

吲哚菁绿在解剖性肝切除术中的应用

吴哲境 李敬东 熊永福 刘刚 陈雷



作者简介:李敬东,医学博士,博士后,博士研究生导师,二级教授,留美、留日归国学者,第六届国之名医·卓越建树,四川省学术技术带头人。现任川北医学院附属医院副院长(主持行政工作),肝胆胰疾病中心主任,学院肝胆胰肠疾病研究所所长,国家临床重点专科(普外科)项目负责人,四川省消化系统疾病临床医学研究中心负责人。兼任四川省医学会外科学分会候任主任委员(第十届),中华医学会外科学分会委员,中华医学会外科学分会胆道学组委员,中国医师协会外科医师分会胆道外科、门静脉高压症、手术质量控制与评价专家工作组委员,中华预防医学会肝胆胰疾病预防与控制专委会委员,美国外科医生协会会员(F.A.C.S),白求恩公益基金会肝胆专委会委员,中国研究型医院学会微创外科学专委会、加速康复外科专委会、肝胆管结石病学组委员,中国抗癌协会胰腺癌专业委员会微创诊治学组委员,四川省抗癌协会肝癌专委会副主任委员,四川省医学会医用机器人和医学智能化委员会副主任委员等。担任《中华消化外科杂志》《外科学年鉴中文版》《中华肝脏外科手术学电子杂志》《中国普通外科杂志》《临床肝胆病杂志》等编委。主要执笔制定中国《腹腔镜肝门部胆管癌根治性切除操作流程专家建议》《腹腔镜肝切除术治疗肝细胞癌中国专家共识(2020版)》,参与制定国内肝胆胰外科相关疾病诊治专家共识11篇。发表论文250余篇,其中高水平期刊论文64篇。主编专著1部,参编专著10部。获四川省科技进步奖3项,湖南省科学技术进步奖1项,四川省医学科技奖4项。

【摘要】 肝癌已成为全世界常见恶性肿瘤之一,目前治疗肝癌方式众多,其中解剖性肝切除是国内外公认的肝癌治疗首选及最佳的手术方式,但解剖性肝切除仍存在局限性。ICG由于其独特的荧光性质,被用于肝脏手术过程中的荧光显像,在辅助解剖性肝切除术中起着重要作用,近年来也有报道应用于肝癌术前介入治疗中。本文就ICG在解剖性肝切除的发展及其应用现状进行相关综述。

【关键词】 原发性肝癌; 癌,肝细胞; 吲哚菁绿(ICG); 荧光显像; 肝切除术

Application of indocyanine green in anatomical hepatectomy Wu Zhejing, Li Jingdong, Xiong Yongfu, Liu Gang, Chen Lei. Department I of Hepatobiliary Surgery, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, China
Corresponding author: Li Jingdong, Email: lijingdong358@126.com

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2025002

基金项目:川北医学院附属医院科研发展计划项目(2021YS004)

作者单位:637000 四川省南充市,川北医学院附属医院肝胆外一科

通信作者:李敬东, Email: lijingdong358@126.com

【 Abstract 】 Liver cancer has become one of the common malignant tumors worldwide. At present, multiple approaches have been employed to treat liver cancer. Among them, anatomical hepatectomy is recognized as the recommended and optimal surgical treatment for liver cancer at home and abroad, whereas it still has certain limitations. Due to specific fluorescence properties, indocyanine green (ICG) can be used for fluorescence imaging during liver surgery and plays a pivotal role in assisting anatomical hepatectomy. In recent years, ICG has also been reported to be applied in preoperative interventional therapy of liver cancer. In this article, the development and application of ICG in anatomical hepatectomy were reviewed.

【 Key words 】 Primary liver cancer; Carcinoma, hepatocellular; Indocyanine green (ICG); Fluorescence imaging; Hepatectomy

原发性肝癌（肝癌）已成为目前临床较常见的恶性肿瘤疾病之一，位列世界常见癌症第六，癌症死亡率病因第四^[1]。对于早期肝癌，肝切除术是首选且最有效的治疗方式^[2]。解剖性及非解剖性肝切除的相关回顾性研究证明，解剖性肝切除在切除含肝部分的原发或转移灶时，保留肝脏解剖完整性，对减少术后复发有优势，目前在国内外得到广泛应用^[3,4]。但实现解剖性肝切除的基础是精确判断肝叶、段边界，由于肝实质内无明显解剖标志、形态不规则，存在不易准确辨认的问题，影响其治疗效果。将不同浓度的 ICG 注入特定门静脉分支，采用荧光显像确切显示肝段、肝叶位置、肿瘤位置有着重要意义^[5]。

