加深了穿透深度,在模拟的临床场景中可提供更多的组织结构信息,从而提升胆管或病变区域的可视化效果,其各方面表现明显优于在 NIR- I 窗口的成像^[14]。由此可见,未来吲哚菁绿在 NIR- II 窗口的荧光显影可在胆道外科发挥更为重要的作用,尤其在困难或复杂病例中,是提高胆道手术安全性的有效手段。

二、与传统术中胆道造影技术相比优缺点

既往 X 线术中胆道造影技术是显示肝外胆道结构的“金标准”。然而相较于传统 X 线术中造影技术,吲哚菁绿荧光成像技术表现出明显的优势。首先,传统术中 X 线造影技术需配备专业影像科医师协助,术中还需要 C 臂机进行实时显影,耗费大量人力物力且耗时明显。此外,医务人员和患者还会受到辐射伤害的困扰^[15-16]。其次,吲哚菁绿荧光成像技术在解剖 Calot 三角之前即可清晰显示胆道解剖结构,并且可明确识别胆道与周围结构和器官的关系,而传统 X 线造影技术的识别效果相形见绌。最后,吲哚菁绿荧光成像技术安全性更高,吲哚菁绿溶液可以经外周静脉注射,具备无创优势,且吲哚菁绿是目前唯一通过美国食品药品监督管理局认证可用于人体的安全染料^[17]。Lehrskov 等^[18]的 1 项 RCT 临床研究结果显示:吲哚菁绿胆道荧光显影识别胆囊管、肝总管和胆总管之间关键连接点

的能力并不逊于术中 X 线胆道造影。因其具备非侵入性特点并且可以在白光模式和荧光模式之间轻松切换,对年轻外科医师而言,它无疑是一个更加实用的辅助工具^[19-20]。Ishizawa 等^[21]自 2008 年在人体进行了第 1 例荧光引导下的 LC 并于 2009 年发表了该领域的第 1 例病例报告以来,越来越多的医学中心开始使用吲哚菁绿荧光导航施行该手术,甚至有部分学者推荐在 LC 中常规应用吲哚菁绿荧光成像技术。2018 年,来自亚太地区 7 个国家的 13 名肝胆外科领域专家在上海召开专家会议,发布吲哚菁绿荧光成像技术在肝胆外科应用的共识声明,明确指出荧光成像可以帮助外科医师识别肝外胆道解剖结构^[22]。在 LC 中,荧光成像可以清楚显示变异胆管和副胆管,以帮助外科医师安全解剖关键结构。此外,多项研究一致证实,与传统白光成像比较,荧光成像明显提高了医师对肝外胆道结构的识别能力^[20,23-25]。2019 年,Dip 等^[26]开展第 1 项 RCT,该试验纳入来自不同国家 8 家医学中心的 639 例患者,按照随机化原则将 321 例和 318 例患者分为荧光组和白光组。其研究结果显示:在对解剖前后大部分肝外胆道结构的显示方面,荧光胆道成像技术明显优于白光成像技术。总之,吲哚菁绿胆管荧光成像技术识别左右肝管、肝总管、胆囊管、胆总管、变异胆管等解剖结构显著优于白光模式及传统 X 线术中胆道成像技术。

三、胆道荧光显影策略

(一)给药方式

目前国际上胆道显影最常用的吲哚菁绿给药方式有两种:经外周静脉注射(排泄性胆道显影)和直接经胆囊注射。经外周静脉注射后约 10 min,即可观察到肝外胆道荧光显影。经胆囊直接注射则几乎可实现肝外胆道实时显影。相比之下,经外周静脉注射对患者和医师而言更简单方便。然而,静脉注射可导致肝脏背景显现荧光,影响肝外胆道结构的辨识度^[27]。经静脉注射的另一个局限性在于需依赖吲哚菁绿经胆汁排泄到胆囊、胆囊管和胆总管,而这一时间难以精确预测^[28]。通过直接向胆囊内注射吲哚菁绿可提供即时胆囊和胆囊管显影。该给药途径可解决肝脏的荧光背景干扰以及吲哚菁绿从血液中提取并分泌到胆道系统所需时间的问题。然而,胆囊穿刺部位的吲哚菁绿胆汁漏出会降低胆道结构和术区视野的整体辨识度^[29]。此外,该有创性操作对操作者有技术要求,且伴随肝脏和胆管损伤风险,而且可能会因此延长手术时间。因此,对于这两种给药方式的选择仍存在较大争议。

