

· 临床研究 ·

胸腔镜下复杂肺段切除术吲哚菁绿荧光反染法与改良膨胀萎陷法的对比研究

许德新 陈新富*

(福建省福州肺科医院胸外科, 福州 350007)

【摘要】 目的 比较吲哚菁绿(indocyanine green, ICG) 荧光反染法与改良膨胀萎陷法在胸腔镜复杂肺段切除术中段间平面显露的效果。**方法** 回顾性分析 2020 年 1 月~2021 年 8 月我院 108 例胸腔镜下复杂肺段切除术的临床资料, 其中 43 例采用 ICG 反向染色法(荧光染色组), 65 例采用改良膨胀萎陷法(改良膨胀萎陷组), 比较 2 组术中和术后情况。**结果** 与改良膨胀萎陷组相比, ICG 荧光染色组段间平面形成时间 $[(9.1 \pm 1.4) \text{ s vs. } (1724.3 \pm 309.1) \text{ s}, t = 44.736, P = 0.000]$ 、手术时间 $[(147.5 \pm 32.2) \text{ min vs. } (174.2 \pm 57.7) \text{ min}, t = 3.077, P = 0.003]$ 、术后胸管留置时间 $[2(1, 2) \text{ d vs. } 3(2, 3) \text{ d}, Z = -3.829, P = 0.000]$ 和术后住院时间 $[6.0(4.0, 7.0) \text{ d vs. } 7.0(5.5, 10.0) \text{ d}, Z = -2.644, P = 0.008]$ 明显缩短。2 组术中出血量、淋巴结采样数目、并发症发生率差异无统计学意义(均 $P > 0.05$)。**结论** 对于胸腔镜下复杂肺段切除术的段间平面显露, 相比改良膨胀萎陷法, ICG 荧光染色法是安全、高效的。

【关键词】 吲哚菁绿; 荧光反染法; 改良膨胀萎陷法; 复杂肺段切除术; 胸腔镜手术

文献标识:A 文章编号:1009-6604(2023)05-0325-07

doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2023.05.002

A Comparison Study of Indocyanine Green Fluorescence Reverse Staining Method and Modified Inflation-collapse Method in Thoracoscopic Complex Segmentectomy Xu Dexin, Chen Xinfu. Department of Thoracic Surgery, Fuzhou Pulmonary Hospital of Fujian Province, Fuzhou 350007, China

Corresponding author: Chen Xinfu, E-mail: 13705956036@163.com

【Abstract】 Objective To compare the effect of indocyanine green(ICG) fluorescence reverse staining method and the modified inflation-collapse method in the exposure of intersegment plane in thoracoscopic complex segmentectomy. **Methods** Clinical data of 108 patients who underwent thoracoscopic complex segmentectomy in our hospital from January 2020 to August 2021 were retrospectively analyzed. The ICG reverse staining method was used in 43 patients (fluorescent staining group), and lung inflation and collapse method was used in 65 patients (modified inflation-collapse group). The intraoperative data and postoperative complications of the two groups were recorded and compared. **Results** Compared with the modified inflation-collapse group, the intersegmental plane formation time $[(9.1 \pm 1.4) \text{ s vs. } (1724.3 \pm 309.1) \text{ s}, t = 44.736, P = 0.000]$, operation time $[(147.5 \pm 32.2) \text{ min vs. } (174.2 \pm 57.7) \text{ min}, t = 3.077, P = 0.003]$, postoperative thoracic tube indwelling time $[2(1, 2) \text{ d vs. } 3(2, 3) \text{ d}, Z = -3.829, P = 0.000]$ and postoperative hospital stay $[6.0(4.0, 7.0) \text{ d vs. } 7.0(5.5, 10.0) \text{ d}, Z = -2.644, P = 0.008]$ in the fluorescent staining group was significantly shorter. No significant differences were observed between the two groups in the amount of intraoperative blood loss, the number of lymph node dissection, and the incidence of complications (All $P > 0.05$). **Conclusion** Compared with the modified inflation-collapse method, ICG fluorescence reverse staining is a safe and efficient method for the exposure of intersegment plane in thoracoscopic complex segmentectomy.

