

吲哚菁绿荧光显像技术在腹腔镜结直肠癌手术中的应用及其优势

汤谢超*, 管云飞#

大理大学第一附属医院胃肠外科, 云南 大理

收稿日期: 2025年10月27日; 录用日期: 2025年11月19日; 发布日期: 2025年11月28日

摘要

吲哚菁绿荧光显像技术(ICG-FI)在腹腔镜结直肠癌手术中展现出显著的临床价值。该技术通过术中实时、直观地显示肿瘤组织、淋巴引流路径及血管血流, 为手术提供精准导航和评估。其核心优势在于: (1) 提升病灶定位精度: 尤其对早期或黏膜下病变的识别更具优势; (2) 优化淋巴结清扫: 清晰显影淋巴管和淋巴结, 提高清扫彻底性及淋巴结检出数量, 助力精准病理分期; (3) 评估吻合口血供: 实时判断吻合组织灌注情况, 降低术后吻合口漏风险。尽管ICG-FI面临组织穿透深度有限、设备依赖性、潜在过敏反应及个体代谢差异等挑战, 但其在提高手术精准性、改善患者预后方面潜力巨大。随着技术进步, ICG-FI在腹腔镜结直肠癌手术中的应用前景广阔。

关键词

吲哚菁绿, 腹腔镜手术, 结直肠癌, 荧光显像, 淋巴结清扫, 吻合口血供

Application and Advantages of Indocyanine Green Fluorescence Imaging in Laparoscopic Colorectal Cancer Surgery

Xiechao Tang*, Yunfei Guan#

Department of Gastrointestinal Surgery, The First Affiliated Hospital of Dali University, Dali Yunnan

Received: October 27, 2025; accepted: November 19, 2025; published: November 28, 2025

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 汤谢超, 管云飞. 吲哚菁绿荧光显像技术在腹腔镜结直肠癌手术中的应用及其优势[J]. 临床医学进展, 2025, 15(12): 56-63. DOI: 10.12677/acm.2025.15123379

Abstract

Indocyanine green fluorescence imaging (ICG-FI) demonstrates significant clinical value in laparoscopic colorectal cancer surgery. This technique provides precise intraoperative navigation and assessment by enabling real-time, visual identification of tumor tissues, lymphatic drainage pathways, and blood flow. Its key advantages include: (1) Enhanced lesion localization precision, particularly in identifying early-stage or submucosal lesions; (2) Optimized lymph node dissection, as it clearly visualizes lymphatic vessels and nodes, improving the completeness of dissection and increasing lymph node yield, which aids in accurate pathological staging; and (3) Evaluation of anastomotic blood perfusion, allowing real-time assessment of tissue perfusion at the anastomotic site to reduce the risk of postoperative anastomotic leakage. Although ICG-FI faces challenges such as limited tissue penetration depth, dependence on specialized equipment, potential allergic reactions, and individual metabolic variations, its potential to enhance surgical precision and improve patient outcomes is considerable. With ongoing technological advances, the application prospects of ICG-FI in laparoscopic colorectal cancer surgery are promising.

Keywords

Indocyanine Green, Laparoscopic Surgery, Colorectal Cancer, Fluorescence Imaging, Lymph Node Dissection, Anastomotic Blood Supply

Copyright © 2025 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

当前,在我国乃至全世界范围内,结直肠癌仍是发病率较高的消化道恶性肿瘤,也是最为常见的消化道恶性肿瘤之一,早期准确诊断与及时有效治疗至今仍是目前临床上较为棘手的问题。结直肠癌治疗方法较多,主要的方式仍以手术切除为主要的根治性治疗手段。

大量的临床实践证明,腹腔镜结直肠癌根治术与传统的开放手术相比具有术中出血少、术后恢复快等优点;但是总体存活率、无疾病存活期及复发率仍然保持在原有水平。

然而,结直肠癌手术治疗的核心目标是根治性切除肿瘤并最大限度保留功能、减少并发症。腹腔镜技术的普及推动了微创外科的发展,但对术中精准解剖、淋巴引流判别、组织血供评估仍面临挑战,这些问题直接影响手术效果和患者预后。