除上述两种给药方式以外,对于特殊人群如术前已行经内镜鼻胆管引流或经皮经肝胆囊穿刺引流术的患者,术前可经引流导管给药。综上,对给药方式的选择应灵活慎重,对于行急诊手术或术前未注射吲哚菁绿患者,如术中需要荧光导航可考虑行胆囊穿刺给药,而对于常规手术患者仍推荐经外周静脉注射这种方便且无创的给药方式^[30]。

(二)肝内胆管显影

肝内胆管与肝动脉、门静脉共同被纤维结缔组织包绕于 Glisson 系统内。而近红外荧光穿透深度有限,因此,经外周静脉注射吲哚菁绿后,在肝脏表面无法直接观察肝内胆管,但随着肝实质离断,位于 Glisson 鞘内的肝内胆管可逐渐显露,有助于术中妥善处理肝内胆管,避免发生胆漏^[17]。对于肝内胆管良性梗阻型病变如肝内胆管结石或肝内胆管乳头状瘤行手术治疗时,亦可利用吲哚菁绿进行病变区域胆管显影,实现病变精准切除。与肝肿瘤荧光显影原理相似,由于结石或良性病变造成其所在区域胆管梗阻,使吲哚菁绿滞留在梗阻胆管内无法排泄,而无胆管梗阻区域的肝脏正常完成吲哚菁绿排泄,从而形成显著对比。但肝肿瘤仅压迫病灶周围及内部胆管,故其荧光以肿瘤本身染色为主,表现为全荧光、部分荧光和环形荧光。而肝内胆管良性梗阻型病变表现为胆管梗阻所在肝段或肝叶完全荧光染色,界限明显。其荧光效果类似于术中确定肝断面时采用的正染或反染,但更优于正反染。因正染通过穿刺目标门静脉,注射适量吲哚菁绿,显示相应门静脉流域。正染需要较高术中超声引导穿刺技巧,对于初学者有一定难度。而反染有时会因为交通血管使荧光边界向目标肝段渗透偏移^[31],且术中界限显示不清晰。术前 15~21 h 经外周静脉注射 2.5 mg 吲哚菁绿,术中肝内胆管梗阻区段与非梗阻区形成鲜明染色对比,可以实时引导肝脏离断走向,确保完整切除目标病灶,提高手术安全性和精确性。

(三)肝外胆管显影

近年来,对吲哚菁绿用于肝外胆管显影的研究越来越深入。目前国际上应用最多的注射方案为术前约 30 min 经外周静脉注射吲哚菁绿,剂量为 0.05 mg/kg 体质量或固定剂量 2.5 mg^[32]。注射时间和剂量至关重要,虽然血管内吲哚菁绿半衰期仅几分钟,但可能需要数小时才能达到最大胆道排泄剂量。如吲哚菁绿在术前给药时间间隔过短,其会在肝脏中高度富集,造成肝脏荧光强度过高,手术时还没有足量吲哚菁绿经胆管排出体外,导致肝外胆管显影失败。为减少肝脏背景对肝外胆管显影效果

的影响,越来越多的研究建议延长术前注射吲哚菁绿与手术的间隔时间。Boogerd 等^[33]的研究结果首次显示:适当延长吲哚菁绿给药和术中荧光胆管显影的时间间隔,可提高肝外胆管与肝脏背景之间的荧光对比度,从而提高肝外胆管显影效果。Verbeek 等^[34]的研究也证实该观点。也有部分学者提出,应根据患者的身高和体质量以及肝功能计算吲哚菁绿的注射剂量,但影响吲哚菁绿代谢及显影效果的因素十分复杂。目前尚无公认准确、合理的计算公式。结合笔者团队多年临床实践成果,延长注射吲哚菁绿至术中显影的间隔时间或减少吲哚菁绿的注射剂量,可有效减轻肝脏背景的荧光强度,提高对比度,取得良好显影效果。但围手术期患者从术前准备到进行手术的时间间隔受不确定因素干扰较多。因此临床更需要探索术前不同时间段注射对应的最佳吲哚菁绿剂量。在实际应用时可根据患者推注吲哚菁绿至手术开始的时间间隔选择对应吲哚菁绿剂量,从而获取最佳显影效果。