【Key Words】 Indocyanine green; Fluorescence reverse staining method; Modified inflation-collapse method; Complex segmentectomy; Thoracoscopic surgery

* 通讯作者, E-mail: 13705956036@163.com

肺癌是目前我国发病率最高的恶性肿瘤^[1,2]。对于直径≤2 cm 表现为肺磨玻璃结节的早期肺癌,亚肺叶切除术特别是解剖性肺段切除术可获得与肺叶切除相当的肿瘤学疗效,且可较大程度保留肺功能^[3,4],逐渐成为肺小结节的主流手术方式^[5]。对于靠近肺段交界的深部肺结节,联合亚段切除等复杂肺段手术为首选术式。复杂肺段是涉及多个段间平面的肺段切除术。本研究中将右上肺各肺段、左上肺固有段各分段、双下叶基底段各分段、亚段及联合肺亚段归为复杂肺段^[6]。手术难点主要包括病灶的定位及段间平面的界定。术前三维计算机断层扫描血管气管成像技术(three-dimensional computed tomography bronchography and angiography,3D-CTBA)可显示肺段解剖结构^[7],精准定位靶病灶,规划切除范围,以保证手术切缘^[8]。术中段间平面的识别是手术成功的另一关键。膨胀萎陷法是目前判定段间平面的常用方法,但存在耗时长,部分患者段间平面显示不清,膨胀肺组织干扰术野等缺点。吲哚菁绿(indocyanine green,ICG)荧光染色法判定段间平面具有不需反复膨肺、耗时短等优势^[9~11]。然而上述方法应用在复杂肺段手术中的报道较少。本研究回顾性分析 2020 年 1 月~2021 年 8 月我科 108 例胸腔镜下复杂肺段切除术应用 ICG 荧光反染法或改良膨胀萎陷法判定段间平面的临床资料,现报道如下。

1 临床资料与方法

1.1 一般资料

本研究通过福州肺科医院伦理委员会的审查及批准[批文号:2018-006(科研)-01]。本研究 108 例,男 36 例,女 72 例。年龄 24~87 岁,(53.6±11.7)岁。咳嗽 15 例,余 93 例体检胸部 CT 发现肺结节。肺结节均为单发,最大径 5.0~20.0 mm,(9.4±3.4)mm;左侧 35 例,右侧 73 例。术前胸部 CT 报告:60 例考虑肺癌可能,48 例考虑肺癌待排除。合并原发性高血压 7 例,2 型糖尿病 7 例,两者兼有 3 例,余 91 例无原发性高血压或糖尿病史。肺结节定位根据手术间是否配置荧光胸腔镜选择采用判定段间平面方式,43 例采用 ICG 反向染色法(荧光染色组),65 例采用肺膨胀萎陷法(改良膨胀萎陷组)。术前常规检查包括胸部 CT 薄层扫描、腹部彩超、头颅 CT 或 MRI、心电图、心脏彩超、肺功能,除外远处转移及其他手术禁忌证。2 组一般资料比较无统计学差异($P>0.05$),有可比性,见表 1。

病例选择标准:①年龄 18~75 岁;②单发肺结节,最大径<20 mm;③术前未接受任何辅助治疗(包括化疗、放疗及免疫治疗等);④术前 3D-CTBA 规划,拟行全胸腔镜下右上肺各肺段、左上肺固有段各分段、双下叶基底段各分段、亚段及联合肺亚段解剖性切除手术。排除标准:①既往同侧胸腔手术史;

表 1 2 组一般资料比较($\bar{x}\pm s$)

