

免疫荧光在腹腔镜下胃癌根治术的研究进展

潘晓强¹ 于 浩^{2*}

1. 蚌埠医科大学研究生学院 安徽蚌埠 233000

2. 亳州市人民医院肛肠外科 安徽亳州 236800

摘要:近年来微创技术已成为外科医生不断前进的方向,为保证彻底的切除病变及可能发生的侵袭部位,免疫荧光成像技术在腹腔镜手术上的应用逐渐增加。吲哚菁绿((Indocyanine Green, ICG)免疫荧光显像技术能在自然光下能够更好地识别组织的淋巴结,进行肿瘤定位、前哨淋巴结检测、实时淋巴检测和血流评估,已成为外科的重要技术。然而,目前临床实践中关于ICG近红外光成像技术在腹腔镜胃癌根治术中的应用仍处于探索阶段,本文总结了吲哚菁绿在腹腔镜下胃癌根治术中的应用,主要从淋巴结清扫以及吲哚菁绿荧光显像技术的局限性等方面进行综述。

关键词: 吲哚菁绿; 胃癌; 腹腔镜

胃癌的新发率和死亡率在全球所有恶性肿瘤中均排名第5位^[1],对人们的健康造成了巨大的威胁,完全手术切除仍然是治愈胃癌的唯一机会^[2]。虽然近几十年来胃癌的发病率有所下降,但胃癌的5年生存率仍然很低。随着外科医生在手术技术上不断探索和发展,更加精细化的操作成为时代的潮流,腹腔镜根治性胃切除术在胃肠肿瘤的治疗上得到了广泛的应用。在过去的二十年中,在肿瘤外科的各个方面都引入了术中导航工具,以提高手术可视化及切除病变部位的质量。当前传播比较广泛的新兴技术之一是近红外荧光成像。通过在手术中使用特定的近红外相机,在不同模式之间切换来实现实时、高清的可视化的病灶显像,从而能使用同一个腹腔镜观测免疫荧光所发出的光源,对胃癌的淋巴结清扫提供更加精确的引导,从而提高胃癌术后的预后,延长患者的生存时间。

一、ICG近外红光荧光成像技术介绍

ICG是生物相容性优良的三碳花菁系近红外荧光染料,是一种水溶性化合物,分子量为774.96g/mol,是目前唯一获得FDA和EMA批准的荧光成像示踪剂,由于其相对较低的成本、高可用性和极低的毒性剂量报告而被广泛地应用于医学领域^[3-5]。注射进人体后,它将在血液中以840nm的波长与血浆蛋白结合^[6],随后在肝脏中被肝细胞处理,然后排泄到胆汁中,其半衰期小于3分钟。ICG分子荧光成像系统集成荧光激发和荧光接收显影于一体,通过捕获波长大于800nm的红外光和波

长为760nm的发光二极管光,然后使用滤光片切换到荧光模式,排除820nm以下的光,从而使组织中的示踪剂可见^[7]。此外,由于淋巴中的蛋白质含量较其他组织较高,其中结合的ICG在肝脏代谢之前在淋巴系统中积聚,可以有效地将淋巴管、淋巴结和血管等区分开来,术者可以通过观察局部组织的荧光程度来定位肿瘤及淋巴^[8]。因此,ICG近外红光成像技术可用于前哨淋巴结的导航^[9]。

二、ICG近外红光成像在胃肠肿瘤的发展历程

最初ICG用于定量测定肝功能和心输出量^[10-11]。之后ICG的使用扩展到许多其他外科领域,开始广泛应用于心血管系统评估、视网膜的可视化、脑血管造影、乳腺癌前哨淋巴结的定位等^[12-14]。随着腹腔镜微创技术的开展,ICG近外红光成像引导的淋巴结定位及淋巴结清扫技术通过独特的高清摄像头显示系统和微创设备的清晰放大效果,使其具有实时成像的特点,让外科医生在直视下准确定位淋巴结,实时指导手术操作,由此特性ICG被用于胃肠肿瘤的手术。因对于前哨淋巴结导航和判断吻合口血供具有一定优势^[15-17],这使得ICG近外红光成像引导的腹腔镜下胃切除术成为一种值得尝试的探索方向。Huang等^[18]人的一项系统评价和荟萃分析表明,在胃癌前哨淋巴结的示踪方面,与蓝色染料或放射性胶体示踪剂相比,ICG随着时间的推移表现出更高的识别率,以及更高的灵敏度和阴性预测值(2001-2010年阴性预测值为98%、88%、96%,2011-2020年的为99%、