肝外胆管显影在复杂胆道手术中的作用更为显著,尤其对于 Calot 三角区域炎症较重如 ERCP 取石术后或反复发作胆源性胰腺炎的患者,由于炎症、水肿、粘连等导致肝外胆道结构偏离正常解剖位置。此时,肝外胆管荧光显影能起到关键导航作用,有效避免胆管损伤。而对于某些特殊患者如术后残余胆囊或萎缩性胆囊行手术治疗时,由于较难辨别胆囊结构及具体位置,荧光显影亦能准确识别胆囊以确保顺利切除^[35]。除胆道手术外,在腹腔镜胰头局部切除术中,胆总管全程荧光显影亦有助于确认胰腺切缘距胰腺段胆管的距离,避免胆管损伤^[36]。此外,研究结果显示:肝外胆管显影在腹腔镜活体肝移植供肝获取方面亦有显著作用^[37]。

四、检测术中胆漏

由于胆管变异和视觉误差等因素的影响,术中易发生胆管损伤。术中检测异常胆汁渗出,及时发现胆管损伤,可将其危害降至最低。早在 2010 年, Sakaguchi 等^[38]研究荧光成像技术监测术中胆漏,将肝切除术患者分为两组:吲哚菁绿溶液检测胆漏组和 0.9% 氯化钠溶液检测胆漏组。使用吲哚菁绿检测胆漏时,肝切除完成后将远端胆管夹闭,然后经胆囊管向胆管内注射 4~8 mL 0.05 mg/mL 吲哚菁绿溶液,进一步用荧光显像系统观察肝断面胆漏情况。其研究结果显示:29.6% (8/27) 患者发生明显术中胆漏,经细致术中缝补,术后无胆漏发生。而使用传统方法(0.9% 氯化钠溶液)组术中胆漏检出率仅为 18.8%,且经术中修补后,术后胆漏发生率

仍有 3.8%。Kaibori 等^[39]的研究结果与其类似,使用吲哚菁绿检测胆漏,及时缝补,术后无胆漏发生。笔者中心施行 LC 在手术即将结束时,意外发现尽管使用 0.9% 氯化钠溶液冲洗腹腔,仍观察到术区有胆汁渗出,但反复检查仍无法确认胆汁渗出部位,于是术中行吲哚菁绿静脉注射,在荧光视野下最终发现胆汁来源于胆囊床 1 个微小创口。考虑原因为将胆囊剥离胆囊床时电凝钩走行过深,导致肝内胆管损伤。随后行术中缝补并再次荧光检查无胆漏后,结束手术。该患者术后恢复顺利,经长期随访仍无胆漏发生。由此可见,应用荧光成像技术有助于检测术中胆漏,证实在 LC 中常规应用该技术的合理性和必要性。综上,吲哚菁绿荧光导航技术有助于发现肝断面胆漏,检测胆道手术中胆漏,减少术后胆漏发生等并发症,建议有条件的医疗中心 LC 术中常规应用该技术。

五、结语

目前吲哚菁绿荧光成像技术在胆道疾病中的应用仍处于探索阶段,面临许多亟待解决的问题及挑战。首先,影响肝外胆管显影的因素很多,如患者肝功能、给药时间及剂量、给药方式、患者自身因素(肥胖、胆道炎症等)、胆囊管是否梗阻、荧光效果评价方式等。目前尚无指南或共识对吲哚菁绿的注射方案作出统一规定。因此,各中心使用方案冗杂,且显影效果参差不齐。这对技术的普及和推广造成困难。目前尚无大宗病例研究从循证层面证实该技术可有效减少术后胆漏等重大并发症的发生。尽管如此,越来越多的研究支持吲哚菁绿荧光成像技术在胆道手术中常规应用,且如急性胆囊炎、萎缩性胆囊炎、胆源性胰腺炎恢复期等特殊患者行急诊手术时,它已成为首选的术中胆道显影方式^[40-41]。总之,吲哚菁绿荧光成像技术不断表现出巨大应用潜力,未来的研究应探索该技术在胆道情况复杂或手术需求特殊易发生胆管损伤患者术中胆管显影能力。

