



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.250022  
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.250022  
China Journal of General Surgery, 2025, 34(6):1228-1237.

· 临床研究 ·

## 吲哚菁绿荧光导航在腹腔镜胃癌根治术中应用价值

吕陈彬<sup>1</sup>, 童林燕<sup>2</sup>, 孙玉钦<sup>1</sup>, 曾伟明<sup>1</sup>, 陈秋贤<sup>1</sup>, 陆俊<sup>3</sup>, 蔡丽生<sup>1</sup>

(福建医科大学附属漳州市医院 1. 胃外科 2. 超声医学科, 福建漳州 363000; 3. 复旦大学附属肿瘤医院 胃外二科, 上海 200032)

### 摘要

**背景与目的:** 腹腔镜胃癌根治术中淋巴结清扫的彻底性直接影响术后患者预后。吲哚菁绿 (ICG) 荧光导航技术作为新兴辅助手段, 能实时显影淋巴引流路径, 辅助提高手术精准性。本文探讨 ICG 荧光导航在腹腔镜胃癌 D<sub>2</sub> 根治术中对淋巴结清扫、阳性淋巴结识别及患者预后的影响。

**方法:** 回顾性分析 2021 年 1 月—2022 年 12 月于福建医科大学附属漳州市医院行腹腔镜胃癌根治术的 168 例患者资料, 其中 51 例接受 ICG 导航手术 (ICG 组), 117 例为常规手术 (非 ICG 组)。比较两组在围手术期指标、淋巴结清扫情况、阳性淋巴结检出能力及术后生存情况等方面的差异。

**结果:** 两组患者的基线临床病理资料及手术时间、术中出血量、术后恢复情况、外科并发症发生率差异均无统计学意义 (均  $P>0.05$ )。ICG 组平均清扫淋巴结数明显多于非 ICG 组 (48.62 枚 vs. 37.20 枚,  $P<0.001$ ), 清扫  $\geq 30$  枚的比例也更高 (92.16% vs. 69.23%,  $P=0.001$ )。分层分析显示, ICG 组在 D<sub>2</sub> 站、胰腺上区域 (第 7、8、9、11 组)、全胃切除、T<sub>3-4</sub> 期、III 期等患者中淋巴结清扫数明显增多 (均  $P<0.01$ )。ICG 组中显影淋巴结的检出数和阳性数均明显高于非显影淋巴结 (30.31 枚 vs. 17.36 枚; 2.03 枚 vs. 0.94 枚, 均  $P<0.05$ )。ICG 荧光成像对阳性淋巴结的诊断敏感度为 68.4%, 非显影淋巴结的阴性预测值为 94.6%。两组在术后辅助治疗情况相似, 总生存率 ( $HR=0.737$ ,  $P=0.471$ ) 和无病生存率 ( $HR=0.502$ ,  $P=0.089$ ) 无明显差异。

**结论:** ICG 导航在腹腔镜胃癌根治术中具有良好的安全性, 显著提高胰腺上区域、全胃切除及较晚期胃癌患者的淋巴结清扫数量, 增强阳性淋巴结识别能力, 但短期内尚未观察到生存获益。该技术有望进一步优化术中导航策略, 提升手术质量, 且需开展长期随访及多中心研究加以验证。

### 关键词

胃肿瘤; 吲哚菁绿; 腹腔镜外科手术; 淋巴结清扫术; 预后  
中图分类号: R735.2

## Clinical value of indocyanine green fluorescence navigation in laparoscopic radical gastrectomy for gastric cancer

LU Chenbin<sup>1</sup>, TONG Linyan<sup>2</sup>, SUN Yuqin<sup>1</sup>, ZENG Weiming<sup>1</sup>, CHEN Qiuxian<sup>1</sup>, LU Jun<sup>3</sup>, CAI Lisheng<sup>1</sup>

(1. Department of Gastric Surgery 2. Department of Ultrasound Diagnosis, Zhangzhou Affiliated Hospital of Fujian Medical University, Zhangzhou, Fujian 363000, China; 3. The Second Department of Gastric Surgery, Fudan University Shanghai Cancer Center, Shanghai 200032, China)

**基金项目:** 福建医科大学附属漳州市医院博士工作室攀登课题基金资助项目 (PDB202109)。

**收稿日期:** 2025-01-09; **修订日期:** 2025-03-14。

**作者简介:** 吕陈彬, 福建医科大学附属漳州市医院主治医师, 主要从事胃癌综合治疗方面的研究。

**通信作者:** 蔡丽生, Email: cailishengcls@163.com; 陆俊, Email: lujun@fudan.edu.cn

**Abstract**

**Background and Aims:** The completeness of lymph node dissection in laparoscopic radical gastrectomy for gastric cancer directly affects postoperative patient prognosis. Indocyanine green (ICG) fluorescence-guided navigation, as an emerging auxiliary technique, enables real-time visualization of lymphatic drainage pathways and enhances surgical precision. This study was performed to evaluate the impact of ICG fluorescence navigation on lymph node dissection, positive lymph node detection, and patient prognosis during laparoscopic D<sub>2</sub> radical gastrectomy for gastric cancer.

**Methods:** The clinical data of 168 patients who underwent laparoscopic radical gastrectomy at Zhangzhou Affiliated Hospital of Fujian Medical University from January 2021 to December 2022 were retrospectively analyzed. Among them, 51 patients received ICG-guided surgery (ICG group), and 117 underwent conventional surgery (non-ICG group). Perioperative variables, extent of lymph node dissection, positive lymph node detection efficiency, and postoperative survival outcomes were compared between the two groups.

**Results:** There were no statistically significant differences between the two groups in baseline clinicopathologic characteristics, as well as operative time, intraoperative blood loss, postoperative recovery, and incidence of surgical complications (all  $P>0.05$ ). The ICG group had a significantly higher mean number of lymph nodes dissected than the non-ICG group (48.62 vs. 37.20,  $P<0.001$ ), with a greater proportion of patients achieving  $\geq 30$  nodes dissected (92.16% vs. 69.23%,  $P=0.001$ ). Stratified analysis showed a significantly higher number of dissected lymph nodes in the ICG group at D<sub>2</sub> stations, the supra-pancreatic region (stations 7, 8, 9, 11), in total gastrectomy, T3–4 stage, and stage III patients (all  $P<0.01$ ). In the ICG group, the number and positivity rate of fluorescent lymph nodes were significantly higher than those of non-fluorescent nodes (30.31 vs. 17.36; 2.03 vs. 0.94, both  $P<0.05$ ). The diagnostic sensitivity of ICG fluorescence imaging for positive lymph nodes was 68.4%, with a negative predictive value of 94.6% for non-fluorescent nodes. No significant differences were observed between the two groups in terms of adjuvant therapy, overall survival ( $HR=0.737$ ,  $P=0.471$ ), or disease-free survival ( $HR=0.502$ ,  $P=0.089$ ).