92%、98%)。该技术虽然在国内开展得相对较晚,但随着大量经验的积累和不断改善相关技术操作,ICG近红外红光成像技术在国内腹腔镜下胃切除术中的应用逐渐增加。于此同时,胃肠领域的专家们总结自身经验并制定相应的专家共识,使ICG近红外红光成像技术在胃肠手术中更加安全和顺利的开展,指导年轻术者在胃肠手术方面的进步。

三、ICG近红外光成像技术在胃癌中的临床应用

(一) ICG在胃癌手术中的适应症和禁忌症

ICG在胃癌手术中的适应症和禁忌症同传统胃癌手术基本一致。适应症包括术前对肿瘤的快速定位以及前哨淋巴结的活检,帮助术者明确是否存在转移。术中对淋巴结的显影和清扫,评估胃周血管、食管、肝脏等器官浸润情况。术后可以评估吻合口血供。禁忌症是对于碘剂过敏者禁用。

(二) ICG在胃癌手术中的用法用量

现今对于ICG的剂量和给药时间仍无统一标准。荧光强度与激发光强度和ICG浓度的量决定了成像细节,据研究^[19]荧光强度与ICG浓度没有线性关系,相反它在ICG的低浓度范围内增加达到峰值后,随着浓度的升高而降低,这种现象被称为“淬灭效应”。如何调整和制定三者的标准仍是巨大的难题。一般ICG溶液用无菌水稀释,剂量通常为0.2-0.5mg/kg,由于ICG的半衰期短,在同一手术中重复给药是可行的。根据用途调整给药途径、剂量及时间。(1)术前肿瘤定位:术前1天在胃镜下于肿瘤周围4个点进行黏膜下注射,每个点0.5mL,总剂量为2 mL,浓度为1.25 g/L;(2)术中淋巴结识别:沿胃大弯和胃小弯4个部位进行浆膜下注射,每个点1-1.5 mL,总剂量为6-9 mL,浓度为0.50 g/L;(3)术中吻合口的评估:用于术中吻合口吻合后采用静脉给药,每次推注0.5 mg/kg。有研究表明^[20],由于黏膜下淋巴管通过肌间淋巴网络与浆膜下淋巴管相连,术中浆膜下注射ICG与术前黏膜下注射ICG显像效果和淋巴结检出率相当,但前者更具有经济性,减少患者的有创操作。根据患者个体化差异的不同,尤其是体重对于ICG在体内浓度的影响,采取动态化给药可以减少误差。

近期也出现了ICG结合的高性能近红外纳米复合物,为诊断恶性肿瘤成像提供了一种新工具。由于其微小的尺寸、适应性强的表面特征和保留效应,克服常规游离ICG的局限性,例如肿瘤靶向性差且完全被动,静脉注射后快速消除等方面。叶酸共轭纳米颗粒、透明质酸共

轭颗粒和金纳米颗粒等纳米颗粒最近在胃肠道癌症成像中非常有用。将纳米粒子与常规成像技术相结合治疗胃肠道癌症的研究大大提高了早期诊断率和分期准确性^[21]。然而此项研究的安全性尚未充分得到验证。