组别	性别		年龄(岁)	吸烟史		COPD		
	男	女		是	否	是	否	
改良膨胀萎陷组(<i>n</i> = 65)	21	44	54.6 ± 11.2	19	46	7	58	
ICG 荧光组(<i>n</i> = 43)	15	28	52.1 ± 12.4	16	27	6	37	
<i>t</i> (χ^2) 值	$\chi^2 = 0.077$		<i>t</i> = 1.080	$\chi^2 = 0.752$		$\chi^2 = 0.248$		
<i>P</i> 值	0.781		0.282	0.386		0.619		
组别	FEV1		FEV1%	病灶大小(mm) *		病灶距胸膜距离(mm)		
改良膨胀萎陷组(<i>n</i> = 65)	2.05 ± 0.25		92.96 ± 9.60	9.7 ± 3.4		11.7 ± 9.9		
ICG 荧光组(<i>n</i> = 43)	2.12 ± 0.33		94.61 ± 12.14	8.8 ± 3.4		14.1 ± 9.7		
<i>t</i> (χ^2) 值	<i>t</i> = -1.214		<i>t</i> = -0.787	<i>t</i> = 1.318		<i>t</i> = -1.249		
<i>P</i> 值	0.227		0.433	0.190		0.215		
组别	术侧		病灶位置				ASA 分级	
	左侧	右侧	左上	左下	右上	右下	I 级	Ⅱ 级
改良膨胀萎陷组(<i>n</i> = 65)	18	47	11	7	36	11	48	17
ICG 荧光组(<i>n</i> = 43)	17	26	15	2	20	6	32	11
<i>t</i> (χ^2) 值	$\chi^2 = 1.657$		$\chi^2 = 5.168$				$\chi^2 = 0.004$	
<i>P</i> 值	0.198		0.160				0.947	

COPD:慢性阻塞性肺疾病;FEV1:第 1 秒用力呼气容积;FEV1%:第 1 秒用力呼气容积占预计值的百分比

* CT 上肺结节横断面的最大径

②肿瘤位置深在,肺段切除术估计无法满足足够肿瘤切缘;③有远处转移、严重的潜在疾病或任何其他手术禁忌证。

1.2 方法

1.2.1 术前三维重建及手术规划 术前所有患者均进行薄层螺旋 CT(层厚 1 mm)扫描。通过对原始的 CT-DICOM 数据处理后,应用人工智能创新技术,使用智能图像识别融合软件(宁波唯杰医疗科技有限公司)对肺结节所在靶段的气管、肺动脉和肺静脉的分支进行三维重建(图 1)。术前三维重建评估后确认肺段切除术对于目标结节是否可行,同时规划拟行的手术方式及路径。

1.2.2 手术方法 手术由同一组外科团队施行。双腔支气管插管单肺全身麻醉,侧卧位暴露患侧胸腔。全胸腔镜下手术,采用保留肋骨的肋间自然间隙操作。三孔法:观察孔取腋中线平剑突第 8 肋间水平,长约 1 cm;主操作孔位于腋前线第 4 肋间,长约 3 cm;辅助操作孔位于腋后线第 8 肋间。肺段切除术的顺序:根据术前规划好的路径,一般先依次处理肺段动脉、肺段支气管、肺段静脉,再处理肺段间平面。不同肺段,处理支气管、动脉及静脉的顺序略有不同。肺血管及支气管离断采用内镜下切割缝合器或者丝线结扎、Hem-o-lok 闭合后超声刀离断。ICG 荧光反染组:根据术前 3D 影像规划依次处理完靶肺段的血管、支气管后,经外周静脉注射 ICG 25 mg,荧光显影非靶区肺组织,从而判定段间平面。使用红外胸腔镜系统(广东欧谱曼迪科技有限公司),手控开关可以在白光和 ICGF 模式之间即时切换监测模式。段间平面清晰显露后,用氩气刀在肺脏层胸膜面喷射标记段间平面。改良膨胀萎陷组:根据术前 3D 影像规划依次处理完靶肺段血管、支气管后,嘱麻醉医师吸痰后纯氧通气,手动控制气道压维持在 15~20 cm H₂O 至术侧肺完全膨胀,随后再健侧肺单侧通气。约 20 min 后,保留的肺组织完全萎陷呈暗红色,待切除靶肺段仍保持膨胀状态并呈粉红色,两者间形成清晰可辨的不规则边界即为段间平面,同时利用氩气刀标记段间平面(图 2)。标记完段间平面后,提起肺段支气管及血管的远端残端,自段门处逐渐向远端游离,结合电刀、超声刀、缝切器,从多维度塑造不规则的肺段立体结构,尽量做到段间平面舒展,不折叠,不扭转,精准切除靶肺

段。因复杂肺段间的平面更不规则,更立体,用较短的缝合器更能完美塑造段间平面,通常采用钉仓 45 mm 切割缝合器。术中冰冻病理检查,恶性均行肺内及区域淋巴结采样。充分止血及胸腔冲洗后,留置 F₂₈ 胸腔引流管后关闭切口。

