

吲哚菁绿近红外光成像在腹腔镜胃癌根治术中的临床价值

李苏明 杨扣 杨亦婷 刘省存^(通讯作者)

安徽医科大学第一附属医院，安徽 合肥 230000

摘要：目的：分析吲哚菁绿（ICG）近红外光成像技术在腹腔镜胃癌根治术中的临床价值。方法：选取 2022 年 5 月—2024 年 5 月于安徽医科大学第一附属医院的行腹腔镜胃癌根治手术的胃癌患者 110 例，分为对照组（N=55）和 ICG 组（N=55）。对照组行常规腹腔镜胃癌根治术，ICG 组行 ICG 近红外光成像系统下腹腔镜胃癌根治术治疗。对比分析两组手术相关指标、淋巴结清扫和阳性淋巴结检出数量、术后并发症发生率。结果：ICG 组总阳性淋巴结检出数、总淋巴结清扫数显著高于对照组，具有显著统计学差异（ $P<0.05$ ）；两组术中出血量、手术用时、首次排气时间、首次下床时间、术后住院时间及术后并发症发生率（十二指肠残端漏、吻合口漏、吻合口出血、胃瘫、肠梗阻、感染）比较，差异无统计学意义（ $P>0.05$ ）。结论：腹腔镜胃癌根治术中应用 ICG 近红外光技术可以增加淋巴结清扫数量，且对手术质量及患者术后快速康复无不良影响，具有临床推广潜力。

关键词：吲哚菁绿；近红外光成像；胃癌；腹腔镜；淋巴结清扫

胃癌处于我国恶性肿瘤发病率第五位，是我国第三大癌症死亡原因^[1]。近年来针对胃癌的新型疗法不断涌现并逐渐应用于临床，但以外科手术治疗为主的综合性治疗仍是胃癌的主要治疗策略^[2]。淋巴结清扫是胃癌根治术的关键步骤，既往研究表明淋巴结清扫数量与患者预后呈线性关系^[3]，因此针对淋巴结进行系统彻底的清扫至关重要。在胃癌根治术中，传统示踪剂如亚甲蓝等，存在染色时间短、淋巴管强度低、易污染术野等不足，且可能会导致组织粘连，引发严重的并发症，如腹腔感染甚至消化道穿孔等。吲哚菁绿是一种三碳菁染料，可被特定波长的光激发，发射的近红外光线能有效穿透生物组织^[4]。目前，ICG 荧光成像技术在甲状腺癌、乳腺癌等其他癌症中展现了其独特的优势和显著的临床效益^[5]。但其在胃癌患者中的应用尚在探索中。基于这一背景，本研究将 ICG 荧光显像技术应用于腹腔镜胃癌根治术中，以评估临床应用价值。

1 资料与方法

1.1 临床资料

本研究纳入 2022 年 5 月—2024 年 5 月就诊于安徽医科大学第一附属医院的胃癌患者。纳入标准如下：（1）病理学检查确诊为胃癌；（2）影像学检查未见远处转移；（3）首次确诊且拟行腹腔镜下胃癌根治术治疗。排除标准如下：（1）既往有腹部手术史；（2）术中腹腔探查发

现种植转移或存在局部肿瘤浸润患者；（3）5 年内合并其他恶性肿瘤性疾病；（4）已行术前新辅助治疗；（5）合并严重心脏、肺脏、肾脏等主要脏器功能障碍；（6）碘剂过敏。

随随机数表法将患者分为对照组和 ICG 组，各 55 例。两组一般资料比较，差异无统计学意义（ $P>0.05$ ），有可比性，见表 1。

1.2 手术方法

ICG 组应用 ICG 荧光显像系统，将 ICG 浓度经灭菌注射用水稀释为 2.5mg/mL，在距肿瘤边缘 2cm 的正常浆膜下环周选取四点，注射入浆膜下层，每个点 1.5ml，在荧光显像指引下行腹腔镜胃癌根治术。

对照组行常规腹腔镜胃癌根治术治疗，不进行 ICG 术中导航。

两组患者的手术均严格遵循了胃癌根治术的标准化操作流程，由同一组手术团队实施。

1.3 观察指标

主要观察指标：淋巴结总清扫数目、阳性淋巴结检出情况。

次要观察指标：手术时间、术中出血量、首次下床时间、首次排气时间、术后住院时间及术后并发症。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 27.0 软件分析处理，符合正态分布的计量资料

表 1 两组基线资料对比

	年龄 [岁, ($\bar{x} \pm S$)]	性别[n (%)]		BMI [kg/m ²]	血清 CEA [ng/mL]	血清 AFP [ng/mL]
		男	女			
ICG 组 (N=55)	59.62 ± 3.41	28 (50.91)	27 (49.09)	21.73 ± 1.22	19.25 ± 0.73	3.57 ± 0.37
对照组 (N=55)	59.83 ± 2.11	35 (63.64)	20 (36.36)	21.55 ± 1.31	18.76 ± 0.81	3.41 ± 0.43
t/x ² 值	0.524	0.183		1.065	0.434	0.542
P 值	0.754	0.616		0.289	0.689	0.585