一、解剖性肝切除术

早在 1985 年研究人员就在超声引导下注射亚甲蓝标记肝段完成了第一台解剖性肝切除^[6,7]。目前，解剖性肝切除与非解剖性肝切除仍存在争议，有研究提出解剖性肝切除主要适用于小肝癌（ $< 2\text{ cm}$ ）及 2~5 cm 肝癌。而对于肿瘤直径 $> 5\text{ cm}$ 肝癌及转移性肝癌，解剖性肝切除与非解剖性肝切除无明显差异。也有研究提出对于术前判断有血管侵犯、循环肿瘤细胞（circulating tumor cell, CTC）阳性等高危因素的患者，尽可能选择解剖性肝切除。对于超过米兰标准或直径 $> 5\text{ cm}$ 的大肝癌、存在于多个肝段、肝门区域肝癌、肝储备功能不佳肝癌、缺乏成熟术中导引技术者则行非解剖性肝切除^[4,8,9]。同时也有研究提出若肝功能 Child-Pugh 分级 A 级或部分 B 级经保肝治疗转变为 A 级的患者，当肿瘤单发且直径 $< 3\text{ cm}$ 时，解剖性肝切除与非解剖性肝切除两者治疗效果并无差异；当肿瘤多发且直径 3~5 cm 时，则选择解剖性肝切除效果更好；当肿瘤单发或多发且直径 $> 5\text{ cm}$ 或肿瘤位于多个肝段时，则选择

非解剖性肝切除^[6]。

Ishizawa 等^[10]于 2012 年报道了腹腔镜下包括 S1 至 S8 各肝段切除术的病例，提示解剖性肝切除是可行的。解剖性肝切除较非解剖性肝切除，完整切除解剖意义上独立的肝段、亚段，同时切除相应门静脉分支流域的肝段，降低了肿瘤随门静脉血流在肝段播散转移的可能性，可维持手术切缘阴性的情况下正常肝组织结构、功能的完整，减少术后复发^[11]。但根据相关数据表明，即使在解剖性肝切除后，仍有 70%~80% 的肝癌患者在术后 5 年内出现肿瘤复发^[12,13]。这种高的早期复发率可能是因为术前和术中检查遗漏了微小转移和残留癌灶，并且术中触诊和超声是检查确定肿瘤位置和手术切缘的主要方法，但术中腹腔镜超声检查操作繁琐，使用腹腔镜钳触诊获得的信息也极其有限，上述因素都可能会增加手术切缘阳性，遗留癌灶的风险。虽然使用亚甲蓝染色来确定肝段边界的方法早已用于临床，但并不总是能清楚地识别肝段的边界，特别是对于肝硬化、接受反复肝切除的患者。因此，为优化提高肝切除术中检测技术，避免残留原发癌灶或微小转移病灶，防止肿瘤复发，提高治愈率，我们需要更有效的染色剂去引导我们清晰识别肝叶、段及荷瘤-非荷瘤组织分界，达到最佳的解剖性肝切除，ICG 在此方面有着独特的特性^[14]。

二、ICG 的特性、相关染色方式及剂量

ICG 最大吸收波长 805 nm，最大荧光波长 835 nm，为一种小分子物质，具有易与血浆蛋白结合，形成 ICG-血浆蛋白复合体的特点^[15]。ICG 的荧光显象早期多用于眼底血管造影、心/脑血管手术中划定和检测淋巴结系统和血液灌注^[16]，直到 2009 年才在肝胆外科手术中有初步报道，用于观察肝胆结构^[17]。目前 ICG 在肝脏及胆道手术中应用范围逐

渐拓展,包括在肝切除术前的肝脏功能评估、术中肝肿瘤分界界定及微小转移灶、切缘残留肿瘤的判定、左右半肝的边界判定、LC 术中的胆道损伤、腹腔镜胰十二指肠切除术(LPD)术中的肿瘤鉴别、术后胆漏的检测^[18]。

由于其可在注射时间段停留几个小时,且不会被患者机体胆红素或水吸收,经胆道排泄,无肝肠循环和淋巴回流^[19]。静脉注射 ICG 后,由于高分化或低分化癌组织具有 ICG 摄取能力,荧光染料排泄异常或延迟,聚集在病灶内呈现为全荧光或环形荧光;而中分化的癌灶介于两者之间表现为部分荧光^[20],使肝脏内部的节段边界也可以通过该技术实现可视化,从而提供术中导航。