1.3 观察指标

手术时间(切皮开始到关胸结束)、术中段间平面显露时间(ICG 荧光组:靶肺段动脉处理完毕后,从外周静脉推入 ICG 后开始计时,胸腔镜荧光模式下,终点为靶肺段与相邻肺段之间形成清晰稳定的段间平面;改良膨胀萎陷组:靶肺段支气管处理完毕后,嘱麻醉医师双肺通气至双肺完全膨胀开始计时,终点为靶肺段与相邻肺段之间形成完整稳定的段间平面)、术中出血量(麻醉记录单为准)、术后并发症、胸管留置时间、术后住院时间(出院标准:胸引流管已拔除,患者无发热、气促、咯血等临床症状,复查胸片示肺复张良好,胸部 B 超示胸腔无中等量以上积液)。

1.4 统计学处理

采用 SPSS23.0 进行统计分析。符合正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 进行表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验;非正态分布的计量资料用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验;计数资料采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2 组患者均在胸腔镜下完成手术,无中转开胸,术中段间平面形成率均为 100%,无术中 ICG 过敏病例。1 例在切除肺段、取出体外后未能找到肺结节,将术中肺段血管的解剖及离断情况再次与术前三维重建图进行仔细比对,发现漏切 1 支亚段肺动脉,离断该亚段肺动脉后,再次用 ICG 进行段间平面判定,最后准确切除靶肺段,顺利找到癌结节。ICG 荧光组手术时间、段间平面显露时间、术后胸管留置时间、术后胸腔总引流量和术后住院时间明显短于/少于改良膨胀萎陷组($P < 0.05$)。改良膨胀萎陷组并发症 13 例:肺漏气 > 7 d 5 例,肺部感染 6 例,血胸 1 例,心律失常 1 例,并发症发生率 20.0% (13/65); ICG 荧光组并发症 6 例:肺漏气 > 7 d 2 例,肺部感染 2 例,心律失常 2 例,并发症发生率 14.0% (6/43)。2 组术中出血量、淋巴结采样数目