吲哚菁绿荧光显像(Indocyanine Green Fluorescence Imaging, ICG-FI)作为一种新兴的术中辅助工具,在腹腔镜手术中的应用逐渐受到关注。吲哚菁绿(Indocyanine Green, ICG)作为一种近红外荧光染料,因其良好的生物相容性和独特的荧光特性,在医学领域展现出广泛的应用前景。ICG-FI能够术中实时、直观地显示肿瘤组织、淋巴系统及血管结构,为腹腔镜手术提供精准的导航和评估手段[1]。

国内外多项研究表明,ICG-FI技术在腹腔镜结直肠癌手术中特别适用于淋巴结清扫、吻合口血供评估和肿瘤边界识别。通过高效的淋巴结显像和吻合口血流评估,外科医生可以更准确地定位肿瘤及其侵犯范围,从而提高手术效果并减少术后并发症[2][3]。此外,ICG-FI技术能够实时反馈吻合口血供情况,降低吻合口瘘的发生率,即便在复杂的腹腔镜手术环境背景下亦能提供可靠的手术导航。

尽管 ICG-FI 技术在腹腔镜结直肠癌手术中的应用已取得一定进展,但仍存在一些挑战,如组织穿透

深度有限、设备依赖性较强、个体代谢差异等。因此,进一步研究和改进 ICG-FI 技术,探索其在腹腔镜结直肠癌手术中的最佳应用方案,具有重要的临床意义和研究价值。

本文旨在系统梳理 ICG-FI 技术在腹腔镜结直肠癌手术中的应用现状,总结其在肿瘤定位、淋巴结清扫和吻合口血供评估等方面的优势与局限性,并展望未来的发展方向,以期为临床实践提供参考和指导。通过本文的研究,希望能够推动 ICG-FI 技术在腹腔镜结直肠癌手术中的进一步应用,提高手术效果,改善患者预后。

2. 吲哚菁绿荧光显像技术概述

2.1. 吲哚菁绿的基本特性

ICG 作为一种特殊的荧光染料,目前被广泛应用于医学领域。ICG 的分子式为 $C_{43}H_{47}N_2O_6S_2Na$, 分子量为 774.96 Da, 其结构中含有多个共轭双键,因此可以在近红外波段发出强荧光[4]。该激发区段位于近红外区域(大约在 740~800 nm), 发射波长位于 800~860 nm 区间内,并且能够在生物组织中良好穿透、背景干扰较少[5]。

ICG 水溶性较好,可与血浆蛋白快速结合,进入肝脏代谢通过胆汁排出;由于良好的安全性和其他生理性能,也是目前唯一被美国食品药品监督管理局(Food and Drug Administration, FDA)和欧洲药品管理局(European Medicines Agency, EMA)批准的近红外造影剂。且由于其代谢简单、半衰期约为 35 min,术中实时显像效果更佳等优点也使得它在临床各方面的应用越来越广[6]。

ICG-FI 技术随着近年来在腹腔镜结直肠癌手术中的广泛应用而日益受到关注。静脉注射 ICG 荧光试剂后,肿瘤组织在近红外区域 700~850 nm 波长范围内产生更强的荧光信号,并可透过组织 5~10 mm,其穿透力特性适用于体内实时定位和观测。对于腹腔镜手术,这一特性尤为重要,这对手术精度和安全性而言是一个飞跃。目前大量研究表明,使用 ICG 可以在术中直观地判断肿瘤边缘、血流灌注和微小转移病灶,可以显著改善病人预后[7][8]。因此,作为目前临床上应用最广泛的近红外荧光染料,其对提高腹腔镜下结直肠癌诊疗效果具有重要意义。