**Conclusion:** ICG-guided navigation in laparoscopic radical gastrectomy for gastric cancer is safe and significantly improves lymph node yield, particularly in the supra-pancreatic region, total gastrectomy, and advanced-stage patients. It also enhances positive node detection. However, no survival benefit has been observed in the short term. Further multicenter studies with long-term follow-up are warranted to confirm its clinical value and optimize intraoperative navigation strategies.

**Key words**

Stomach Neoplasms; Indocyanine Green; Laparoscopic Surgical Procedures; Lymph Node Dissection; Prognosis

**CLC number:** R735.2

胃癌是全球范围内常见的恶性肿瘤之一，其发病率和病死率一直居高不下<sup>[1]</sup>。手术治疗是胃癌综合治疗中的重要环节，而腹腔镜胃癌根治术以其创伤小、恢复快等优势，在临床上得到了广泛的应用<sup>[2-3]</sup>。然而，传统腹腔镜手术存在视觉景深缺失和触觉反馈受限的固有缺陷，导致淋巴结清扫完整性面临挑战。如何在手术中更精准地进行淋巴结清扫，提高治疗效果，一直是外科医生关注的焦点。随着精准医疗的理念和手术技术的不断

进步，吲哚菁绿（indocyanine green, ICG）近红外成像示踪技术逐渐应用于腹腔镜手术中，并证实其具有良好的安全性及应用前景<sup>[4-6]</sup>。此前，已有一些研究报道 ICG 示踪技术在腹腔镜胃癌根治术中能够实时显示淋巴引流和淋巴结的位置，为外科医生提供更直观的导航信息，清扫更多的淋巴结<sup>[7-8]</sup>，但具体哪些淋巴结区域或者哪些群体更加受益仍存在一定的争议<sup>[9]</sup>。同时，多数研究局限于术中指标，缺乏生存数据。鉴于此，本研究通过

对 ICG 在腹腔镜胃癌根治术中淋巴结清扫、诊断效能和预后等方面效果进行分析, 为 ICG 导航技术在腹腔镜胃癌根治术中的应用提供有价值的临床参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

回顾性收集 2021 年 1 月—2022 年 12 月于福建医科大学附属漳州市医院胃外科行腹腔镜胃癌根治术 168 例患者的临床病理资料。其中 51 例接受 ICG 导航手术 (ICG 组), 117 例为常规手术 (非 ICG 组)。纳入标准: (1) 年龄 16~80 岁; (2) 术前临床分期为 cT2~4a, N-/+, M0; (3) 行 D<sub>2</sub> 淋巴结清扫术; (4) 术后病理学诊断为胃腺癌。排除标准: (1) 存在远处转移; (2) 胃手术史 (包括针对胃癌的内镜治疗); (3) 5 年内伴有其他恶性肿瘤者; (4) 有既往新辅助化疗或放疗史者; (5) 联合脏器手术或者切缘阳性; (6) 皮革胃; (7) 临床病理资料缺失。纳入的所有病例手术均由同一组外科医生完成, 由具有超过 300 例的腹腔镜胃癌手术的经验并已熟练掌握 ICG 近红外荧光成像的高年资医生担任主刀医生。本研究通过福建医科大学附属漳州市医院医学伦理委员会审批 (批号: 2024LWB425), 免除知

情同意。

### 1.2 手术方法

ICG 组患者术中以 ICG 作为示踪剂, 采用《吲哚菁绿近红外光成像技术在腹腔镜胃癌根治术中应用中国专家共识 (2023 版)》<sup>[10]</sup> 推荐的浆膜下六点注射方法及模式, 不论是远端或全胃切除, 胃小弯三个注射点均为胃右动脉第一分支、胃角和胃左动脉第一、二胃壁动脉分支间; 远端胃切除中胃大弯三个注射点为胃网膜右动脉第一胃支、胃网膜左动脉第一胃支和前两个注射点的中间处; 全胃切除中胃大弯三个注射点为胃网膜右动脉第一胃支、胃网膜左动脉第一胃支和胃底体交界处。每个点浆膜下层注射 1.5 mL ICG (25 mg/支, 用灭菌注射用水稀释成 0.5 mg/mL), 对淋巴结示踪进行显影 (图 1A)。术中切换荧光模式导航进 D<sub>2</sub> 淋巴结清扫 (图 1B-C), 必要时清扫脾门淋巴结。非 ICG 组患者术中未使用 ICG, 依照指南<sup>[11]</sup> 推荐常规行腹腔镜胃癌根治术。为实现精确的肿瘤 N 分期, 病理送检前, 由本组手术医师根据各组淋巴结位置进行淋巴结分拣送。其中 ICG 组的标本离体后, 在 ICG 系统产品荧光照射下, 采集各组显示荧光的淋巴结和未显示荧光的淋巴结分装后, 用 10% 福尔马林溶液固定, 送检病理。

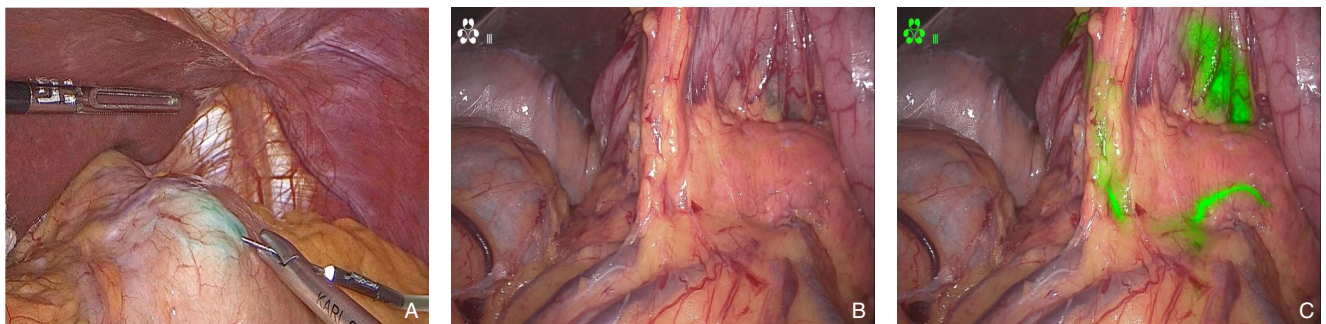


图1 ICG注射及显影 A: ICG浆膜下注射; B: 白光模式; C: 荧光模式

Figure 1 ICG injection and imaging A: Subserosal injection of ICG; B: White light mode; C: Fluorescence mode