(三) ICG近红外光成像技术对胃癌前哨淋巴结的导航

前哨淋巴结被认为是第一个可能从原发病灶转移的淋巴结^[22]。如果检测胃癌前哨淋巴结的病理结果为阴性,则可以判断相应区域淋巴结转移呈阴性,加上早期胃癌的淋巴结转移发生率较低,总体发生率为10%^[23-24]。因此,术中前哨淋巴结活检可以避免不必要的根治性淋巴结清扫术。由于内窥镜诊断的最新进展,更多的早期胃癌被发现。内镜下黏膜切除术和内镜下黏膜下剥离术目前仅用于早期胃肿瘤(cT1和N0)。然而,对于组织学未分化型腺癌和黏膜下肿瘤,建议进行标准的胃切除术和淋巴结清扫术。在早期胃癌中,肿瘤通常尚未侵入和破坏胃周淋巴系统,肉眼难以进行精确的分辨,因此淋巴结和淋巴管的ICG可视化是可行的。同时,通过ICG荧光成像引导前哨淋巴结清扫所获长、短期肿瘤学疗效亦得到证实^[25]。Kim等人^[26]的研究发现,在早期胃癌检出的443例淋巴结中,采用近红外ICG法的前哨淋巴结检出率灵敏度为98.9%,特异性为76.0%,假阳性率为25.4%。而Kwon等^[27]通过针对早期胃癌ICG示踪的前瞻性研究证实:与对照组相比ICG示踪可以提高早期胃癌病人淋巴结检出数,特别是在2、6、7、8和9站淋巴结的位置。有研究报道表示^[28],联合使用ICG和放射性胶体在检测癌症的前哨淋巴结方面比单独使用其中任何一种效果更好,并在初级淋巴结中显示出更长的保留时间,但是此项技术只在动物实验中进行过。因此,ICG技术可应用于早期胃癌淋巴结的检出,提高早期胃癌病人淋巴结检出数量,由于早期胃癌转移的发生率较低,可能需要数千例病例才能获得高质量的数据。

(四) ICG近红外光成像技术在胃癌淋巴结的示踪

一些研究的结果表明:淋巴结清扫越彻底,越有利于改善患者的长期预后^[29-30]。因此,在手术过程中彻底清扫胃周淋巴结,增加术中切除和术后检出阳性淋巴结数量,对患者进行准确分期、后续治疗方案选择和预后改善具有重要意义。由于胃周层次解剖结构复杂,腹腔镜器械操作相对较难,特别是在高体重指数的患者中,于术中精细化清扫淋巴结具有很大的挑战。而ICG近红外光成像系统具有良好的组织穿透性,在可见光下能够

比其他染料更好地识别肥厚脂肪组织内的淋巴结^[31-32]，有助于年轻术者更精准地进行淋巴结清扫。通常在标准D2淋巴结清扫术中难以切除一些淋巴结（13、14v或16a）。相比之下，一些研究表明^[33]，在使用ICG的腹腔镜手术中，检索的淋巴结数量更多。我国的FUGES-012研究^[34]显示，使用ICG荧光成像技术平均切除的淋巴结数明显高于非ICG组的平均淋巴结数，尤其是在D2淋巴结清扫术中。Niu等^[35]人也在1276例的ICG在胃癌中的应用中证实，ICG的应用有效的改善了患者术后并发症的发生率，在减少术中失血量和缩短术后住院时间的同时，可以保证微创根治性胃癌手术淋巴结清扫术的彻底性。同时进展期胃癌的标准手术还需要保证适当的切缘，Yoon等^[36]人在比较23例ICG在胃癌中应用，ICG注射用于确保近端切除边缘是一种肿瘤学上安全且准确的手术，相比非ICG组平均缩短了34分钟。总之，ICG近外红光成像系统可以有效呈现出复杂解剖区域的淋巴结引流状况，有助于操作者辨别潜在的跳跃转移，从而建立自信、准确的淋巴结清扫策略，改善患者的预后。