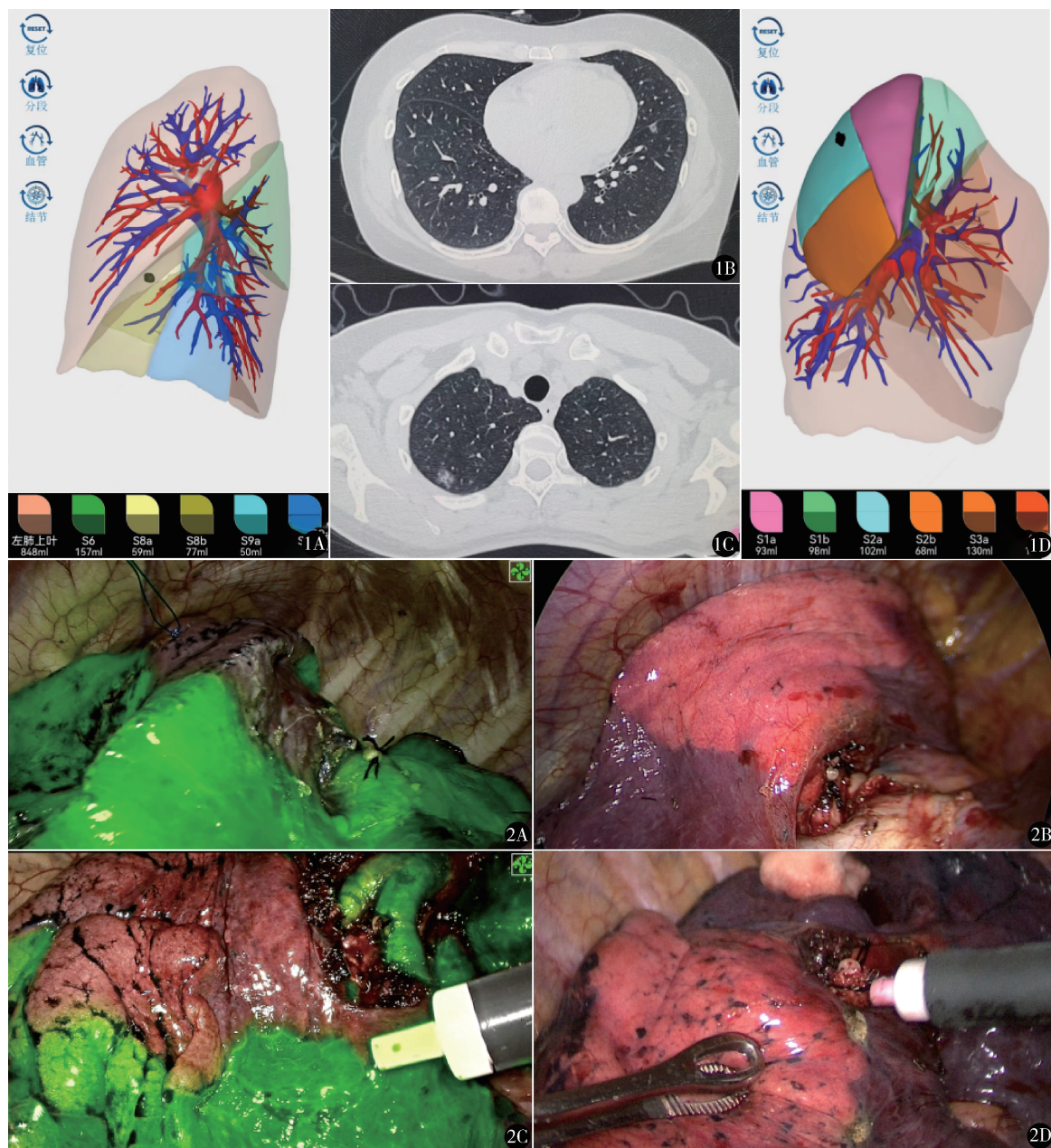


图1 术前三维重建 A,B.重建显示肺结节位于左侧下叶前基底段(左侧S8段),规划行左侧S8切除;C,D.重建显示肺结节位于右肺上叶后段(RS2)靠近上叶尖段(S1a),规划行右侧S2+S1a切除 图2 段间平面显露 A.左侧S(1+2)c切除,应用ICG荧光反染法;B.左侧S(1+2)c切除,应用改良膨胀萎陷法;C.右侧S8切除术,应用ICG荧光反染法;D.右侧S8切除术,应用改良膨胀萎陷法

和并发症发生率均无统计学差异($P > 0.05$),见表2。2组复杂肺段切除术式分布见表3。术后病理:改良膨胀萎陷组原位腺癌(adenocarcinoma in situ, AIS) 12例,微浸润腺癌(minimally invasive adenocarcinoma, MIA) 25例,浸润性腺癌(invasive adenocarcinoma, IAC) 28例;ICG荧光组原位腺癌8例, MIA 26例, IAC 9例。

3 讨论

3.1 亚肺叶手术的发展

随着肺癌筛查的普及,越来越多的肺小结节特别是磨玻璃影结节被检出。1995年的随机对照研究(Lung Cancer Study Group)将肺叶切除术确立为肺癌的标准治疗方式^[12]。随着早期筛查的提前,越

表 2 2 组手术情况比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	手术时间 (min)	术中出血量 (ml) *	段间平面显露时间 (s)	淋巴结采样数目 (枚) *
改良膨胀萎陷组 ($n = 65$)	174.2 \pm 57.7	30 (20, 50)	1724.3 \pm 309.1	4 (2, 8)
ICG 荧光组 ($n = 43$)	147.5 \pm 32.2	30 (20, 30)	9.1 \pm 1.4	5 (3, 8)
$t(\chi^2, Z)$ 值	$t = 3.077$	$Z = -1.009$	$t = 44.736$	$Z = -0.956$
P 值	0.003	0.313	0.000	0.339

组别	术后胸管留置时间 (d) *	术后胸腔总引流量 (ml) *	术后住院时间 (d) *	并发症
改良膨胀萎陷组 ($n = 65$)	3 (2, 3)	370 (290, 620)	7.0 (5.5, 10.0)	13
ICG 荧光组 ($n = 43$)	2 (1, 2)	250 (150, 450)	6.0 (4.0, 7.0)	6
$t(\chi^2, Z)$ 值	$Z = -3.829$	$Z = -3.002$	$Z = -2.644$	$\chi^2 = 0.653$
P 值	0.000	0.003	0.008	0.419