续表 1 两组基线资料对比

	pT 分期(n)		pN 分期(n)		肿瘤位置(n)			肿瘤直径(n)		分化程度(n)		
	T ₃	T ₄	N ₁	N ₂	上 1/3	中 1/3	下 1/3	≥3cm	<3 cm	高	中	低
ICG 组 (N=55)	29	26	34	21	9	21	25	33	22	11	16	28
对照组 (N=55)	32	23	36	19	10	20	25	31	24	10	19	26
x ² 值	0.946		0.584			0.014		0.149		0.013		
P 值	0.625		0.767			0.775		0.699		0.908		

注: BMI, 体重指数; CEA, 癌胚抗原; AFP, 甲胎蛋白。

表 2 淋巴结清扫情况及并发症对比

	ICG 组(N=55)	对照组 (N=55)	P 值
淋巴结总清扫数,枚	41.71 ± 9.21	32.22 ± 12.54	<0.001
阳性淋巴结检出数,枚	6.25 ± 1.53	4.57 ± 1.26	<0.001
术后短期并发症[例(%)]			
十二指肠残端漏	0	0	—
吻合口漏	1(1.81)	3(5.45)	0.611
吻合口出血	2(3.63)	1(1.81)	0.558
胃瘫	0	0	—
肠梗阻	1(1.81)	2(3.63)	0.558
感染	2(3.63)	4(7.27)	0.401

表 3 两组手术相关指标对比

	手术时间 (min)	术中出血量(mL)	首次下床时间 (d)	术后排气时 间(d)	术后住院时间(d)
ICG 组 (N=55)	194.31 ± 35.12	59.58 ± 14.27	1.81 ± 0.44	3.25 ± 1.35	10.55 ± 2.25
对照组 (N=55)	198.24 ± 34.63	61.34 ± 11.25	1.95 ± 0.47	3.17 ± 1.65	10.60 ± 3.15
t 值	0.676	0.564	0.703	0.163	0.633
P 值	0.132	0.655	0.467	0.715	0.498

以 ($\bar{x} \pm S$) 表示, 组间比较采用 t 检验, 计数资料以率 (%) 表示, 采用 X² 检验, P<0.05 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 淋巴结总清扫数及阳性淋巴结检出数对比

ICG 组淋巴结总清扫数、阳性淋巴结检出数均高于对照组, 组间差异有统计学意义 (P<0.05)。见表 2。

2.2 两组手术指标及并发症对比

两组术中出血量、手术用时、首次排气时间、首次下床时间、术后住院时间比较, 差异无统计学意义 (P>0.05); 两组术后并发症发生率比较, 差异无统计学意义 (P>0.05)。所有患者在经过腹腔引流、抗感染以及营养支持等保守治疗后, 均顺利出院。详见表 2、表 3。

3 讨论

淋巴转移是胃癌最常见的转移途径, 一旦发生淋巴结

转移, 肿瘤全身播散的风险显著增加, 是影响胃癌患者预后的最重要因素之一^[6]。Zhao^[7] 等学者的研究发现, 在各个阶段的胃癌患者中, 清扫淋巴结达 15 个的患者长期预后优于不足 15 个患者, 且清扫淋巴结数目超过 25 枚的胃癌患者的生存率显著改善。因此, 术中针对淋巴结进行系统彻底的清扫对预防胃癌的术后转移和复发至关重要, 外科医生急需一种新的技术方案, 降低术者在胃癌手术中辨别、清扫淋巴结的难度, 实现系统、充分地淋巴结清扫。

随着可视化工具的发展, ICG 荧光腹腔镜技术逐渐成熟, 并在肿瘤定位^[8]、淋巴结示踪^[9]、消化道血供评估^[10] 等方面进行了初步尝试。在本研究中, ICG 组检出的总淋巴结数目为 41.71±9.21 枚, 显著高于对照组的 32.22±12.54 枚, ICG 组患者的阳性淋巴结检出数量为 6.25±1.53 枚, 高于对照组的 4.57±1.26 枚。两组之间的

差异在统计学上具有显著性意义 ($P < 0.001$), 这证明 ICG 荧光显像技术能有效提升总淋巴结清扫数目及阳性淋巴结的检出率, 达到甚至超过大多数指南中建议的淋巴结清扫数量。我们分析原因可能是不同组织对吲哚菁绿的摄取速率不同, 较深且被致密的脂肪组织覆盖的淋巴结也能被荧光腹腔镜有效识别, 同时减少血管解剖复杂处淋巴结的遗漏, 从而提高了淋巴结清扫的彻底性和精准度, 对改善患者的长期预后具有积极意义。此外, 在手术过程中我们注意到, 部分患者的淋巴结显著肿大, 却未被 ICG 标记显影。这可能是因为淋巴管内存在癌栓, 导致淋巴管堵塞, 阻碍了向肿大淋巴结的引流, 使得 ICG 无法顺利到达淋巴结而无法显影。因此, 尽管 ICG 在腹腔镜胃癌根治术的淋巴结清扫过程中具有显著的辅助效果, 但外科医师不能仅依赖淋巴结有无荧光来判断淋巴结是否有肿瘤细胞转移, 也不能仅通过术野有无荧光来判断淋巴结清扫是否彻底。