在上述 ICG 特性基础之上,对 ICG 的注射时间、注射途径及注射剂量根据不同的使用有相应研究^[21,22]:(1) 肿瘤识别、明确肿瘤边界、检测残余肝脏,经外周静脉注入 ICG 0.25~0.50 mg/kg。根据 ICGR15 确定术前注射时间。ICGR15 ≤ 0.07,术前给药时间 >48 h 时更易获得较好的显影;术前给药时间 >5 d,能够获得满意的显影效果。ICGR15 > 0.07,术前给药时间 ≥ 6 d,可获得相对较好显影。(2) 肝脏染色,正染法:注入 ICG 0.1 ml (2.5 mg/ml) 后对预切除肝段进行显影。负染法:术中通过解剖并阻断目标肝段的肝蒂分支,经外周静脉注入 ICG 1.0 ml (2.5 mg/ml)。(3) 检测肝断面胆漏,术中经胆囊管注射 ICG 5.0~10.0 ml (2.5 mg/ml)。

三、ICG 荧光显像应用

肝叶、段之间存在大量的交通支,在 ICG 荧光显像中会出现弥散分布,降低了肝段显示的精度。针对这一缺陷,通常会用正染或反染法来确定目标肝段^[23]。在阻断门静脉和动脉血流后,经外周皮下静脉系统注射 ICG,称之为“负染”,而将 ICG 注入节段性门静脉分支称之为“正染”。

Aoki 等^[24]于 2008 年首次报道了在手术中使用 ICG 荧光染色的解剖性肝切除术,在术中超声引导下,将 ICG 稀释液注入靶向门静脉,用以术中识别肝段及检测肝脏结节。ICG 荧光显像显示肝段门静脉和动脉血供的方法,不仅可以检测到肝表面的肝段边界线,还可以检测到肝实质切除时的边界平面。王宏光^[25]在此基础上指出,单一肝段或者亚肝段切除尽量采用正染法;联合肝段、肝区或半

肝切除时应选用鞘外染色的反染法。

此后,关于 ICG 荧光显像下获得最佳切缘的研究报道出现。Zhang 等^[26]通过识别正常肝脏和肿瘤组织之间的荧光对比度,评估了荧光下肝切除术的有效性。Achterberg 等^[27]的研究在腹腔镜和机器人辅助大肠肝转移瘤肝切除术中使用 ICG 荧光显像,将荧光边缘定义为切除边缘,并通过切除整个荧光边缘和转移灶,帮助术者在微创肝转移瘤切除术中实现肿瘤阴性边缘。Tashiro 等^[28]用荧光显微镜评估在 ICG 荧光显像引导下切除标本的边缘,并指出从肿瘤边缘获得了安全的手术边缘,证实肿瘤周围区域没有恶性肿瘤浸润。Lu 等^[29]的回顾性报道了在腹腔镜肝切除术中使用 ICG 荧光显像,与传统腹腔镜手术相比,取得了较宽的手术切缘。并有 Meta 分析显示,ICG 荧光显像在提高肿瘤切缘阴性率上效果显著^[30]。

Yang 等^[31]研究证明 ICG 荧光显像下可发现 5 cm 以下原发性肝脏病变,ICG 引导解剖性肝切除可减少术中出血以及术后感染和胆漏的风险,降低肝内复发的风险。Qi 等^[32]则于 2019 年报道了关于 ICG 荧光显像下肝脏切除,证明 ICG 荧光显像可准确诊断及治疗肝脏恶性肿瘤,有效减少手术时间、住院时间、出血量及术后并发症,在输血、R0 切除、1 年复发率较传统肝切除术差异无统计学意义,进一步突显了 ICG 荧光显像下手术治疗提高患者的生存率及预后的优势。