### 1.3 观察指标及相关定义

患者一般资料, 包括年龄、性别、体质量指数 (body mass index, BMI)、术前影像学指标 (肿瘤直径、肿瘤位置、肿瘤浸润深度及淋巴结转移情况)。术中情况: 手术时间、术中出血量和胃切除范围。术后情况, 包括术后恢复指标 (首次下床时间、首次进食时间、首次排气时间和术后住院时间)、术后病理学指标 (肿瘤分化、Lauren 分

型、神经侵犯、脉管浸润、肿瘤浸润深度、各组淋巴结清扫数目、转移情况和病理学分期)、术后外科并发症发生情况、术后治疗及随访资料。

相关指标定义: 术中出血量, 通过吸引器和纱布称重法进行估算; 术后首次下床时间, 以患者首次自主下床站立并行走至少 5 m 为准; 首次排气时间, 根据患者自述及医护人员听诊确认; 首次进食时间, 以患者首次经口摄入食物的时间记

录;术后住院时间,从手术结束至患者办理出院手续的时间。术后外科并发症主要指术后出现的外科系统相关并发症,主要包括切口感染、消化道瘘、术后出血、腹腔感染及消化道梗阻等<sup>[12]</sup>;记录的术后并发症为术后1个月内的数据,依据Clavien-Dindo并发症分级系统,至少为II级<sup>[13]</sup>。总生存期定义为从手术日期至因任何原因导致死亡的时间;无病生存期定义为从手术日期至肿瘤复发或死亡的时间。

1.4 统计学处理

采用SPSS 27.0软件进行数据分析。计量资料若符合正态分布,以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,组间比较采用独立样本t检验;若不符合正态分布,组间比较采用非参数检验。计数资料以例数

(百分比)[ $n(\%)$ ]表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验或Fisher确切概率法检验。生存率采用Kaplan-Meier法绘制生存曲线,并进行Log-rank检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者的一般资料

两组患者在年龄、性别、BMI、肿瘤部位、切除范围、分化程度、肿瘤大小、Lauren分型、神经侵犯、脉管浸润、临床分期、pT分期、pN分期、pTNM分期及术后辅助治疗等方面的差异无统计学意义(均 $P > 0.05$ )(表1)。

表1 ICG组和非ICG组患者的临床病理资料对比[n(%)]

Table 1 Comparison of clinicopathologic characteristics between the ICG group and non-ICG group [n(%)]

资料	非ICG组 (n=117)	ICG组 (n=51)	$\chi^2$	P	资料	非ICG组 (n=117)	ICG组 (n=51)	$\chi^2$	P
性别					侵犯神经				
女	32(27.35)	17(33.33)	0.62	0.433	否	28(23.93)	11(21.57)	0.11	0.739
男	85(72.65)	34(66.67)			是	89(76.07)	40(78.43)		
年龄(岁)					cT分期				
<60	31(26.50)	19(37.25)	1.97	0.161	2	26(22.22)	11(21.57)	0.01	0.993
≥60	86(73.50)	32(62.75)			3	37(31.62)	16(31.37)		
BMI(kg/m <sup>2</sup> )					4	54(46.16)	24(47.06)		
<25	101(86.32)	41(80.39)	0.96	0.328	cN分期				
≥25	16(13.68)	10(19.61)			N0	41(35.04)	21(41.18)	0.57	0.449
肿瘤大小(mm)					N+	76(64.96)	30(58.82)		
<40	47(40.17)	25(49.02)	1.14	0.287	pT分期				
≥40	70(59.83)	26(50.98)			T1	13(11.11)	7(13.73)	0.60	0.897
肿瘤部位					T2	21(17.95)	7(13.73)		
上部	45(38.46)	20(39.22)			T3	29(24.79)	13(25.49)		
中部	35(29.92)	15(29.41)	0.01	0.996	T4	54(46.15)	24(47.05)		
下部	37(31.62)	16(31.37)							
切除范围					pN分期				
远端	40(34.19)	16(31.37)	0.13	0.722	N0	40(34.19)	19(37.25)	2.11	0.549
全胃	77(65.81)	35(68.63)			N1	23(19.66)	11(21.57)		
分化程度					N2	30(25.64)	8(15.69)		
高	1(0.85)	0(0.00)			N3	24(20.51)	13(25.49)		
中	45(38.46)	17(33.33)	0.89	0.640	pTNM分期				
低	71(60.69)	34(66.67)			I	25(21.37)	11(21.57)	0.14	0.932
Lauren分型					II	33(28.20)	13(25.49)		
肠型	53(45.30)	22(43.14)			III	59(50.43)	27(52.94)		
弥漫型	31(26.50)	15(29.41)	0.15	0.926	术后化疗周期数(个)				
混合型	33(28.20)	14(27.45)			0	24(20.51)	9(17.65)	0.34	0.843
侵犯脉管					1~3	32(27.35)	13(25.49)		
否	33(28.21)	16(31.37)			≥4	61(52.14)	29(56.86)		
是	84(71.79)	35(68.63)	0.17	0.678					

## 2.2 两组患者的围手术期情况

ICG组与非ICG组在手术时间、术中出血量、术后首次下床时间、首次排气时间、首次进食时间、术后住院时间等方面差异均无统计学意义(均 $P>0.05$ )。非ICG组术后总并发症发生率为20.51%(24/117), ICG组为17.65%(9/51), 差异无统计学意义( $P=0.667$ ); 两组患者各类术后并发症发生率差异均无统计学意义(均 $P>0.05$ ) (表2)。