胃癌术后并发症也极大地影响患者术后生存质量, 其中消化道漏是最严重的并发症之一。目前认为吻合口不可靠和血运不足是消化道漏发生的重要因素^[11], 而消化道血运的评估仍主要依靠于术者自身经验, 在评估消化道微循环的变化上缺乏准确性和客观性。Roh^[12]等学者的研究成果表明, 在胃癌根治术中运用 ICG 显像系统对消化道血供进行评估具有重要的指导价值, 可有效预防因血供不足引发的并发症。本研究中, 两组患者在术后并发症发生率上的差异无统计学 ($P > 0.05$)。本研究与报道的不一致性可能与样本量较小、设备差异等方面有关。此外, 本研究中两组患者在手术时长、术中出血量、首次排气时间、首次下床时间、术后住院时长上的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。综上所述, ICG 荧光显像系统应用于腹腔镜胃癌根治术患者, 对手术质量及患者术后快速康复并无负面影响。李明^[13]、祁旺^[14]等学者的研究也证实了 ICG 荧光显像技术是安全且值得信赖的。

综上所述, 腹腔镜胃癌根治术应用 ICG 荧光显像技术, 对手术质量及患者术后快速康复并无不良影响, 可显著增加淋巴结清扫数量, 对改善患者的长期预后具有积极意义, 具有巨大的临床应用潜力。

参考文献:

[1]Bray F, Laversanne M, Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Soerjomataram I, Jemal A. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin.* 2024

May-Jun;74(3):229–263.

[2]余佩武, 罗华星. 腹腔镜胃癌根治术: 未来治疗胃癌的标准手术[J]. 第三军医大学学报, 2013, 35(18): 1889–1892.

[3]Son T, Hyung WJ, Lee JH, et al. Clinical implication of an insufficient number of examined lymph nodes after curative resection for gastric cancer[J]. *Cancer*, 2012, 118(19): 4687–4693.

[4]Desmetre T, Devoisselle JM, Mordon S. Fluorescence properties and metabolic features of indocyanine green (ICG) as related to angiography[J]. *Surv Ophthalmol*, 2000, 45(1): 15–27.

[5]Zehetner J, Demeester SR, Alicuben ET, et al. Intraoperative assessment of perfusion of the gastric graft and correlation with anastomotic leaks after esophagectomy[J]. *Ann Surg*, 2015, 262(1): 74–78.

[6]Li Z, Bai B, Xie F, et al. Distal versus total gastrectomy for middle and lower-third gastric cancer: A systematic review and meta-analysis[J]. *Int J Surg*, 2018(53): 163–170.

[7]Zhao B, Zhang J, Chen X, et al. The retrieval of at least 25 lymph nodes should be essential for advanced gastric cancer patients with lymph node metastasis: A retrospective analysis of single-institution database study design: Cohort study[J]. *Int J Surg*, 2017, 48: 291–299. *JAMA Surg*, 2019, 154(2): 150–158.

[8]Goh PM, Khan AZ, So JB, et al. Early experience with laparoscopic radical gastrectomy for advanced gastric cancer[J]. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*, 2001, 11(2): 83–7.

[9]Ushimaru Y, Omori T, Fujiwara Y, et al. The Feasibility and Safety of Preoperative Fluorescence Marking with Indocyanine Green (ICG) in Laparoscopic Gastrectomy for Gastric Cancer[J]. *J Gastrointest Surg*, 2019, 23(3): 468–476.

[10]Herrera-Almario G, Patane M, Sarkaria I, et al. Initial report of near-infrared fluorescence imaging as an intraoperative adjunct for lymph node harvesting during robot-assisted laparoscopic gastrectomy[J]. *J Surg Oncol*, 2016, 113(7): 768–770.

[11]Protyniak B, Dinallo AM, Boyan WP Jr, et al. Intraoperative indocyanine green fluorescence angiography—an objective evaluation of anastomotic perfusion in colorectal surgery[J]. *Am Surg*, 2015, 81(6): 580–584.

[12]Roh C K, Choi S, Seo W J, et al. Indocyanine green

fluorescence lymphography during gastrectomy after initial endoscopic submucosal dissection for early gastric cancer[J]. Br J Surg, 2020, 107(6): 712-719.

[13] 李明, 彭银杰, 刘磊, 等. 吲哚菁绿荧光腹腔镜技术在直肠癌手术中的应用价值分析[J]. 临床肿瘤学杂志, 2024, 29(5): 494-498.

[14] 祁旺, 张同领. 吲哚菁绿荧光显像技术在胃癌全胃切除术中评估食管空肠吻合口血供的应用价值[J]. 中国现代普通外科进展, 2024, 27(9): 724-727.

作者简介: 李苏明 (1999-), 男, 汉族, 硕士研究生学历, 普外科临床疾病。通讯作者: 刘省存 (1969-), 男, 汉族, 硕士研究生学历, 胃肠肿瘤。