（五）ICG近红外光成像技术评估实质灌注及吻合口瘘

ICG在全胃切除术和次全胃切除术尽管最近取得了进展，但吻合口瘘仍是胃肠外科手术中的主要问题。它是手术相关的死亡的主要原因，并且导致不良的长期预后^[37]。然而对于判断吻合口瘘的评估包括吻合口两端浆膜颜色、吻合口的肠蠕动状态、肠内容物溢出量以及血液灌注等，其十分依赖术者的经验，准确性不足。已有研究表明荧光成像在评估胃吻合口灌注的可行性^[38]。Huh等^[39]人对腹腔镜胃切除术进行了前瞻性研究，30例在ICG引导下的胃肠手术（远端胃切除术联合BI或BII重建、全胃切除术联合Roux-en-Y和保留幽门胃切除术）在吻合后立即注射ICG溶液并用近红外相机进行评估。随后根据临床和荧光评估灌注评分，结论是基于肉眼观察的临床评分在所有手术中都很高。

最新兴起的人工智能结合ICG近外红光显像技术在评估吻合口的血运亦具有可行性，训练有素的人工智能可以通过参照多个参数和ICG曲线模式来分析微循环状态，并预测发生灌注不足导致吻合口漏的风险，并且人工智能的微灌注分析系统可以在短时间内完成实时分析，并以彩色图的形式提供分析信息，有助于术者的判断。但由于发生吻合口漏的相关因素有许多，无法仅靠吻合口血供情况进行判断，其次还受外部操作因素干扰，无

法在相同条件下使用人工智能进行学习。目前ICG近红外成像技术在吻合口中的判断已经得到初步的证实，但仍然需要多中心的配合与大样本高级别循证医学证据来进一步证明。

（六）ICG近红外光成像技术胃周血管导航

ICG亦可用于血管导航，它可以识别术前影像学检查可能无法检测到的小血管的走形和起止点，尤其当组织厚度为2-4厘米时^[40]。在一项针对31名胃癌切除术后左肝动脉转移的回顾性研究中，Lee^[41]等人采用ICG引导技术在术中检测左肝副动脉，通过观察肝脏表面强烈的荧光强度，表明转移的左肝动脉是分支且可以安全结扎的，而微弱的荧光表明是可能对肝脏功能至关重要的替代动脉，因此需要保存。其中有20例患者结扎动脉，10例患者保留动脉，在术中或术后未观察到肝功能的异常。

四、不足及展望

ICG近红光成像技术在腹腔镜胃癌根治术中的应用有利于淋巴结清扫，增加了检测到的淋巴结数量，并且不会增加手术时间和术后并发症发生率^[42]。然而ICG荧光可以显示肿瘤周围组织的引流，但不能表明是否是转移性淋巴结，以及“假阴性”的可能性。这种现象可能是由于癌细胞引起的淋巴管阻塞。因此，一些研究者认为前哨淋巴结技术不适用于胃肿瘤>T1。由于大面积浸润引起的淋巴阻塞，假阴性前哨淋巴结的数量从T1到T3胃癌逐渐增加，根据文献的报道^[43-44]，假阴性率在23.5-60%。为了减少假阴性，可以在胃周站没有发现前哨淋巴结后，探索第7、8和9站^[45]。另一方面，发生跳跃转移也是前哨淋巴结假阴性的原因^[46]，一项最近统计481例早期胃癌患者的报道中显示发病率为2.63%^[47]，尤其是位于胃小弯等较低部分的肿瘤，跳跃转移的风险更高。此外术中操作不当导致ICG泄漏至胃壁外，也会影响检测的准确性。

近期ICG与其他分子、示踪剂或单克隆抗体结合使用也具有巨大的潜力，这些结合物质可以通过多种诊断工具（MRI、NIR和FMI）检测转移，ICG近红外光成像技术在胃癌根治术中仍缺乏大规模的临床验证和标准化，缺乏临床可靠性和一致性的验证限制了其在临床实践中的应用。

综上所述，ICG近外红光成像技术可以通过对胃周淋巴结示踪而对区域淋巴结进行更彻底和系统性的清扫。此外，通过对肿瘤的精确定位，可以为外科医生选择更合理的手术方法，保证足够的切缘，从而可以为胃癌患

者制定更为个性化、精准化的治疗措施，尤其更有助于年轻术者评估D1、D1+或D2淋巴结清扫术的完整性并确定解剖的边界。并且近些年随着我国对ICG荧光应用技术的突飞猛进，越来越多的病例应用以及相关医院的重视，ICG近外红光成像技术将愈发的成熟，更加具有准确性、高效性以及多元化性，我们相信它会为更多的患者带来福音。