2.2. 吲哚菁绿荧光显像的原理

ICG-FI 技术是在 ICG 具有吸收一定波长的光线后发射荧光这一特性的基础上建立起来的一种成像方法。其原理主要为: ICG 分子在特定的波长光源(近红外光)的激发下产生荧光,由相机等检测仪器进行图像捕捉和实时显示即为荧光显像的过程。静脉注射 ICG 之后, ICG 快速与血浆蛋白结合,并优先与高密度脂蛋白(HDL)结合形成复合物,进而完成稳定的运输[9][10]。进入肝细胞内,大部分经肝摄取及胆汁排泄途径从体内清除;少部分通过肾脏排除体外。ICG 经肝摄取并经胆管分泌到肠道的过程是依赖于肝细胞的功能,特别是肝细胞本身的摄取以及胆汁的排出两个重要功能[11]。肝细胞膜上有机阴离子转运多肽摄取 ICG 的整个过程依赖主动转运机制。ICG 进入肝细胞内后经过一系列转运进入到胆管,随胆汁一起被排出体外。该过程可在荧光显微镜或荧光图像采集仪进行实时观察,使得 ICG 得以在肝脏手术、尤其是腹腔镜肝切除术的应用成为可能。而腹腔镜结直肠癌手术主要利用 ICG 荧光显像技术进行肿瘤定位、淋巴结示踪及血管显影等; ICG 在体内的快速代谢性质以及优良的荧光特性可使术者实时准确识别肿瘤与淋巴结,帮助术者更好地完成腹腔镜下结直肠癌手术。多项研究结果显示, ICG-FI 可有效提高肿瘤切除率,降低淋巴结漏检率,减少并发症,改善患者临床结局。然而,在实践中该方法仍有荧光信号衰减迅速、组织穿透深度较浅以及染料渗漏等问题需要改进完善[12][13]。总之, ICG-FI 技术使得外科医生在手术过程中得到了直观、有效的指导与保护,提高了手术的安全性和精准性。其不足有待于后续进一步改善发展,但仍将在未来的医疗环境中发挥更大作用。

3. 腹腔镜结直肠癌手术的现状 ICG 应用

ICG 自 20 世纪 50 年代被发现以来, 在医学上的应用不断拓宽。最早 ICG 被用于眼科血管造影来了解眼底视网膜及脉络膜的血液循环。后来 ICG 被广泛地应用于肝脏功能检测方面, 包括评估肝脏储备功能、诊断肝胆疾病等[14]。随着荧光显像在临床上的应用推广, 近些年越来越多的研究表明 ICG 可以在手术过程中起到良好的辅助定位作用, 特别是在一些需要区分正常组织和肿瘤边缘的情况时更为精确, 可用于指导术者进行精细操作。

3.1. 淋巴结清扫

腹腔镜结直肠癌手术除了肿瘤的定位、完整切除之外, 淋巴结清扫的程度也是判断是否为高质量手术的重要指标。淋巴结转移是结直肠癌进展、扩散的主要原因, 淋巴结转移与否也对患者术后病理分期及预后结局有着重要的影响。按照肿瘤分期指南要求, 至少要清扫区域淋巴结 12 枚以上才能保证分期准确; 如果术中淋巴结清扫范围不够或数目不足, 或者淋巴结转移假阴性, 也会导致病人最终病理分期不准, 影响了术后病人辅助治疗方案的选择, 影响了病人后续的预后结果。使用 ICG 可以大大提高手术中淋巴结清扫的准确性与彻底性。ICG 在术中可直接显示出淋巴回流的方向, 帮助术者找到微小淋巴结以及可疑转移淋巴结等。研究发现, 应用 ICG 领导的腹腔镜手术能明显增加肠系膜下动脉旁及主动脉旁淋巴结的获取数目, 即平均增加 2~3 枚, 且不会增加并发症[15]-[17]。针对一些需要细致清扫的区域, 比如侧方淋巴结短径大于 5 mm 的中低位直肠癌, ICG-FI 技术还可以用于辅助判断是否应该扩大清扫范围[18]。一项研究表明, ICG 引导下的侧方淋巴结清扫可使平均淋巴结获得数达到 15.2 枚, 术后 2 年无进展生存率为 70.6%, 并且早期并发症率下降近 40% [19] [20]。