## 2.3 两组患者的淋巴结清扫情况

ICG组平均清扫淋巴结数目明显多于非ICG组(48.62枚 vs. 37.20枚,  $P<0.001$ ), 而两组平均淋巴结转移数目差异无统计学意义(3.95枚 vs. 4.53枚,  $P=0.632$ ); ICG组患者淋巴结清扫数目 $\geq 30$ 枚的比例明显高于非ICG组(92.16% vs. 69.23%,  $P=0.001$ ), 而两组淋巴结清扫数目 $\geq 16$ 枚的患者比例相当。分层分析显示, ICG组的淋巴结清扫数目无论在D<sub>1</sub>站淋巴结、D<sub>2</sub>站淋巴结、全胃切除、远端胃切除、不同分期胃癌中均明显多于非ICG组(均 $P<0.05$ ), 尤其在D<sub>2</sub>站淋巴结、全胃切除、淋巴结阳性、浸润浆膜层及III期患者中显著增多( $P<0.001$ ) (表3)。

此外, 相较于非ICG组, ICG组在胰腺上区域(第7、8、9、11组)和第4组淋巴结中检出的淋

巴结明显增多(均 $P<0.05$ ); 其中, 全胃切除术在第4、8、9、11组清扫更多淋巴结, 而远端胃切除术在第6、7、9组为甚(图2)。

表2 ICG组和非ICG组患者的围手术期情况比较  
Table 2 Comparison of perioperative variables between the ICG group and non-ICG group

项目	非ICG组 (n=117)	ICG组 (n=51)	$t/\chi^2$	P
手术时间(min, $\bar{x} \pm s$ )	215.40±36.40	226.04±27.80	-1.86	0.064
术中出血(mL, $\bar{x} \pm s$ )	65.30±50.47	57.89±11.60	1.03	0.303
首次下床时间(d, $\bar{x} \pm s$ )	1.49±0.57	1.53±0.67	0.42	0.676
首次排气时间(d, $\bar{x} \pm s$ )	2.74±0.86	2.92±0.98	1.18	0.239
首次流食时间(d, $\bar{x} \pm s$ )	4.70±0.81	4.49±0.58	1.67	0.096
首次半流食时间(d, $\bar{x} \pm s$ )	6.44±1.38	6.20±0.57	1.65	0.100
术后住院时间(d, $\bar{x} \pm s$ )	8.38±1.31	8.18±0.52	1.48	0.141
术后外科并发症[n(%)]	24(20.51)	9(17.65)	0.18	0.667
切口感染	3(2.56)	1(1.96)	0.06	0.814
淋巴漏	4(3.42)	1(1.96)	0.26	0.609
吻合口漏	2(1.71)	1(1.96)	0.01	0.910
胃瘫	1(0.85)	0(0.00)	0.44	0.508
吻合口出血	2(1.71)	1(1.96)	0.01	0.910
肠梗阻	3(2.56)	1(1.96)	0.06	0.814
腹腔出血	4(3.42)	2(3.92)	0.03	0.872
十二指肠残端漏	1(0.85)	0(0.00)	0.44	0.508
腹腔感染	4(3.42)	2(3.92)	0.03	0.872

表3 ICG组和非ICG组患者的淋巴结清扫情况对比

Table 3 Comparison of the number of lymph node dissection between the ICG group and non-ICG group

项目	非ICG组(n=117)	ICG组(n=51)	$t/\chi^2$	P
总淋巴结清扫数(枚, $\bar{x} \pm s$ )	37.20±12.49	48.62±16.74	-6.34	<0.001
总淋巴结转移数(枚, $\bar{x} \pm s$ )	4.53±6.18	3.95±7.55	0.48	0.632
淋巴结清扫数 $\geq 16$ 枚[n(%)]	115(98.29)	50(98.04)	—	1.000
淋巴结清扫数 $\geq 30$ 枚[n(%)]	81(69.23)	47(92.16)	10.29	0.001
分站淋巴结清扫数(枚, $\bar{x} \pm s$ )				
D <sub>1</sub>	29.72±10.75	35.19±14.57	-2.13	0.039
D <sub>2</sub>	7.44±5.21	13.51±5.78	-6.11	<0.001
不同切除范围淋巴结清扫数(枚, $\bar{x} \pm s$ )				
远端胃	34.52±11.05	43.70±14.31	-2.26	0.028
全胃	38.65±13.05	50.44±17.45	-3.76	<0.001
不同pT分期淋巴结清扫数(枚, $\bar{x} \pm s$ )				
T1~2	31.03±9.95	47.69±22.21	-2.61	0.021
T3~4	39.45±12.61	49.12±13.44	-3.32	0.001
不同pN分期淋巴结清扫数(枚, $\bar{x} \pm s$ )				
N0	34.38±11.73	45.36±17.14	-2.73	0.009
N+	38.67±12.69	50.61±16.56	-3.74	<0.001
不同pTNM分期淋巴结清扫数(枚, $\bar{x} \pm s$ )				
I	30.31±9.37	41.50±14.84	-2.70	0.011
II	37.43±11.54	55.11±22.42	-2.29	0.047
III	39.71±13.18	49.33±13.58	-2.74	0.008

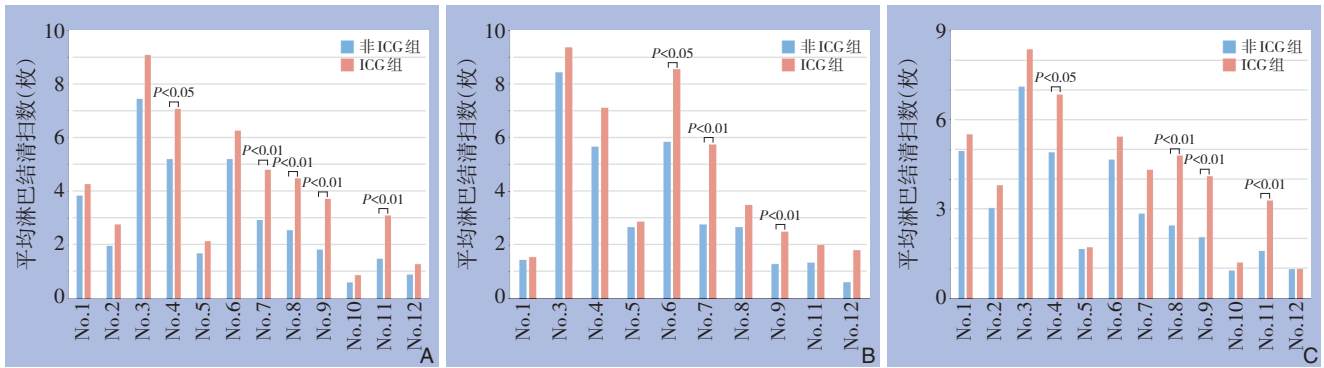


图2 ICG组和非ICG组平均淋巴结清扫数目比较 A: 全组患者; B: 远端胃切除患者; C: 全胃切除患者

Figure 2 Comparison of mean number of dissected lymph nodes between the ICG group and non-ICG group A: All patients; B: Patients undergoing distal gastrectomy; C: Patients undergoing total gastrectomy