综上,吲哚菁绿荧光成像技术作为一种新型胆道识别技术,在胆道疾病手术中可帮助主刀医师清楚识别肝外胆道的解剖结构,从而提高腹腔镜胆道手术的精确性和安全性。随着肝胆外科发展逐渐现代化、精细化、规范化,该技术在未来必将发挥重要作用。但现阶段,要清楚认识其仍存在诸多问题和局限,只有灵活运用现有的各项技术,扬长避短,才能使吲哚菁绿荧光成像技术发挥更大价值。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Patankar R, Mishra RK, Bindal V, et al. Efficacy of near-infrared fluorescence cholangiography using indocyanine green in laparoscopic cholecystectomy: a retrospective study[J]. J Minim Access Surg, 2023, 19(1):57-61. DOI: 10.4103/jmas.jmas_369_21.
- [2] Pardo Aranda F, Gené Škrabec C, López-Sánchez J, et al. Indocyanine green (ICG) fluorescent cholangiography in laparoscopic cholecystectomy: Simplifying time and dose [J]. Dig Liver Dis, 2023, 55(2):249-253. DOI: 10.1016/j.dld.2022.10.023.
- [3] Matsumura M, Seyama Y, Ishida H, et al. Indocyanine green fluorescence navigation for hepatocellular carcinoma with bile duct tumor thrombus: a case report[J]. Surg Case Rep, 2021, 7(1):18. DOI: 10.1186/s40792-020-01101-7.
- [4] Franz M, Arend J, Wolff S, et al. Tumor visualization and fluorescence angiography with indocyanine green (ICG) in laparoscopic and robotic hepatobiliary surgery-valuation of early adopters from Germany[J]. Innov Surg Sci, 2021, 6(2):59-66. DOI: 10.1515/iss-2020-0019.
- [5] Wang G, Luo Y, Qi W, et al. Determination of surgical margins in laparoscopic parenchyma-sparing hepatectomy of neuroendocrine tumors liver metastases using indocyanine green fluorescence imaging[J]. Surg Endosc, 2022, 36(6):4408-4416. DOI: 10.1007/s00464-021-08791-6.
- [6] Brookes MJ, Chan CD, Nicoli F, et al. Intraoperative near-infrared fluorescence guided surgery using indocyanine green (ICG) for the resection of sarcomas may reduce the positive margin rate: an extended case series[J]. Cancers (Basel), 2021, 13(24):6284. DOI: 10.3390/cancers13246284.
- [7] Kono Y, Ishizawa T, Tani K, et al. Techniques of fluorescence cholangiography during laparoscopic cholecystectomy for better delineation of the bile duct anatomy[J]. Medicine (Baltimore), 2015, 94(25):e1005. DOI: 10.1097/MD.0000000000001005.
- [8] Nimura H, Narimiya N, Mitsumori N, et al. Infrared ray electronic endoscopy combined with indocyanine green injection for detection of sentinel nodes of patients with gastric cancer[J]. Br J Surg, 2004, 91(5):575-579. DOI: 10.1002/bjs.4470.
- [9] Dip F, Lo Menzo E, Bouvet M, et al. Intraoperative fluorescence imaging in different surgical fields: consensus among 140 intercontinental experts[J]. Surgery, 2022, 172(6S):S54-S59. DOI: 10.1016/j.surg.2022.07.025.
- [10] Cherrick GR, Stein SW, Leevy CM, et al. Indocyanine green: observations on its physical properties, plasma decay, and hepatic extraction[J]. J Clin Invest, 1960, 39(4):592-600. DOI: 10.1172/JCI104072.
- [11] Broderick RC, Li JZ, Huang EY, et al. Lighting the way with fluorescent cholangiography in laparoscopic cholecystectomy: reviewing 7 years of experience[J]. J Am Coll Surg, 2022, 235(5):713-723. DOI: 10.1097/XCS.0000000000000314.
- [12] Kovács N, Németh D, Földi M, et al. Selective intraoperative cholangiography should be considered over routine intraoperative cholangiography during cholecystectomy: a systematic review and meta-analysis[J]. Surg Endosc, 2022, 36(10):7126-7139. DOI: 10.1007/s00464-022-09267-x.
- [13] Wu D, Xue D, Zhou J, et al. Extrahepatic cholangiography in near-infrared II window with the clinically approved fluorescence agent indocyanine green: a promising imaging technology for intraoperative diagnosis[J]. Theranostics,