综上所述, ICG-FI 技术对于腹腔镜结直肠癌手术淋巴结清扫具有重要意义, 值得推广及深入研究。

3.2. 吻合口血供评估

现有腹腔镜下结直肠癌手术的常见并发症包括: 吻合口瘘、术后肠梗阻、切口感染、肺部感染、血管损伤和泌尿系损伤等。吻合口瘘作为腹腔镜下结直肠癌术后的严重并发症之一, 其发生率约为 4.1%~12.3% [21]。吻合口血供的评价对手术的成功和避免各种术后并发症至关重要。而 ICG-FI 技术可用于吻合口血供评价的优势在于: ICG 被血管系统快速吸收排出, 可由荧光成像设备观察到吻合口情况。静脉注射入患者体内的 ICG 经血液循环后到达吻合口处; 之后通过腹腔镜荧光成像仪实时观察吻合口周围及自身荧光信号的强弱程度以及荧光信号的分布是否均匀, 这些均直接反映了吻合口血供状况。因此, 可辅助判断吻合口血供的情况是否良好以帮助术者做出正确的选择, 为后续吻合做好铺垫; 其次可帮助术者通过实时监测肠管血流灌注找到更好的吻合区域, 提高吻合成功率(94.3%显示良好的血供) [22]。相关 Meta 分析显示 ICG 可降低吻合口瘘的发生率(由 12.3%降至 4.1%), 且减少住院时间[23]。对于接受新辅助放化疗的患者, 还可评估肠管缺血的风险, 减少保护性造口的需求[24]。有助于提升患者的术后生活质量, 但 ICG 对于切口感染、肺部感染等并发症的发生并无明显的影响。ICG 的核心优势主要在于降低吻合口瘘和淋巴结清扫两方面, 其有待更多的随机对照试验来证明其在神经损伤等方面的作用。

3.3. 肿瘤边界识别

对于结直肠癌腹腔镜手术中的早期结直肠肿瘤来说, 由于该肿瘤病变只局限在粘膜层和粘膜下层, 并未侵犯到浆膜, 在腹腔镜直视下根本无法进行判断; 因为在腹腔镜结直肠手术时, 操作者丧失了手触感, 无法准确把握其所在位置。ICG 在术前内镜注射后能够作为标记染色, 特别是对一些微小的或是在粘膜下的肿瘤来说, 与良性的对比度要比普通的组织器官更好, 荧光信号呈现异质性变化, 可以辅

助术者根据不同强度区分出肿瘤范围[25]。术前结肠镜注射 ICG 使手术医生成功规避了在手术过程之中进行触诊时产生的定位错误的情况发生, 从而可以更进一步地清楚划分肿瘤切缘, 让肿瘤病灶更容易被发现, 更好地完成在病人肿瘤区域的辨识工作, 提高患者在疾病切除之后的生存率水平并降低术后复发概率等[26]。

4. 吲哚菁绿荧光显像技术的特异性应用与挑战

4.1. 关键术式的特异性应用

4.1.1. 在右半结肠癌全结肠系膜切除术中的应用

在右半结肠癌根治术中, 完整结肠系膜切除(Complete Mesocolic Excision, CME)是标准术式, 旨在整块切除肿瘤及系膜, 以降低局部复发率。然而, 右半结肠血管解剖变异常见(如肠系膜上动脉分支异常), 增加了手术难度和并发症风险。ICG-FI 在 CME 手术中核心价值在于提升解剖精准度和手术安全性, 尤其在血管可视化与淋巴结清扫方面表现突出。ICG 标记主要用于识别肠系膜上静脉(SMV)外科干、中央淋巴结及回结肠动脉(ICA)根部淋巴结[27]。而 CME 要求根部结扎肠系膜上动脉分支(如回结肠动脉)。ICG-FI 可实时区分动脉与静脉(动脉先显影, 静脉后显影), 避免误伤血管或结扎不全, 并确保“中央血管结扎”(CVL)原则的落实, 这是 CME 改善生存预后的关键[28]。尽管 ICG-FI 在 CME 手术中显示出明显优势, 但其对右半结肠癌 CME 手术是否改善长期预后仍缺乏大规模随机对照研究验证。