由于不是所有肝癌都具备一期行根治性手术机会,近年来有研究发现,通过将碘化油和 ICG 相结合,实现先行介入治疗对肿瘤行降期转化治疗同时实现荧光染色,再在 ICG 荧光显像下行二期手术。Chen 等^[33]利用其创立的超稳定均相混合配方技术(super-stable homogeneous intermixed formulation technology, SHIFT),将 ICG 与介入栓塞剂(碘化油)相结合的碘化油-ICG 稳定混合乳剂(SHIFT&nanoICG),兼并了 ICG 的染色能力及碘化油的栓塞能力,同时增强其稳定性和光学特性,并于我院成功招募了 1 例 52 岁肝右后叶单发的肝细胞癌患者参与临床试验(使用 SHIFT&nanoICG 的术前经导管血管栓塞术辅助荧光治疗,在两周后行肝部分切除术),试验结果表明 SHIFT&nanoICG 能够准确识别和标记肿瘤,具有良好的稳定性、栓塞性、有效性,并发现了术前 MRI 无法检测到的微卫星病

变^[34]。在其后的临床研究中,对纳入 25 例不可手术切除肝癌患者使用 SHIFT&nanoICG 进行了 TACE 的一期治疗,其中 3 例患者降期转化治疗成功,并进行了二期的荧光引导下根治性肝切除手术,进一步验证了 SHIFT&nanoICG 在栓塞后仍具有荧光显像的功能,进一步阐明了 SHIFT&nanoICG 在指导解剖性肝切除术和获得阴性切缘方面具有超高的敏感度^[35]。但此研究仍存在样本量小,患者处于早期阶段,肿瘤供血丰富,缺乏长期结果数据的缺陷,需要后期通过扩大样本量、改变纳入标准和长期随访来解决。

四、ICG 的局限

ICG 对肝脏肿瘤的检测敏感度、重复性等方面仍存在局限:(1) ICG 在近红外光照射下存在组织穿透受限的缺点,这与 ICG 的物理特性有关,当光线穿过组织时导致荧光量的衰减。只有深度小于 10 mm 荧光结构才可被观察到。但过量的 ICG 剂量可能导致假性染色,而且肿瘤染色的成功率受到血供、肝硬化和坏死的影响,以上因素均影响了腹腔镜术中 ICG 的应用,故目前常常需要联合术中超声用于检出肿瘤组织。(2) 使用荧光法对肝脏灌注的评估,一旦注射 ICG,非缺血实质会发出持续数小时的荧光信号,使静脉注射 ICG 后短时间内荧光显像不能重复^[36]。(3) 在某些情况下会出现假阳性结果,Ishizawa 等^[37]报道,26 例患者中共 57 个病变的检测率为 65% (37/57),并报告了假阳性结果,良性病变如再生性结节或胆汁腺瘤可产生高荧光,与恶性病变产生的荧光无法区分。在肝细胞癌切除的标本中,约有 40% 的病变通过荧光显示为假阳性^[37,38]。故如何增强术中 ICG 的荧光效果及鉴别良性病变仍是一个需要探究的问题。(4) 目前静态应用 ICG 荧光显像可以帮助外科医师定位解剖结构,动态应用 ICG 荧光显像主动显示组织或器官相对于周围组织和结构的灌注情况。已有通过使用相关软件计算“灌注指数”,灌注指数指与流入速度(每秒像素强度)相比较的区域荧光测量指标,从而定量评估组织血流灌注。在目前肝脏外科手术中,关于 ICG 荧光显像的定量分析仍缺乏,Ishizawa 等^[37]对切除的标本进行荧光定量分析,发现高分化肝细胞癌的荧光强度高于中、低分化肝细胞癌;但在肝切除过程中,常用肉眼根据染色情况主观判断肿瘤大小及边界,是否能使用量化荧光程

度来判断肿瘤边界性质暂未见报道。

综上所述,肝切除术仍是目前肝脏肿瘤治疗的重要方式,其中 ICG 引导解剖性肝切除相较非 ICG 解剖性肝切除起着极其关键的作用,为术者辨别肝肿瘤边界、发现微小肿瘤、保持切缘残余病灶阴性,使得肝切除术更为彻底、精准、安全和有效,也改善了患者预后,减低肿瘤的转移及复发,表明 ICG 在肝脏手术中应用的重要性^[39,40]。虽其在肝脏边界检测方面的成功率优于传统染色法,可 ICG 荧光显像仍有一定的局限性,ICG 在临床的应用及使用方法仍需得到更加细化的执行标准,在使用剂量、注射时间等问题上仍存在争议。同时,染色成功后,ICG 荧光显像的肿瘤图像的荧光程度是否能量化用来评估染色组织边界性质是值得探究的问题。