### 2.4 ICG组显影淋巴结与非显影淋巴结情况对比及诊断效能评估

ICG组中显影淋巴结检出数明显多于非显影淋巴结检出数 (30.31枚 vs. 17.36枚,  $P<0.001$ ), 在第3、4、6、7、8、12组更为明显 ( $P<0.05$ ); 显影淋巴

结的阳性数目亦多于非显影淋巴结 (2.03枚 vs. 0.94枚,  $P=0.043$ ), 其中在第4、8、10、12组的非显影淋巴结未见转移 (图3)。ICG荧光成像对阳性淋巴结的诊断敏感度和特异度分别为64.4%和36.7%, 非显影淋巴结的阴性预测值为94.6% (表4)。

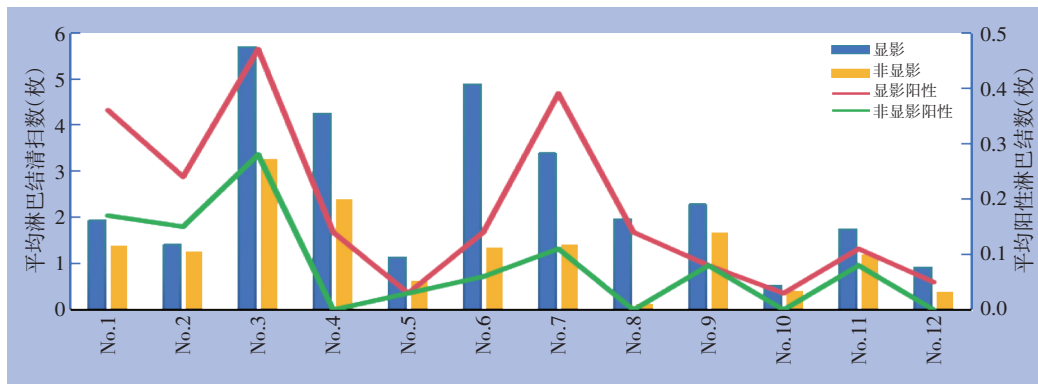


图3 ICG组中各组显影和非显影淋巴结检出数目和阳性情况对比

Figure 3 Comparison of the number and positivity of fluorescent and non-fluorescent lymph nodes in each station of the ICG Group

表4 ICG显影对淋巴结转移的效能评估

Table 4 Evaluation of the diagnostic performance of ICG fluorescence in detecting lymph node metastasis

项目	数值
敏感度	68.4% (29/152)
假阴性率	31.6% (16/152)
特异度	36.7% (837/2 279)
假阳性率	63.3% (1 142/2 279)
阳性预测值	6.7% (104/1 546)
阴性预测值	94.6% (837/885)

### 2.5 两组患者术后生存情况

全组患者末次随访时间至2024年6月30日, 中位随访时间为30 (18~41)个月, 两组患者在总生存率 ( $HR=0.737$ ,  $95\% CI=0.319\sim1.703$ ,  $P=0.471$ ) 和无病生存率 ( $HR=0.502$ ,  $95\% CI=0.222\sim1.132$ ,  $P=0.089$ ) 差异均无统计学意义 (图4)。

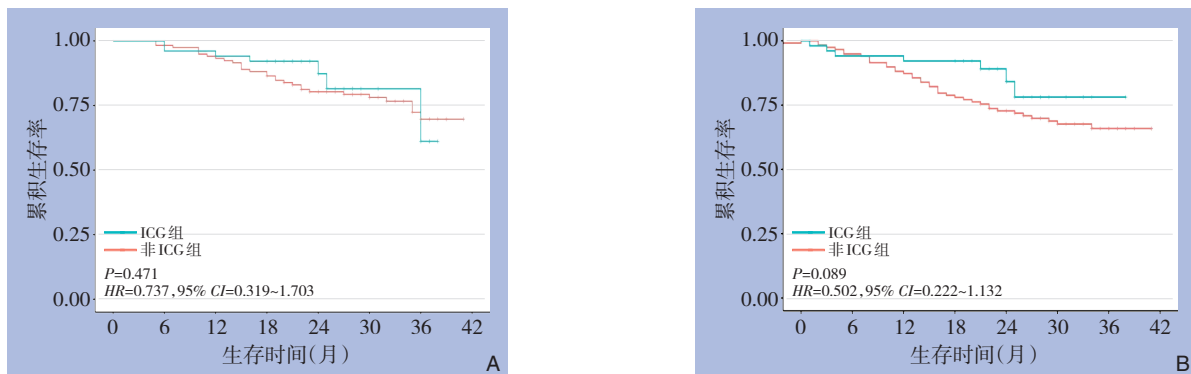


图4 两组患者预后情况比较 A: 总生存率; B: 无病生存率

Figure 4 Comparison of prognosis of patients in the ICG group and non-ICG group A: Overall survival rate; B: Disease-free survival rate

### 3 讨论

#### 3.1 ICG 导航具有良好的安全性

近年来, 精准医疗的理念在肿瘤治疗中日益深入人心<sup>[14]</sup>。为能更精准、高效地进行淋巴结清扫, ICG 近红外成像在腹腔镜胃癌根治术的应用越来越广泛。因 ICG 安全无毒、过敏反应极少, 多数研究均提示 ICG 导航安全、可行, 具有跟常规腹腔镜手术相当的短期疗效, 不会增加术后并发症发生率<sup>[15-17]</sup>。在本研究中, ICG 组的手术时间、术中出血量、术后恢复及术后外科并发症同非 ICG 组相比均无明显差异。