4.1.2. 在直肠癌全直肠系膜切除术(TME)中的应用

在直肠癌手术中, 全直肠系膜切除术(Total Mesorectal Excision, TME)是标准术式, 强调完整切除直肠系膜以减少局部复发风险。TME 要求完整切除直肠系膜并确保切缘阴性(即无肿瘤残留), 但传统方法依赖术者经验, 难以量化评估吻合口灌注或微转移灶, 易导致吻合口漏(发生率 5%~10%)或局部复发。ICG-FI 弥补了视觉和触觉的局限性, 尤其适用于腹腔镜等微创手术, 提供客观的血流动力学数据。对于肿瘤边界判定, ICG 荧光可勾勒肿瘤边界, 尤其在新辅助治疗后(肿瘤退缩导致边界模糊)。通过荧光强度差异识别潜在阳性切缘($CM \leq 1\text{ mm}$ 为高危), 提高切缘阴性率(R0 切除), 减少局部复发。而对于吻合口, 在直肠切除后, ICG 注射后 5~10 分钟内观察肠管断端荧光强度。研究显示应用 ICG-FI 后渗漏率降至 2.4%, 而传统方法约 10% [29]。同时, ICG-FI 指导下的精准血运评估支持更广泛的括约肌保留手术(如 ISR), 为低位直肠癌患者提供替代腹会阴联合切除的可行方案。

4.2. 局限性

ICG-FI 技术在腹腔镜结直肠癌手术中的应用虽有诸多优势, 但也有一定的不足之处: 一是 ICG 的穿透深度有限, 通过实验研究得知, ICG 荧光组织渗透范围只有几毫米到一厘米左右[30]。对于肥胖患者或者组织较厚处, 在荧光成像下手术视野模糊, 不利于术者进行操作, 尤其是肿瘤切除后边缘检查时, 可能造成荧光信号减弱而影响对腹腔内器官或组织病灶位置的辨识[31]; 二是对手术设备要求较高, 除了需要使用荧光腹腔镜外, 在使用过程中还需保持设备稳定、图像清晰度高并能灵活方便地使用才能最大限度发挥该技术的优势, 这都大大增加了成本, 使得这项新技术的应用受地域限制严重; 三是虽然 ICG 被认为是较为安全的, 但是也有人报道输注过程中会产生过敏反应, 如皮疹、皮肤瘙痒、呼吸困难等[32]。这些症状多出现在注射 ICG 之后几分钟之内, 所以术中一定要密切关注患者的各项生命体征变化情况, 确保第一时间采取有效措施来处理不良反应, 保证手术安全顺利进行; 四是 ICG 注入人体后, 个体之间存在代谢时间不一致的情况[33], 这也有可能导致荧光信号持续时间不统一, 最终影响术中实时显示效果。

而对术者而言, 需具备一定的荧光显像设备操控经验, 如: 改变荧光摄像系统; 注射荧光染料的最佳时机、药量控制等。并且, 需要观察术中荧光图像显示情况, 对术者的观察能力和判断能力有一定要求。以上两点原因, 在推广该项技术的同时也需要改善其局限性, 并降低该项技术的成本才能够在腹腔镜结直肠手术当中普及此项技术。