参 考 文 献

- [1] Singal AG, Lampertico P, Nahon P. Epidemiology and surveillance for hepatocellular carcinoma: new trends[J]. *J Hepatol*, 2020, 72(2): 250-261.
- [2] Vibert E, Schwartz M, Olthoff KM. Advances in resection and transplantation for hepatocellular carcinoma[J]. *J Hepatol*, 2020, 72(2):262-276.
- [3] Kolligs FT, Hoffmann RT, den Winkel MO, et al. Diagnosis and multimodal therapy for hepatocellular carcinoma[J]. *Z Gastroenterol*, 2010, 48(2):274-288.
- [4] Hasegawa K, Kokudo N, Imamura H, et al. Prognostic impact of anatomic resection for hepatocellular carcinoma[J]. *Ann Surg*, 2005, 242(2):252-259.
- [5] Ishizawa T, Saiura A, Kokudo N. Clinical application of indocyanine green-fluorescence imaging during hepatectomy[J]. *Hepatobiliary Surg Nutr*, 2016, 5(4):322-328.
- [6] 解剖性与非解剖性肝切除术的选择[J]. *中国实用外科杂志*, 2018, 38(4):418-419, 422.
- [7] Makuuchi M, Hasegawa H, Yamazaki S. Ultrasonically guided subsegmentectomy[J]. *Surg Gynecol Obstet*, 1985, 161(4):346-350.
- [8] Eguchi S, Kanematsu T, Arai S, et al. Comparison of the outcomes between an anatomical subsegmentectomy and a non-anatomical minor hepatectomy for single hepatocellular carcinomas based on a Japanese nationwide survey[J]. *Surgery*, 2008, 143(4): 469-475.
- [9] Li SQ, Huang T, Shen SL, et al. Anatomical versus non-anatomical liver resection for hepatocellular carcinoma exceeding Milan criteria[J]. *Br J Surg*, 2017, 104(1):118-127.
- [10] Ishizawa T, Gumbs AA, Kokudo N, et al. Laparoscopic segmentectomy of the liver: from segment I to VIII[J]. *Ann Surg*, 2012, 256(6):959-964.
- [11] Cucchetti A, Qiao GL, Cescon M, et al. Anatomic versus nonanatomic resection in cirrhotic patients with early hepatocellular carcinoma[J].