#### 3.2 ICG 导航显著提高淋巴结清扫效能, 解剖特异性优势明确

一项纳入 13 项研究 2 027 例胃癌患者的 Meta 分析<sup>[18]</sup>显示, ICG 组清扫淋巴结数目明显多于非 ICG 组 ( $P < 0.001$ )。Chen 等<sup>[19]</sup>开展的 FUGES-012 前瞻性研究纳入 258 例胃癌患者, 结果亦显示 ICG 组对比非 ICG 组可清扫更多淋巴结 (50.5 枚 vs. 42.0 枚,  $P < 0.01$ )。本研究中 ICG 组清扫的淋巴结数目为 48.62 枚, 亦显著多于非 ICG 组的 37.20 枚 ( $P < 0.001$ )。而 Lan 等<sup>[20]</sup>的研究中 ICG 组并未能提高总淋巴结检出数目, 这可能与不同研究中 ICG 注射方式、浓度存在差异等相关。此外, 准确的 N 分期评估需至少检出 16 枚淋巴结, 而检出  $\geq 30$  枚最佳<sup>[21]</sup>。在本研究中, 两组患者在淋巴结清扫数目达到 16 枚的比例相当, 而 ICG 组中清扫淋巴结  $\geq 30$  枚的患者比例明显高于非 ICG 组, 提示 ICG 有助于发现遗漏的淋巴结, 提高淋巴结检出率。

本研究分层分析显示, ICG 组在 D<sub>2</sub> 站淋巴结

和全胃切除的患者中淋巴结清扫数目优势显著 ( $P < 0.01$ ), 这与一项纳入 702 例患者的回顾性研究<sup>[8]</sup>和 FUGES-012 研究中的多数结果一致<sup>[19]</sup>。Kwon 等<sup>[22]</sup>发现 ICG 组在第 2、6、7、8、9 组淋巴结的清扫数量明显多于非 ICG 组; 田艳涛等<sup>[23]</sup>认为 ICG 组在第 4sb、6、7、8、9、11p 组淋巴结清扫中更具优势; 本研究亦发现尤其在胰腺上区域 (第 7、8、9、11 组) ICG 组检出的淋巴结明显增多; 这可能与胰腺上缘区域解剖复杂、淋巴血管脂肪组织多, 且部分与胰腺界限不清, 此时 ICG 的显影可以起到有效的指引作用, 提高清扫的精确度。

#### 3.3 ICG 导航提高阳性淋巴结诊断效能

本研究结合术后病理结果对 ICG 组中显影和非显影淋巴结进行对比分析发现显影的淋巴结数目明显高于非显影淋巴结, 且显影阳性淋巴结数也多于非显影者, 但 ICG 显影对阳性淋巴结的诊断敏感度为 64.4%, 与文献<sup>[24-25]</sup>报道的 52.6%~95.3% 大致相当。这说明显影淋巴结接受来自肿瘤周围组织的淋巴回流, 但不一定存在癌转移。同时本研究中非显影淋巴结的阴性预测值为 94.6%, 但仍存在 31.6% 的假阴性率, 与此前一些研究的 25%~46% 亦相当<sup>[26-27]</sup>。这也表明一些转移性的淋巴结的淋巴管回流通路被癌细胞完全阻塞, 而未发生 ICG 回流。随着 ICG 成像技术不断优化和发展, 相信该技术对阳性淋巴结清扫的精确度将会不断提高。

#### 3.4 ICG 导航在生存获益方面的争议

有研究<sup>[28]</sup>表明, 更彻底的淋巴结清扫在长期随访中能够显著改善患者的预后, 但目前关于 ICG 导航胃癌根治术的远期生存疗效的报道较少。Chen 等<sup>[29]</sup>的单中心前瞻性临床研究显示与非 ICG 组

相比, ICG 导航腹腔镜胃癌根治术能够显著提高 ICG 组患者 3 年生存率 (86.0% vs. 73.6%,  $P=0.015$ ), 和 3 年无病生存率 (81.4% vs. 68.2%,  $P=0.012$ )。国内另一项针对 ICG 导航腹腔镜根治性全胃切除术的回顾性研究<sup>[30]</sup>亦提示 ICG 组患者的 2 年生存率 (88.4% vs. 74.4%,  $P=0.048$ ) 及无病生存率 (86.0% vs. 69.8%,  $P=0.045$ ) 均显著高于非 ICG 组。而西班牙的一项回顾性研究<sup>[31]</sup>通过倾向评分匹配分析发现, ICG 组与非 ICG 组患者的 2 年生存率和无病生存率差异均无统计学意义。本研究中两组患者在生存率 ( $HR=0.737$ ,  $P=0.471$ ) 和无病生存率 ( $HR=0.502$ ,  $P=0.089$ ) 亦相当。造成这种研究结果差异的原因可能在于患者群体的不同、手术操作的差异 (外科医生的经验、手术技巧以及对 ICG 导航的应用熟练程度)、随访时间和方法的差异等, 更长时间和更严格的随访可能会发现更显著的生存差异。

### 3.5 本研究局限与展望

本研究存在一些局限性。首先, 这是一项单中心的回顾性研究, 样本量相对较小, 可能导致研究结果的偏倚。其次, 随访时间相对较短, 对于生存率等长期疗效指标的评估可能不够准确, 更长时间的随访可能揭示出更显著的生存差异。未来需要开展多中心、大样本量的前瞻性研究, 并延长随访时间, 同时结合更全面的评估指标, 进一步明确 ICG 导航腹腔镜胃癌根治术的长期疗效和综合价值, 不断优化手术方案和治疗策略, 为胃癌患者带来更好的预后。

作者贡献声明: 吕陈彬负责采集数据、分析解释数据、撰写文章和统计分析; 童林燕负责和孙玉钦采集数据、病例随访、起草文章和统计分析; 曾伟明和陈秋贤负责采集数据和研究实施; 陆俊和蔡丽生负责对文章的知识性内容作批评性审阅、指导和支持性贡献。

利益冲突: 所有作者均声明不存在利益冲突。

### 参考文献

[1] 邱海波, 曹素梅, 徐瑞华. 基于 2020 年全球流行病学数据分析中国癌症发病率、死亡率和负担的时间趋势及与美国和英国数据的比较[J]. 癌症, 2022, 41(4):165-177. doi:10.1002/cac2.12197.  
Qiu HB, Cao SM, Xu RH. Cancer incidence, mortality, and burden in China: a time-trend analysis and comparison with the United

States and United Kingdom based on the global epidemiological data released in 2020[J]. Chinese Journal of Cancer, 2022, 41(4): 165-177. doi:10.1002/cac2.12197.

[2] 苟龙飞, 陈豪, 胡彦锋, 等. 2024 年韩国国际胃癌周(KINGCA WEEK 2024)研究热点与前沿动态报道[J]. 中国普通外科杂志, 2024, 33(10): 1705-1713. doi: 10.7659/j. issn. 1005-6947.2024.10.017.  
Gou LF, Chen H, Hu YF, et al. Highlights and cutting-edge advances from the 2024 Korean International Gastric Cancer Week (KINGCA WEEK 2024) [J]. China Journal of General Surgery, 2024, 33 (10): 1705-1713. doi: 10.7659/j. issn. 1005-6947.2024.10.017.