5. 小结与展望

综上所述, ICG-FI 已成为提升腹腔镜结直肠癌手术精准性与安全性的重要辅助手段。其在精准肿瘤定位、优化淋巴结清扫及评估吻合口血供方面的价值已得到临床广泛验证。然而, ICG 其在组织穿透深度、假阴性/假阳性淋巴结识别以及评估主观性方面的固有局限性, 未来研究应聚焦于解决以下关键科学问题, 以推动该领域从“可视化”向“精准量化”转变。(1) 构建吻合口血流精准评估的客观标准: 当前 ICG 对吻合口血供的评估很大程度上依赖于外科医生的主观视觉判断, 缺乏客观、可重复的量化指标, 未来研究需建立基于荧光动力学参数(如荧光强度、达峰时间、曲线下面积)的吻合口血流定量评估模型。这需要通过大样本前瞻性研究, 明确能够预测吻合口漏风险的关键量化阈值, 并将其整合到手术导航系统中, 实现实时、客观的“灌注评分”。(2) 新型靶向荧光探针的研发: ICG 的非特异性是其用于精确肿瘤边界识别和微转移灶检测的主要局限。下一个重要的突破方向是开发能特异性靶向结直肠癌细胞表面标志物(如 CEA、EGFR)或肿瘤微环境(如基质金属蛋白酶、pH 值响应)的荧光探针是重要的突破方向的新型荧光探针。(3) 迫切需要开展大规模、多中心、随机对照试验, 以验证基于上述新模型(定量血流评估)、新探针(靶向识别)的手术策略, 是否能显著降低术后吻合口漏率、提高局部控制率、延长患者生存期。只有获得高级别循证医学证据的支持, 这些前沿探索才能真正转化为临床实践指南。未来, 随着 4K 成像技术的迭代升级、应用方案的不断优化以及人工智能等新技术的整合, ICG 荧光显像有望克服现有局限, 在腹腔镜结直肠癌手术中持续优化手术实践, 成为提升手术质量的重要辅助工具。

参考文献

- [1] Li, H., Xie, X., Du, F., Zhu, X., Ren, H., Ye, C., et al. (2023) A Narrative Review of Intraoperative Use of Indocyanine Green Fluorescence Imaging in Gastrointestinal Cancer: Situation and Future Directions. *Journal of Gastrointestinal Oncology*, **14**, 1095-1113. <https://doi.org/10.21037/jgo-23-230>
- [2] 杨勇, 李姗姗, 张正国, 等. 实时吲哚菁绿荧光成像导航技术在直肠癌手术中的应用[J]. 中国普外基础与临床杂志, 2024, 31(1): 45-49.
- [3] Deng, J., Hu, W., Li, Y., Xiong, K., Yue, T., Lai, X., et al. (2022) Meta Analysis of Indocyanine Green Fluorescence in Patients Undergoing Laparoscopic Colorectal Cancer Surgery. *Frontiers in Oncology*, **12**, Article ID: 1010122. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.1010122>
- [4] Lu, C.H. and Hsiao, J.K. (2021) Indocyanine Green: An Old Drug with Novel Applications. *Tzu Chi Medical Journal*, **33**, 317-322. https://doi.org/10.4103/tcmj.tcmj_216_20
- [5] Pham, P.T.T., Le, X.T., Kim, H., Kim, H.K., Lee, E.S., Oh, K.T., et al. (2020) indocyanine Green and Curcumin Co-Loaded Nano-Fireball-Like Albumin Nanoparticles Based on Near-Infrared-Induced Hyperthermia for Tumor Ablation. *International Journal of Nanomedicine*, **15**, 6469-6484. <https://doi.org/10.2147/ijn.s262690>
- [6] Li, Z., Li, D., Zhang, W., Zhang, P., Kan, Q. and Sun, J. (2019) Insight into the Preformed Albumin Corona on *in Vitro* and *in Vivo* Performances of Albumin-Selective Nanoparticles. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, **14**, 52-62. <https://doi.org/10.1016/j.ajps.2018.07.002>
- [7] 王晓栋, 蔡凤军, 白燕萍, 杨永生. ICG 荧光导航在腹腔镜胆囊切除术中应用的关键问题探讨[J]. 中华肝脏外科手术学电子杂志, 2024, 13(1): 16-20.
- [8] 严雨楼, 刘世奇, 洪晟乾, 等. 微创手术在肝内胆管细胞癌中的应用价值[J]. 医学综述, 2023, 29(7): 1394-1398.
- [9] 冯士芳. 肝储备功能测定在肝癌介入治疗中的应用研究[J]. 中国现代医学杂志, 2011, 21(7): 875-877.
- [10] 中华医学会核医学分会, 中华医学会数字医学分会, 中国医师协会肝癌专业委员会, 等. 吲哚菁绿近红外二区荧光成像在肝癌切除术中应用的专家共识[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2023, 43(7): 418-425.