* 非正态分布的计量资料用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示

表 3 2 组复杂肺段切除术式分布

组别	右侧								
	S1	S2	S2 + 1a	S2b	S2b + 3a	S1 + 2	S3	S3 + 1b	S3b
改良膨胀萎陷组 ($n = 65$)	21	6	0	0	0	1	7	1	1
ICG 荧光组 ($n = 43$)	6	4	1	1	2	3	3	0	0

组别	右侧					
	S7 + 8	S8	S8 + 9	S9	S10a	S9 + 10
改良膨胀萎陷组 ($n = 65$)	1	2	4	1	0	2
ICG 荧光组 ($n = 43$)	1	2	1	1	1	0

组别	左侧					
	S(1 + 2) a	S(1 + 2) b	S(1 + 2) a + b	S(1 + 2) b + c	S(1 + 2) c	S1 + 2
改良膨胀萎陷组 ($n = 65$)	1	1	2	0	1	3
ICG 荧光组 ($n = 43$)	0	0	1	1	1	5

组别	左侧					
	S3	S3b + c	S6b + 8a	S6b + 9a	S8	S9
改良膨胀萎陷组 ($n = 65$)	3	0	1	1	2	3
ICG 荧光组 ($n = 43$)	5	2	0	0	2	0

来越多的研究支持亚肺叶手术成为早期肺癌的主要术式。最新日本 JCOG0802 的研究证实亚肺叶手术特别是肺段切除术在直径 ≤ 2 cm 的周围型肺癌中的地位:肺段切除术相对于肺叶切除术可获得更好的生存,并有望成为肺部小结节 (≤ 2 cm) 的标准手术方式^[13]。亚肺叶切除术能够完全切除肿瘤,保留更多健康肺组织,保证病人的生活质量,主要包括肺楔形切除术和肺段切除术。楔形切除术虽然操作简单,但仅适用于位于肺叶外周1/3的结节且无法进行肺内淋巴结活检和清扫,适应证有限。肺段切除术具有独特的优势:根据病灶位置的肺段血管及支气管的独立解剖,不仅可以完整切除肺部肿瘤,还可以切除肺内淋巴结。随着快速康复的理念深入和 3D 成像技术的进步,肺段切除术在临床上的开展逐渐增多。

3.2 复杂肺段手术的技术难点

Handa 等^[6]将右上肺各肺段、左上肺固有段各

肺段、双下叶基底段各肺段、亚段及联合肺段、亚段切除术归为复杂的肺段切除术。早期肺癌复杂肺段切除术可获得与简单肺段切除术相当的围手术期结局和临床预后^[14]。相对于楔形切除术,复杂肺段可提供更好的肿瘤学预后^[15]。与肺叶切除术及简单肺段切除术相比,精准的复杂肺段切除术更具挑战性^[16,17]。首先,复杂肺段切除术可能需要解剖肺实质,肺创面的渗血使手术更加困难;其次,相对于简单肺段切除术来说,复杂肺段的支气管及血管解剖变异更为多见。如果完全根据操作者的经验进行手术,支气管和血管可能会被错误地切断,从而导致肺结节漏切、手术失败,也可导致严重的并发症,如出血、肺漏气、咯血,甚至死亡。复杂肺段切除术涉及更多的段间平面,段间及亚段间血管交通支更多,存在术中重复确认段间平面的必要性,因此,对术中段间平面精确判别的要求更高。总的说来,复杂肺段切除术的难点主要包括:结节的定位,靶段血管及支