[3] Hu Y, Huang C, Sun Y, et al. Morbidity and mortality of laparoscopic versus open D<sub>2</sub> distal gastrectomy for advanced gastric cancer: a randomized controlled trial[J]. J Clin Oncol, 2016, 34(12):1350-1357. doi:10.1200/JCO.2015.63.7215.

[4] 陈姜, 王春荣, 曹家洪, 等. ICG 荧光导航联合 Laennec 膜入路在腹腔镜左半肝切除术的应用[J]. 中国普通外科杂志, 2025, 34(1): 88-95. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.240673.  
Chen J, Wang CR, Cao JH, et al. Application of ICG fluorescence navigation combined with the Laennec's capsule approach in laparoscopic left hepatectomy[J]. China Journal of General Surgery, 2025, 34(1):88-95. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.240673.

[5] 邓鸣, 胡桂, 李小荣, 等. 吲哚菁绿-近红外显像技术在腹腔镜结肠癌手术中的应用价值[J]. 中国普通外科杂志, 2022, 31(9): 1220-1228. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2022.09.011.  
Deng M, Hu G, Li XR, et al. Application value of indocyanine green combined with near-infrared imaging technique in laparoscopic colorectal cancer surgery[J]. China Journal of General Surgery, 2022, 31(9): 1220-1228. doi: 10.7659/j. issn. 1005-6947.2022.09.011.

[6] 黄洁, 许丁伟, 李新成, 等. 吲哚菁绿荧光显像技术在腹腔镜再次胆道手术中的应用[J]. 中国普通外科杂志, 2023, 32(8):1229-1236. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2023.08.011.  
Huang J, Xu DW, Li XC, et al. Application of indocyanine green fluorescence imaging in laparoscopic reoperation of the biliary tract[J]. China Journal of General Surgery, 2023, 32(8):1229-1236. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2023.08.011.

[7] 刘选文, 高峰, 朱甲明. 吲哚菁绿标记近红外荧光腹腔镜胃癌根治术的应用研究[J]. 腹腔镜外科杂志, 2024, 29(1):18-21. doi: 10.13499/j.cnki.fjwkzz.2024.01.018.  
Liu XW, Gao F, Zhu JM. Near infrared fluorescence-guided laparoscopic radical gastrectomy: new strategies for the use of indocyanine green[J]. Journal of Laparoscopic Surgery, 2024, 29(1): 18-21. doi:10.13499/j.cnki.fjwkzz.2024.01.018.

[8] 涂儒鸿, 林建贤, 郑朝辉, 等. 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价值[J]. 中华消化外科杂志, 2019, 18(5):466-471. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2019.05.012.
- Tu RH, Lin JX, Zheng ZH, et al. Application value of indocyanine green fluorescence imaging in lymphadenectomy of laparoscopic radical gastrectomy for gastric cancer[J]. Chinese Journal of Digestive Surgery, 2019, 18(5): 466-471. doi: 10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2019.05.012.
- [9] 张正伟, 陈晓宁, 孙世波. 吲哚菁绿标记荧光腹腔镜胃癌手术的进展与不足[J]. 腹腔镜外科杂志, 2021, 26(1): 77-80. doi: 10.13499/j.cnki.fjwkzz.2021.01.077.
- Zhang ZW, Chen XN, Sun SB. Progress and limitations of indocyanine green-labeled fluorescence laparoscopic surgery for gastric cancer[J]. Journal of Laparoscopic Surgery, 2021, 26(1):77-80. doi:10.13499/j.cnki.fjwkzz.2021.01.077.
- [10] 中华医学会外科学分会胃肠外科学组. 吲哚菁绿近红外光成像技术在腹腔镜胃癌根治术中应用中国专家共识(2023版)[J]. 中国实用外科杂志, 2023, 43(2): 128-135. doi: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2023.02.02.
- Chinese Society of Gastrointestinal Surgery, Chinese Society of Surgery, Chinese Medical Association. Chinese expert consensus on the application of indocyanine green near-infrared imaging in laparoscopic radical gastrectomy for gastric cancer(2023 edition)[J]. Chinese Journal of Practical Surgery, 2023, 43(2): 128-135. doi:10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2023.02.02.
- [11] Japanese Gastric Cancer Association. Japanese Gastric Cancer Treatment Guidelines 2021 (6th edition)[J]. Gastric Cancer, 2023, 26(1):1-25. doi:10.1007/s10120-022-01331-8.
- [12] Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey[J]. Ann Surg, 2004, 240(2): 205-213. doi:10.1097/01.sla.0000133083.54934.ae.
- [13] Jung MR, Park YK, Seon JW, et al. Definition and classification of complications of gastrectomy for gastric cancer based on the accordion severity grading system[J]. World J Surg, 2012, 36(10): 2400-2411. doi:10.1007/s00268-012-1693-y.
- [14] 宋堃, 林书萌, 刘合利. CSCO与NCCN最新胃癌诊疗指南浅读与比较[J]. 中国普通外科杂志, 2024, 33(12):1950-1957. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2024.12.002.
- Song K, Lin SM, Liu HL. The latest clinical practice guidelines for gastric cancer from CSCO and NCCN: a brief review and comparison[J]. China Journal of General Surgery, 2024, 33(12): 1950-1957. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.12.002.
- [15] Deng C, Zhang Z, Qi H, et al. Safety and efficacy of indocyanine green near-infrared fluorescent imaging-guided lymph nodes dissection during radical gastrectomy for gastric cancer: a systematic review and meta-analysis[J]. Front Oncol, 2022, 12: 917541. doi:10.3389/fonc.2022.917541.
- [16] Van Du N, Anh Tuan N, Ngoc Cuong L. Comparative study of ICG and non-ICG-guided laparoscopic gastrectomy for gastric cancer: a propensity score-matched analysis at a single center[J]. BMJ Surg Interv Health Technol, 2025, 7(1): e000313. doi: 10.1136/bmjst-2024-000313.
- [17] 马帅, 解亦斌, 曾红梅, 等. 吲哚菁绿在进展期胃癌腹腔镜手术中的安全性和有效性[J]. 中华肿瘤杂志, 2019, 41(12):904-908. doi: 10.3760/cma.j.issn.0253-3766.2019.12.005.
- Ma S, Xie YB, Zeng HM, et al. Feasibility and efficacy of indocyanine green used in laparoscopic gastrectomy for advanced gastric cancer patients[J]. Chinese Journal of Oncology, 2019, 41(12):904-908. doi:10.3760/cma.j.issn.0253-3766.2019.12.005.
- [18] Zhao J, Li K, Wang Z, et al. Efficacy and safety of indocyanine green tracer-guided lymph node dissection in minimally invasive radical gastrectomy for gastric cancer: a systematic review and meta-analysis[J]. Front Oncol, 2022, 12: 884011. doi: 10.3389/fonc.2022.884011.
- [19] 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. doi:10.1001/jamasurg.2019.6033.
- [20] Lan YT, Huang KH, Chen PH, et al. A pilot study of lymph node mapping with indocyanine green in robotic gastrectomy for gastric cancer[J]. SAGE Open Med, 2017, 5: 2050312117727444. doi: 10.1177/2050312117727444.
- [21] 中国抗癌协会胃癌专业委员会. 局部进展期胃癌规范化淋巴结清扫范围中国专家共识(2022版)[J]. 中华胃肠外科杂志, 2022, 25(4):277-283. doi:10.3760/cma.j.cn441530-20220322-00111.
- Chinese Anti Cancer Association Gastric Cancer Professional Committee. Chinese expert consensus on extent of standardized lymphadenectomy for locally advanced gastric cancer (2022 edition)[J]. Chinese Journal of Gastrointestinal Surgery, 2022, 25(4):277-283. doi:10.3760/cma.j.cn441530-20220322-00111.
- [22] Kwon IG, Son T, Kim HI, et al. Fluorescent lymphography-guided lymphadenectomy during robotic radical gastrectomy for gastric cancer[J]. JAMA Surg, 2019, 154(2): 150-158. doi: 10.1001/jamasurg.2018.4267.
- [23] 田艳涛, 马帅. 吲哚菁绿在腹腔镜进展期胃癌手术精准淋巴结清扫中的应用进展与争议[J]. 中华肿瘤杂志, 2019, 41(12):896-899. doi:10.3760/cma.j.issn.0253-3766.2019.12.003.
- Tian YT, Ma S. Progress and controversy of indocyanine green (ICG) used in laparoscopic navigation surgery for advanced gastric cancer[J]. Chinese Journal of Oncology, 2019, 41(12):896-899. doi: 10.3760/cma.j.issn.0253-3766.2019.12.003.