- [11] Kagawa, T., Anzai, K., Mine, T., *et al.* (2016) Loss of OATP1B3 Function Causes Marked Delay in Indocyanine Green Clearance without Any Clinical Symptoms. *Hepatology*, **64**.
- [12] Chen, H., Wang, Y., Xie, Z., Zhang, L., Ge, Y., Yu, J., *et al.* (2022) Application Effect of ICG Fluorescence Real-Time Imaging Technology in Laparoscopic Hepatectomy. *Frontiers in Oncology*, **12**, Article 819960. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.819960>
- [13] Okamoto, K., Muguruma, N., Kimura, T., Yano, H., Imoto, Y., Takagawa, M., *et al.* (2005) A Novel Diagnostic Method for Evaluation of Vascular Lesions in the Digestive Tract Using Infrared Fluorescence Endoscopy. *Endoscopy*, **37**, 52-57. <https://doi.org/10.1055/s-2004-826102>
- [14] 于小鹏, 陈晨, 陈家璐, 等. 肝内胆管细胞癌淋巴清扫患者生存获益的术前临床病理特征[J]. 中华肝脏外科手术学电子杂志, 2023, 12(3): 278-283.
- [15] Sun, Y., Tang, Z., Deng, Y., Xu, Z., Chen, Z., Huang, S., *et al.* (2024) Safety and Efficacy of Indocyanine Green Fluorescence Imaging-Guided Laparoscopic Para-Aortic Lymphadenectomy for Left-Sided Colorectal Cancer: Preliminary Results of a Case-Matched Study. *Asian Journal of Surgery*, **47**, 4744-4751. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2024.04.027>
- [16] 孙艳武, 蒋伟忠, 林羽, 等. 吲哚菁绿荧光成像引导腹腔镜辅助直肠癌根治术联合左盆侧方淋巴结和左侧腹股沟淋巴结清扫[J]. 中华胃肠外科杂志, 2022, 25(4): 294.
- [17] 周世振, 朱兴亚, 袁庆港, 等. 吲哚菁绿荧光成像技术在腹腔镜直肠癌侧方淋巴结清扫中的应用效果分析[J]. 中华普外科手术学杂志(电子版), 2025(1): 44-47.
- [18] ChiCTR2300067738 (2023) Application of Indocyanine Green Fluorescence Imaging in Laparoscopic Lateral Lymph Node Dissection for Rectal Cancer. <https://trialsearch.who.int/Trial2.aspx?TrialID=ChiCTR2300067738>
- [19] Yasui, M., Ohue, M., Noura, S., Miyoshi, N., Takahashi, Y., Matsuda, C., *et al.* (2021) Exploratory Analysis of Lateral Pelvic Sentinel Lymph Node Status for Optimal Management of Laparoscopic Lateral Lymph Node Dissection in Advanced Lower Rectal Cancer without Suspected Lateral Lymph Node Metastasis. *BMC Cancer*, **21**, Article No. 911. <https://doi.org/10.1186/s12885-021-08480-6>
- [20] 刘涛, 汤坚强, 李华玉, 等. 筋膜导向的腹腔镜侧方淋巴结清扫在进展期低位直肠癌根治术中的临床价值[J]. 中华消化外科杂志, 2022, 21(6): 809-815.
- [21] Kondo, A., Kumamoto, K., Asano, E., Feng, D., Kobara, H. and Okano, K. (2022) Indocyanine Green Fluorescence Imaging during Laparoscopic Rectal Cancer Surgery Could Reduce the Incidence of Anastomotic Leakage: A Single Institutional Retrospective Cohort Study. *World Journal of Surgical Oncology*, **20**, Article No. 397. <https://doi.org/10.1186/s12957-022-02856-z>
- [22] Szura, M.K., Gach, T., Szwed, W. and Szura, M. (2019) Intraoperative Indocyanine Fluorescent Angiography in Laparoscopic Colorectal Surgery. *Journal of the American College of Surgeons*, **229**, e95. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2019.08.974>