- 2020,10(8):3636-3651. DOI:10.7150/thno.41127.
- [14] Hu Z, Fang C, Li B, et al. First-in-human liver-tumour surgery guided by multispectral fluorescence imaging in the visible and near-infrared- I/II windows[J]. *Nat Biomed Eng*, 2020, 4(3):259-271. DOI:10.1038/s41551-019-0494-0.
 - [15] Wu JY, Sun JX, Wu JY, et al. Impact of bile duct tumor thrombus on the long-term surgical outcomes of hepatocellular carcinoma patients: a propensity score matching analysis [J]. *Ann Surg Oncol*, 2022, 29(2): 949-958. DOI: 10.1245/s10434-021-10799-0.
 - [16] Reeves JJ, Broderick RC, Lee AM, et al. The price is right: Routine fluorescent cholangiography during laparoscopic cholecystectomy[J]. *Surgery*, 2022, 171(5):1168-1176. DOI: 10.1016/j.surg.2021.09.027.
 - [17] 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.
 - [18] Lehrskov LL, Westen M, Larsen SS, et al. Fluorescence or X-ray cholangiography in elective laparoscopic cholecystectomy: a randomized clinical trial[J]. *Br J Surg*, 2020, 107(6):655-661. DOI: 10.1002/bjs.11510.
 - [19] Buddingh KT, Nieuwenhuijs VB, van Buuren L, et al. Intraoperative assessment of biliary anatomy for prevention of bile duct injury: a review of current and future patient safety interventions[J]. *Surg Endosc*, 2011, 25(8):2449-2461. DOI:10.1007/s00464-011-1639-8.
 - [20] Roy M, Dip F, Nguyen D, et al. Fluorescent incisionless cholangiography as a teaching tool for identification of Calot's triangle[J]. *Surg Endosc*, 2017, 31(6):2483-2490. DOI:10.1007/s00464-016-5250-x.
 - [21] Ishizawa T, Tamura S, Masuda K, et al. Intraoperative fluorescent cholangiography using indocyanine green: a biliary road map for safe surgery[J]. *J Am Coll Surg*, 2009, 208(1):e1-e4. DOI:10.1016/j.jamcollsurg.2008.09.024.
 - [22] Wang X, 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. DOI:10.1097/SLA.0000000000004718.
 - [23] Dip F, Nguyen D, Montorfano L, et al. Accuracy of near infrared-guided surgery in morbidly obese subjects undergoing laparoscopic cholecystectomy[J]. *Obes Surg*, 2016, 26(3):525-530. DOI:10.1007/s11695-015-1781-9.
 - [24] Bleszynski MS, DeGirolamo KM, Meneghetti AT, et al. Fluorescent cholangiography in laparoscopic cholecystectomy: an updated canadian experience[J]. *Surg Innov*, 2020, 27(1):38-43. DOI:10.1177/1553350619885792.
 - [25] Zroback C, Chow G, Meneghetti A, et al. Fluorescent cholangiography in laparoscopic cholecystectomy: the initial Canadian experience[J]. *Am J Surg*, 2016, 211(5):933-937. DOI:10.1016/j.amjsurg.2016.01.013.
 - [26] Dip F, LoMenzo E, Sarotto L, et al. Randomized trial of near-infrared incisionless fluorescent cholangiography[J]. *Ann Surg*, 2019, 270(6): 992-999. DOI: 10.1097/SLA.0000000000003178.
 - [27] Liu YY, Liao CH, Diana M, et al. Near-infrared cholecysto-cholangiography with direct intragallbladder indocyanine green injection: preliminary clinical results[J]. *Surg Endosc*, 2018, 32(3):1506-1514. DOI:10.1007/s00464-017-5838-9.
 - [28] Dip F, Roy M, Lo Menzo E, et al. Routine use of fluorescent incisionless cholangiography as a new imaging modality during laparoscopic cholecystectomy[J]. *Surg Endosc*, 2015, 29(6):1621-1626. DOI:10.1007/s00464-014-3853-7.