参考文献

- [1] Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. [J]. *CA Cancer J Clin.* 2021; 71: 209–249.
- [2] Johnston FM, Beckman M. Updates on Management of Gastric Cancer. [J]. *Curr Oncol Rep.* 2019;21(8):67.
- [3] Cassinotti E, Boni L, Baldari L. Application of indocyanine green (ICG)-guided surgery in clinical practice: lesson to learn from other organs—an overview on clinical applications and future perspectives. [J]. *Updates Surg.* 2023;75(2):357–365.
- [4] Pogue BW, Rosenthal EL. Review of successful pathways for regulatory approvals in open-field fluorescence-guided surgery. [J]. *Biomed Opt.* 2021;26(3):030901.
- [5] Khalaf MH, Abdelrahman H, El-Menyar A, et al. Utility of indocyanine green fluorescent dye in emergency general surgery: a review of the contemporary literature. [J]. *Front Surg.* 2024;11:1345831.
- [6] Landsman ML, Kwant G, Mook GA, et al. Light-absorbing properties, stability, and spectral stabilization of indocyanine green. [J]. *Appl Physiol.* 1976;40(4):575–583.
- [7] White HW, Naveed AB, Campbell BR, et al. Infrared Fluorescence-guided Surgery for Tumor and Metastatic Lymph Node Detection in Head and Neck Cancer. [J]. *Radiol Imaging Cancer.* 2024;6(4):e230178.
- [8] Shevchenko I, Serban D, Dascalu AM, et al. Factors Affecting the Efficiency of Near-Infrared Indocyanine Green (NIR/ICG) in Lymphatic Mapping for Colorectal Cancer: A Systematic Review. [J]. *Cureus.* 2024;16(2):e55290.
- [9] Villegas-Tovar E, Jimenez-Lillo J, Jimenez-Valerio V, et al. Performance of Indocyanine green for sentinel lymph node mapping and lymph node metastasis in colorectal cancer: a diagnostic test accuracy meta-analysis. [J]. *Surg Endosc.* 2020;34(3):1035–1047.
- [10] Dai ZY, Shen C, Mi XQ, Pu Q. The primary application of indocyanine green fluorescence imaging in surgical oncology. [J]. *Front Surg.* 2023;10:1077492.
- [11] Egloff-Juras C, Bezdetsnaya L, Dolivet G, Lassalle HP. NIR fluorescence-guided tumor surgery: new strategies for the use of indocyanine green. [J]. *Int J Nanomedicine.* 2019;14:7823–7838.
- [12] Venkatesh R, Reddy NG, Prabhu V, et al. Indocyanine green angiography imaging findings in artery occlusions. [J]. *Eur J Ophthalmol.* 2022;32(4):2395–2403.
- [13] Pantelis AG, Machairiotis N, Stavros S, et al. Current applications of indocyanine green (ICG) in abdominal, gynecologic and urologic surgery: a meta-review and quality analysis with use of the AMSTAR 2 instrument. [J]. *Surg Endosc.* 2024;38(2):511–528.
- [14] Bousquet E, Provost J, Zola M, et al. Mid-Phase Hyperfluorescent Plaques Seen on Indocyanine Green Angiography in Patients with Central Serous Chorioretinopathy. [J]. *Clin Med.* 2021;10(19):4525.
- [15] Kalayarasan R, Chandrasekar M, Sai Krishna P, Shanmugam D. Indocyanine green fluorescence in gastrointestinal surgery: Appraisal of current evidence. [J]. *World J Gastrointest Surg.* 2023;15(12), 2693–2708.
- [16] Huh YJ, Lee HJ, Kim TH, et al. Efficacy of Assessing Intraoperative Bowel Perfusion with Near-Infrared Camera in Laparoscopic Gastric Cancer Surgery. [J]. *Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2019;29(4):476–483.
- [17] Kamada T, Yoshida M, Takeuchi H, et al. A new method of sentinel node mapping for early gastric cancer using a fluorescent laparoscope that can adjust the intensity of excitation light and quantify the intensity of indocyanine green fluorescence: Report of a case. [J]. *Int J Surg Case Rep.* 2020;73:248–252.
- [18] Huang Y, Pan M, Chen B. A Systematic Review and Meta-Analysis of Sentinel Lymph Node Biopsy in Gastric Cancer, an Optimization of Imaging Protocol for Tracer Mapping. [J]. *World J Surg.* 2021;45(4):1126–1134.
- [19] Toh U, Iwakuma N, Mishima M, et al. Navigation surgery for intraoperative sentinel lymph node detection using