- [24] Cianchi F, Indennitate G, Paoli B, et al. The clinical value of fluorescent lymphography with indocyanine green during robotic surgery for gastric cancer: a matched cohort study[J]. *J Gastrointest Surg*, 2020, 24(10):2197–2203. doi:10.1007/s11605-019-04382-y.
- [25] Jung MK, Cho M, Roh CK, et al. Assessment of diagnostic value of fluorescent lymphography-guided lymphadenectomy for gastric cancer[J]. *Gastric Cancer*, 2021, 24(2): 515–525. doi: 10.1007/s10120-020-01121-0.
- [26] Tajima Y, Murakami M, Yamazaki K, et al. Sentinel node mapping guided by indocyanine green fluorescence imaging during laparoscopic surgery in gastric cancer[J]. *Ann Surg Oncol*, 2010, 17(7):1787–1793. doi:10.1245/s10434-010-0944-0.
- [27] Miyashiro I, Hiratsuka M, Sasako M, et al. High false-negative proportion of intraoperative histological examination as a serious problem for clinical application of sentinel node biopsy for early gastric cancer: final results of the Japan Clinical Oncology Group multicenter trial JCOG0302[J]. *Gastric Cancer*, 2014, 17(2): 316–323. doi:10.1007/s10120-013-0285-3.
- [28] 李平昂, 张帆, 李政焰, 等. 浆膜受侵局部进展期胃癌腹腔镜根治术远期疗效分析[J]. *中华外科杂志*, 2024, 62(8):744–750. doi: 10.3760/cma.j.cn112139-20240131-00061.
- Li PA, Zhang F, Li ZY, et al. Long-term outcomes of laparoscopic gastrectomy for locally advanced gastric cancer with serosa-invasion[J]. *Chinese Journal of Surgery*, 2024, 62(8):744–750. doi: 10.3760/cma.j.cn112139-20240131-00061.
- [29] Chen QY, Zhong Q, Liu ZY, et al. Indocyanine green fluorescence imaging-guided versus conventional laparoscopic lymphadenectomy for gastric cancer: long-term outcomes of a phase 3 randomised clinical trial[J]. *Nat Commun*, 2023, 14(1): 7413. doi:10.1038/s41467-023-42712-6.
- [30] 沈新, 陈新莉, 刘海旺, 等. 吲哚菁绿荧光融合影像技术在腹腔镜全胃切除+Roux-en-Y吻合中的应用研究[J]. *中华普外科手术学杂志:电子版*, 2022, 16(6):651–654. doi:10.3877/cma.j.issn.1674-3946.2022.06.018.
- Shen X, Chen XL, Liu HW, et al. Application of indocyanine green fluorescence fusion imaging in laparoscopic total gastrectomy plus Roux-en-Y anastomosis[J]. *Chinese Journal of Operative Procedures of General Surgery: Electronic Edition*, 2022, 16(6): 651–654. doi:10.3877/cma.j.issn.1674-3946.2022.06.018.
- [31] Senent-Boza A, García-Fernández N, Alarcón-del Agua I, et al. Impact of tumor stage and neoadjuvant chemotherapy in fluorescence-guided lymphadenectomy during laparoscopic gastrectomy for gastric cancer: a propensity score-matched study in a western center[J]. *Surgery*, 2024, 175(2):380–386. doi:10.1016/j.surg.2023.10.032.

( 本文编辑 熊扬 )

**本文引用格式:** 吕陈彬, 童林燕, 孙玉钦, 等. 吲哚菁绿荧光导航在腹腔镜胃癌根治术中应用价值[J]. *中国普通外科杂志*, 2025, 34(6): 1228–1237. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.250022

**Cite this article as:** Lu CB, Tong LY, Sun YQ, et al. Clinical value of indocyanine green fluorescence navigation in laparoscopic radical gastrectomy for gastric cancer[J]. *Chin J Gen Surg*, 2025, 34(6):1228–1237. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.250022