 - [29] Osayi SN, Wendling MR, Drosdeck JM, et al. Near-infrared fluorescent cholangiography facilitates identification of biliary anatomy during laparoscopic cholecystectomy[J]. *Surg Endosc*, 2015, 29(2):368-375. DOI: 10.1007/s00464-014-3677-5.
 - [30] Way LW, Stewart L, Gantert W, et al. Causes and prevention of laparoscopic bile duct injuries: analysis of 252 cases from a human factors and cognitive psychology perspective[J]. *Ann Surg*, 2003, 237(4):460-469. DOI:10.1097/01.SLA.0000060680.92690.E9.
 - [31] Wakabayashi T, Cacciaguerra AB, Abe Y, et al. Indocyanine green fluorescence navigation in liver surgery: a systematic review on dose and timing of administration[J]. *Ann Surg*, 2022, 275(6):1025-1034. DOI:10.1097/SLA.0000000000005406.
 - [32] 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.
 - [33] Boogerd L, Handgraaf H, Huurman V, 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. DOI:10.1177/1553350617702311.
 - [34] 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. DOI:10.1007/s00464-013-3305-9.
 - [35] Wang W, Huang H, He K, et al. Detection of the communicating accessory bile duct in laparoscopic resection of residual gallbladder by the combination of the indocyanine green fluorescence cholangiography and the intraoperative cholangiography: a case report[J]. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, 2023, 42:103587. DOI:10.1016/j.pdpdt.2023.103587.
 - [36] Ito R, Mise Y, Tanaka H, et al. Indocyanine green-fluorescent imaging for a detection of accessory pancreatic duct in pancreas-preserving duodenectomy[J]. *Ann Gastroenterol Surg*, 2023, 7(2):336-340. DOI:10.1002/ags3.12619.
 - [37] Sayan H, Aydogan MS, Bicakcioglu M, et al. Effects of thoracic epidural anesthesia on liver blood flow and indocyanine green clearance test in living-donor liver transplantation: a prospective, randomized, double-blind study[J]. *Transplant Proc*, 2015, 47(5):1462-1465. DOI:10.1016/j.transproceed.2015.04.033.
 - [38] Sakaguchi T, Suzuki A, Unno N, et al. Bile leak test by indocyanine green fluorescence images after hepatectomy[J]. *Am J Surg*, 2010, 200(1):e19-e23. DOI:10.1016/j.amjsurg.2009.10.015.
 - [39] Kaibori M, Ishizaki M, Matsui K, et al. Intraoperative indocyanine green fluorescent imaging for prevention of bile leakage after hepatic resection[J]. *Surgery*, 2011, 150(1): 91-98. DOI:10.1016/j.surg.2011.02.011.
 - [40] Kovács N, Németh D, Földi M, et al. Selective intraoperative cholangiography should be considered over routine intraoperative cholangiography during cholecystectomy: a systematic review and meta-analysis[J]. *Surg Endosc*, 2022, 36(10):7126-7139. DOI:10.1007/s00464-022-09267-x.
 - [41] Pujol-Cano N, Molina-Romero FX, Palma-Zamora E, et al. Near-infrared fluorescence cholangiography at a very low dose of indocyanine green: quantification of fluorescence intensity using a colour analysis software based on the RGB color model[J]. *Langenbecks Arch Surg*, 2022, 407(8): 3513-3524. DOI:10.1007/s00423-022-02614-5.