Indocyanine green (ICG) fluorescence real-time imaging in breast cancer. [J]. *Breast Cancer Res Treat.* 2015;153(2):337–344.

[20]Chen QY, Zhong Q, Li P, et al. Comparison of submucosal and subserosal approaches toward optimized indocyanine green tracer-guided laparoscopic lymphadenectomy for patients with gastric cancer (FUGES-019): a randomized controlled trial.[J]. *BMC Med.* 2021; 19(1):276.

[21]Zhou J, Chen L, Chen L, et al. Emerging role of nanoparticles in the diagnostic imaging of gastrointestinal cancer. [J]. *Semin Cancer Biol.* 2022;86(Pt 2):580–594.

[22]Calcara C, Cocciolillo S, Marten Canavesio Y, et al. Endoscopic fluorescent lymphography for gastric cancer. [J]. *World J Gastrointest Endosc.* 2023;15(2):32–43.

[23]Conti CB, Agnesi S, Scaravaglio M, et al. Early Gastric Cancer: Update on Prevention, Diagnosis and Treatment. [J]. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20(3):2149.

[24]宋武, 何裕隆. 早期胃癌淋巴结转移特点、规律和意义 [J]. *中国实用外科杂志*, 2019, 39 (5): 444–447.

[25]Calcara C, Cocciolillo S, Marten Canavesio Y, et al. Endoscopic fluorescent lymphography for gastric cancer. [J]. *World J Gastrointest Endosc.* 2023;15(2):32–43.

[26]Kim TH, Kong SH, Park JH, et al. Assessment of the Completeness of Lymph Node Dissection Using Near-infrared Imaging with Indocyanine Green in Laparoscopic Gastrectomy for Gastric Cancer. [J]. *Gastric Cancer.* 2018;18(2):161–171.

[27]Kwon IG, Son T, Kim HI, Hyung WJ. Fluorescent Lymphography-Guided Lymphadenectomy During Robotic Radical Gastrectomy for Gastric Cancer.[J]. *JAMA Surg.* 2019;154(2):150–158.

[28]Zhang Y, Uehara T, Toyota T, et al. Stannous colloid mixed with indocyanine green as a tracer for sentinel lymph node navigation surgery.[J]. *Sci Rep* 2022;12(1):17056.

[29]Ma Z, Shi G, Chen X, et al. Laparoscopic splenic hilar lymph node dissection for advanced gastric cancer: to be or not to be.[J]. *Ann Transl Med.* 2019;7(14):343.

[30]Guo X, Peng Z, Lv X, et al. Randomized controlled trial comparing short-term outcomes of laparoscopic and

open spleen-preserving splenic hilar lymphadenectomy for advanced proximal gastric cancer: An interim report.[J]. *Surg Oncol.* 2018;118(8):1264–1270.

[31]Kraft JC, Ho RJ. Interactions of indocyanine green and lipid in enhancing near-infrared fluorescence properties: the basis for near-infrared imaging in vivo.[J]. *Biochemistry.* 2014 ; 53(8): 1275–1283.

[32]Chen QY, Xie JW, Zhong Q, et al. Safety and Efficacy of Indocyanine Green Tracer-Guided Lymph Node Dissection During Laparoscopic Radical Gastrectomy in Patients With Gastric Cancer: A Randomized Clinical Trial. [J]. *JAMA Surg.* 2020;155(4):300–311.