气管的辨认,段间静脉的保留,段间平面的精准界定。

3.3 段间平面的判定方法及优缺点

术前 3D-CTBA 重建虽然可以为肺段的靶病灶定位提供较好的预判,然而术中段间平面的界定仍然是此类手术的难点。目前,段间平面的判定方法有改良膨胀萎陷法、靶段支气管高频通气法、ICG 荧光正、反染法等^[18]。临床上最常用的改良膨胀萎陷法^[19]:靶段支气管夹闭后膨肺,切断后再膨肺,再行单肺通气,肺萎陷 10 ~ 15 min,靶肺段持续充气,萎陷肺组织与靶肺段间形成可辨认的段间交界面。然而改良膨胀萎陷法存在一些缺点:如段间交通支导致段间平面显示不清,胸腔粘连或肺气肿患者无法获得清晰的段间平面,等待时间长以及膨胀靶肺段组织干扰手术视野等。ICG 荧光反染法是通过血管通路方法,将预切除的靶肺段血管离断后利用 ICG 荧光显影反向染色,可在肺段血管分布区域显现段间平面,已在临床应用方面显示出一定的优势^[20-22]。张彤等^[23]报道经纬法定位的解剖学肺段切除术中,荧光染色组段间平面形成时间和手术时间较改良膨胀萎陷组明显缩短。Fan 等^[24]报道单孔胸腔镜下肺段切除术荧光染色法与传统膨胀萎陷法比较,手术时间明显缩短 $[(90 \pm 11.46) \text{ min vs. } (118 \pm 10.59) \text{ min}, P < 0.001]$ 。术前采用 3D-CTBA 定位结节及辨认靶段血管和支气管,术中结合 ICG 荧光显像对于复杂肺段的段间平面实现清晰界定,有效避免术中结节遗漏和切缘不足的困境。本研究中 ICG 荧光反染组在判断复杂肺段的段间平面显露时间和手术时间明显缩短 ($P < 0.05$),与文献报道一致。相对于简单肺段切除术,复杂肺段切除术涉及的段间平面更不规则且血管交通支更多。膨胀萎陷法显现需要时间较长,肺亚段的小气道或者肺泡孔相交通可导致段间平面显现不清。相比而言,ICG 荧光染色法在复杂肺段切除术中具有段间平面显现清晰快速,且术中无膨肺后再萎陷的耗时,明显节约手术时间。精准判定段间平面可大大减少创面出血、漏气等并发症。肺部漏气是复杂肺段切除术的主要术后并发症之一。改良膨胀萎陷组肺漏气和感染比例稍高,肺漏气比例较高可能是术中段间平面辨别不清导致段门解剖不够精准,误进非靶段肺实质内。需要指出的是,复杂肺段切除术 ICG 荧光

染色法存在一些缺点:ICG 在肺循环内存在时间较短,仅能在肺表面标记段间界限,无法显露深面的段间平面,需要结合段间静脉作为标志;复杂肺段有时需重复使用 ICG,可能加重组织毒性的风险;ICG 的副作用主要是过敏、低血压、心动过速等,但很罕见,术中注射 ICG 后应密切观察患者的生命征、颜面躯干四肢的皮肤有无发红、起疹等情况,一旦发现过敏反应,需立即停用 ICG,并常规抗过敏治疗。本研究中并未观察到重复使用 ICG 后明显的组织毒性作用,可能与术者丰富的解剖性肺段切除术经验有关,可以尽量避免过多的重复使用 ICG。

本研究存在一些局限性。首先,本研究为单中心回顾性分析,样本量少,存在选择性偏移;其次,未纳入肺部多发结节及未统计胸腔内粘连,无法分析 2 种方法在这一人群中的优劣;此外,本研究缺乏术后肺功能及肺复张资料,无法判断 2 种方法对复杂肺段切除术后肺功能及肺组织保留的作用。以上将有待于多中心前瞻性随机对照研究进一步验证。

综上所述,在胸腔镜下复杂肺段切除术中应用 ICG 荧光染色法判定段间平面是安全有效的,较改良膨胀萎陷法具有段间平面显现时间短、手术视野影响小、操作方便等显著优势,值得推广应用。

参考文献

- 1 Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2020. *CA Cancer J Clin*, 2020, 70(1): 7-30.
- 2 Cao W, Chen HD, Yu YW, et al. Changing profiles of cancer burden worldwide and in China: a secondary analysis of the global cancer statistics 2020. *Chin Med J (Engl)*, 2021, 134(7): 783-791.
- 3 Cao C, Chandrakumar D, Gupta S, et al. Could less be more? - A systematic review and meta-analysis of sublobar resections versus lobectomy for non-small cell lung cancer according to patient selection. *Lung Cancer*, 2015, 89(2): 121-132.
- 4 Altorki NK, Yip R, Hanaoka T, et al. Sublobar resection is equivalent to lobectomy for clinical stage 1A lung cancer in solid nodules. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 147(2): 754-764.
- 5 钟 斌, 吴奇勇, 童继春, 等. 胸腔镜肺段或肺叶切除术治疗肺磨玻璃结节的比较研究. *中国微创外科杂志*, 2017, 17(1): 62-64.
- 6 Handa Y, Tsutani Y, Mimae T, et al. Complex segmentectomy for hypermetabolic clinical stage ia non-small cell lung cancer. *Ann Thorac Surg*, 2022, 113(4): 1317-1324.
- 7 孙 超, 陆世春, 王霄霖, 等. 三维重建技术在胸腔镜解剖性肺段