- Surgery, 2014, 155(3):512-521.
- [12] Sasaki Y, Yamada T, Tanaka H, et al. Risk of recurrence in a long-term follow-up after surgery in 417 patients with hepatitis B- or hepatitis C-related hepatocellular carcinoma[J]. *Ann Surg*, 2006, 244(5):771-780.
- [13] Katz SC, Shia, Liau KH, et al. Operative blood loss independently predicts recurrence and survival after resection of hepatocellular carcinoma[J]. *Ann Surg*, 2009, 249(4):617-623.
- [14] Mindt S, Karampinis I, John M, et al. Stability and degradation of indocyanine green in plasma, aqueous solution and whole blood[J]. *Photochem Photobiol Sci*, 2018, 17(9):1189-1196.
- [15] 徐继玲, 田继海. 荧光腹腔镜的工作原理及应用[J]. 世界最新医学信息文摘, 2019, 19(33):238.
- [16] Ogata F, Azuma R, Kikuchi M, et al. Novel lymphography using indocyanine green dye for near-infrared fluorescence labeling[J]. *Ann Plast Surg*, 2007, 58(6):652-655.
- [17] Ishizawa T, Bandai Y, Kokudo N. Fluorescent cholangiography using indocyanine green for laparoscopic cholecystectomy: an initial experience[J]. *Arch Surg*, 2009, 144(4):381-382.
- [18] 杨雯雯, 田宏伟, 雷彩宁, 等. 吲哚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.
- [19] Mizumoto M, Oshiro Y, Sakurai H. Significance of indocyanine green test in radiotherapy for hepatocellular carcinoma[J]. *Transl Cancer Res*, 2019, 8(1):14-16.
- [20] 刘允怡, 方驰华, 王晓颖, 等. 吲哚菁绿分子荧光影像技术诊断原发性肝癌与术中导航操作诊疗规范(2021版)[J]. 中国实用外科杂志, 2021, 41(9):1002-1013, 1032.
- [21] 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.
- [22] 张树庚, 刘连新. 吲哚菁绿荧光融合影像引导技术在腹腔镜肝切除中的应用及展望[J]. 中华肝胆外科杂志, 2019, 25(2):129-131.
- [23] 彭宇明, 尹强, 高红强, 等. 吲哚菁绿荧光染色引导下解剖性右半肝切除治疗儿童肝脏肿瘤[J]. 临床小儿外科杂志, 2018, 17(8):597-599, 625.
- [24] Aoki T, Yasuda D, Shimizu Y, et al. Image-guided liver mapping using fluorescence navigation system with indocyanine green for anatomical hepatic resection[J]. *World J Surg*, 2008, 32(8):1763-1767.
- [25] 王宏光. 吲哚菁绿肝段染色在腹腔镜肝癌切除中应用及意义[J]. 中国实用外科杂志, 2018, 38(4):376-378.
- [26] Zhang YM, Shi R, Hou JC, et al. Liver tumor boundaries identified intraoperatively using real-time indocyanine green fluorescence imaging[J]. *J Cancer Res Clin Oncol*, 2017, 143(1):51-58.
- [27] Achterberg FB, Sibinga Mulder BG, Meijer RPJ, et al. Real-time surgical margin assessment using ICG-fluorescence during laparoscopic and robot-assisted resections of colorectal liver metastases[J]. *Ann Transl Med*, 2020, 8(21):1448.
- [28] Tashiro Y, Aoki T, Hirai T, et al. Pathological validity of using near-infrared fluorescence imaging for securing surgical margins during liver resection[J]. *Anticancer Res*, 2020, 40(7):3873-3882.
- [29] Lu H, Gu J, Qian XF, et al. Indocyanine green fluorescence navigation in laparoscopic hepatectomy: a retrospective single-center study of 120 cases[J]. *Surg Today*, 2021, 51(5):695-702.
- [30] 张玮琪, 卓嘉明, 方驰华. ICG分子荧光影像技术用于肝脏肿瘤手术安全性和有效性 Meta 分析[J]. 中国实用外科杂志, 2019, 39(7):729-734.
- [31] Yang J, Tao HS, Cai W, et al. Accuracy of actual resected liver volume in anatomical liver resections guided by 3-dimensional parenchymal staining using fusion indocyanine green fluorescence imaging[J]. *J Surg Oncol*, 2018, 118(7):1081-1087.
- [32] Qi C, Zhang H, Chen Y, et al. Effectiveness and safety of indocyanine green fluorescence imaging-guided hepatectomy for liver tumors: a systematic review and first meta-analysis[J]. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, 2019, 28:346-353.
- [33] Chen H, Cheng H, Dai Q, et al. A superstable homogeneous lipiodol-ICG formulation for locoregional hepatocellular carcinoma treatment[J]. *J Control Release*, 2020, 323:635-643.
- [34] He P, Xiong Y, Ye J, et al. A clinical trial of super-stable homogeneous lipiodol-nanoICG formulation-guided precise fluorescent laparoscopic hepatocellular carcinoma resection[J]. *J Nanobiotechnology*, 2022, 20(1):250.
- [35] He P, Xiong Y, Luo B, et al. An exploratory human study of superstable homogeneous lipiodol-indocyanine green formulation for precise surgical navigation in liver cancer[J]. *Bioeng Transl Med*, 2023, 8(2): e10404.
- [36] Urade T, Sawa H, Iwatani Y, et al. Laparoscopic anatomical liver resection using indocyanine green fluorescence imaging[J]. *Asian J Surg*, 2020, 43(1):362-368.
- [37] Ishizawa T, Fukushima N, Shibahara J, et al. Real-time identification of liver cancers by using indocyanine green fluorescent imaging[J]. *Cancer*, 2009, 115(11):2491-2504.
- [38] Gotoh K, Yamada T, Ishikawa O, et al. A novel image-guided surgery of hepatocellular carcinoma by indocyanine green fluorescence imaging navigation[J]. *J Surg Oncol*, 2009, 100(1):75-79.
- [39] 胡伟建, 李仑, 吴晓康, 等. 三维可视化联合吲哚菁绿荧光影像实时导航在腹腔镜右肝精准解剖性肝切除中的应用[J]. 中华普通外科杂志, 2024, 39(8):626-628.
- [40] 孟令展, 俞鹏, 李虎, 等. ICG荧光导航腹腔镜肝右前叶切除术[J/OL]. 中华肝脏外科手术学电子杂志, 2023, 12(5):590.
- (收稿日期:2024-10-21)
(本文编辑:曾宇虹)

吴哲境, 李敬东, 熊永福, 等. 吲哚菁绿在解剖性肝切除术中的应用 [J/OL]. 中华肝脏外科手术学电子杂志, 2025, 14(1):25-29.