- [23] 陈永军, 陈文瑾, 赵波, 等. 吲哚菁绿荧光导向在直肠癌外科手术中的应用研究[J]. 广西医科大学学报, 2023, 40(8): 1427-1432.
- [24] Brescia, A., Muttillio, E.M., Angelicone, I., Madaffari, I., Maggi, F., Sperduti, I., *et al.* (2021) The Role of Indocyanine Green in Laparoscopic Low Anterior Resections for Rectal Cancer Previously Treated with Chemo-Radiotherapy: A Single-Center Retrospective Analysis. *Anticancer Research*, **42**, 211-216. <https://doi.org/10.21873/anticancer.15475>
- [25] Kim, C.J., Nishida, M., Hanada, E., Kageyama, S., Narita, M. and Kawauchi, A. (2021) Application of the Indocyanine Green Fluorescence Imaging Method in Laparoscopic Resection of a Solitary Retroperitoneal Metastasis of Renal Cell Carcinoma: A Case Report. *Asian Journal of Endoscopic Surgery*, **15**, 172-175. <https://doi.org/10.1111/ases.12945>
- [26] 肖建, 肖天保, 陈江, 等. 吲哚菁绿成像技术在保留左结肠动脉的直肠癌根治术中的应用价值[J]. 中华普外科手术学杂志(电子版), 2025(2): 134-137.
- [27] Ryu, S., Suwa, K., Kitagawa, T., Aizawa, M., Ushigome, T., Okamoto, T., *et al.* (2019) Real-Time Fluorescence Vessel Navigation Using Indocyanine Green during Laparoscopic Colorectal Cancer Surgery. *Anticancer Research*, **39**, 3009-3013. <https://doi.org/10.21873/anticancer.13433>
- [28] Torky, R.A., Abdel-Tawab, M., Rafaat, A., Hefni, A.M. and Abdelmotaleb, A. (2022) Efficacy and Feasibility of Complete Mesocolic Excision with Central Vascular Ligation in Complicated Colorectal Cancer. *Indian Journal of Surgical Oncology*, **14**, 312-317. <https://doi.org/10.1007/s13193-022-01673-w>
- [29] Hupkens, B., Van Der Sande, M., Martens, M., *et al.* (2016) Quality of Life and Functional Outcome in Rectal Cancer Patients: Watch-and-Wait Policy versus Chemoradiation and TME—A Matched Controlled Study. *Colorectal Disease*, **18**.
- [30] Papayan, G. and Akopov, A. (2018) Potential of Indocyanine Green Near-Infrared Fluorescence Imaging in Experimental

-
- and Clinical Practice. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, **24**, 292-299. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2018.10.011>
- [31] 张晓君, 侍昊泽. 吲哚菁绿荧光显像在腹腔镜下肝外胆道手术中的应用[J]. 肝胆外科杂志, 2024, 32(5): 354-357.
- [32] Jacob, T.J.K. and Thomas, G. (2021) Indocyanine Green beyond Quantitative Liver Function Tests—An Adjuvant in Pediatric Imaging: A Review of Its Uses and a Protocol for Administration in Pediatric Surgical Practice. *Current Medical Issues*, **19**, 42-45. https://doi.org/10.4103/cmi.cmi_133_20
- [33] Hardy, N.P., Dalli, J., Khan, M.F., Andrejevic, P., Neary, P.M. and Cahill, R.A. (2021) Inter-User Variation in the Interpretation of Near Infrared Perfusion Imaging Using Indocyanine Green in Colorectal Surgery. *Surgical Endoscopy*, **35**, 7074-7081. <https://doi.org/10.1007/s00464-020-08223-x>