[33]Lim ZY, Mohan S, Balasubramaniam S, et al. Indocyanine green dye and its application in gastrointestinal surgery: The future is bright green.[J]. *World J Gastrointest Surg.* 2023;15(9):1841–1857.

[34]Zhong Q, Chen QY, Huang XB, et al. Clinical implications of Indocyanine Green Fluorescence Imaging-Guided laparoscopic lymphadenectomy for patients with gastric cancer: A cohort study from two randomized, controlled trials using individual patient data. [J]. *Int J Surg.* 2021;94:106120.

[35]Niu S, Liu Y, Li D, et al. Effect of indocyanine green near-infrared light imaging technique guided lymph node dissection on short-term clinical efficacy of minimally invasive radical gastric cancer surgery: a meta-analysis. [J]. *Front Oncol.* 2023; 13:1257585.

[36]Yoon BW, Lee WY. The oncologic safety and accuracy of indocyanine green fluorescent dye marking in securing the proximal resection margin during totally laparoscopic distal gastrectomy for gastric cancer: a retrospective comparative study. [J]. *World J Surg Oncol.* 2022 Jan 28;20(1):26.

[37]Makuuchi R, Irino T, Tanizawa Y, et al. Esophagojejunal anastomotic leakage following gastrectomy for gastric cancer. [J]. *Surg Today.* 2019;49(3):187–196.

[38]Jansen SM, de Bruin DM, Wilk LS, et al. Quantitative Fluorescence Imaging of Perfusion-An Algorithm to Predict Anastomotic Leakage. [J]. *Life (Basel).* 2022;12(2):249.

[39]Huh YJ, Lee HJ, Kim TH, et al. Efficacy of Assessing

Intraoperative Bowel Perfusion with Near-Infrared Camera in Laparoscopic Gastric Cancer Surgery.[J]. *Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2019;29(4):476-483.

[40]Kim M, Son SY, Cui LH, et al. Real-time Vessel Navigation Using Indocyanine Green Fluorescence during Robotic or Laparoscopic Gastrectomy for Gastric Cancer.[J]. *Gastric Cancer*. 2017 Jun;17(2):145-153.

[41]Lee JH, Son T, Chung YE, et al. Real-time identification of aberrant left hepatic arterial territories using near-infrared fluorescence with indocyanine green during gastrectomy for gastric cancer. [J].*Surg Endosc*. 2021; 35(5): 2389-2397.

[42]郑朝辉, 涂儒鸿, 林建贤. 吲哚菁绿荧光成像在腹腔镜胃癌根治术淋巴结清扫中的应用 [J]. *腹腔镜外科杂志*, 2019, 24 (03): 182-184.

[43]Skubleny D, Dang JT, Skulsky S, et al. Diagnostic evaluation of sentinel lymph node biopsy using indocyanine green and infrared or fluorescent imaging in gastric cancer: a

systematic review and meta-analysis. [J]. *Surg Endosc*. 2018; 32(6): 2620-2631.

[44]Zhong Q, Chen QY, Huang XB, et al. Clinical implications of Indocyanine Green Fluorescence Imaging-Guided laparoscopic lymphadenectomy for patients with gastric cancer: A cohort study from two randomized, controlled trials using individual patient data.[J]. *Int J Surg*. 2021;94:106120.

[45]Lee JH, Lee HJ, Kong SH, et al. Analysis of the lymphatic stream to predict sentinel nodes in gastric cancer patients. [J].*Ann Surg Oncol*. 2014;21(4):1090-1098.

[46]Symeonidis D, Tepetes K. Techniques and Current Role of Sentinel Lymph Node (SLN) Concept in Gastric Cancer Surgery. [J].*Front Surg*. 2019 Jan 22;5:77.

[47]Belia F, Biondi A, Agnes A, et al. The Use of Indocyanine Green (ICG) and Near-Infrared (NIR) Fluorescence-Guided Imaging in Gastric Cancer Surgery: A Narrative Review. [J].*Front Surg*. 2022;9:880773.