- 切除术中的应用. 中国微创外科杂志, 2019, 19(2): 115 – 117.
- 8 Nakamoto K, Omori K, Nezu K. Superselective segmentectomy for deep and small pulmonary nodules under the guidance of three-dimensional reconstructed computed tomographic angiography. *Ann Thorac Surg*, 2010, 89(3): 877 – 883.
- 9 Ito A, Takao M, Shimamoto A, et al. Prolonged intravenous indocyanine green visualization by temporary pulmonary vein clamping: real-time intraoperative fluorescence image guide for thoracoscopic anatomical segmentectomy. *Eur J Cardio-Thorac Surg*, 2017, 52(6): 1225 – 1226.
- 10 Mehta M, Patel YS, Yasufuku K, et al. Near-infrared mapping with indocyanine green is associated with an increase in oncological margin length in minimally invasive segmentectomy. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2019, 157(5): 2029 – 2035.
- 11 Liu Z, Yang R, Cao H. Near-infrared intraoperative imaging with indocyanine green is beneficial in video-assisted thoracoscopic segmentectomy for patients with chronic lung diseases: a retrospective single-center propensity-score matched analysis. *J Cardiothorac Surg*, 2020, 15(1): 303.
- 12 Ginsberg RJ, Rubinstein LV. Randomized trial of lobectomy versus limited resection for T1 N0 non-small cell lung cancer. Lung Cancer Study Group. *Ann Thorac Surg*, 1995, 60(3): 615 – 623.
- 13 Saji H, Okada M, Tsuboi M, et al. Segmentectomy versus lobectomy in small-sized peripheral non-small-cell lung cancer (JCOG0802/WJOG4607L): a multicentre, open-label, phase 3, randomised, controlled, non-inferiority trial. *Lancet*, 2022, 399(10335): 1607 – 1617.
- 14 Handa Y, Tsutani Y, Mimae T, et al. Oncologic outcomes of complex segmentectomy: A multicenter propensity score-matched analysis. *Ann Thorac Surg*, 2021, 111(3): 1044 – 1051.
- 15 Handa Y, Tsutani Y, Mimae T, et al. A Multicenter study of complex segmentectomy versus wedge resection in clinical stage 0 – I A non-small cell lung cancer. *Clin Lung Cancer*, 2022, 23(5): 393 – 401.
- 16 Okubo Y, Yoshida Y, Yotsukura M, et al. Complex segmentectomy is not a complex procedure relative to simple segmentectomy. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2021, 61(1): 100 – 107.
- 17 Kong XL, Lu J, Li PJ, et al. Technical aspects and early results of uniportal video-assisted thoracoscopic complex segmentectomy: a 30 case-series study. *J Cardiothorac Surg*, 2022, 17(1): 63.
- 18 Andolfi M, Potenza R, Seguin-Givelet A, et al. Identification of the intersegmental plane during thoracoscopic segmentectomy: state of the art. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2020, 30(3): 329 – 336.
- 19 Yao F, Wu W, Zhu Q, et al. Thoracoscopic pulmonary segmentectomy with collateral ventilation method. *Ann Thorac Surg*, 2021, 112(6): 1814 – 1823.
- 20 Pardolesi A, Veronesi G, Solli P, et al. Use of indocyanine green to facilitate intersegmental plane identification during robotic anatomic segmentectomy. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 148(2): 737 – 738.
- 21 Oh S, Suzuki K, Miyasaka Y, et al. New technique for lung segmentectomy using indocyanine green injection. *Ann Thorac Surg*, 2013, 95(6): 2188 – 2190.
- 22 Tarumi S, Misaki N, Kasai Y, et al. Clinical trial of video-assisted thoracoscopic segmentectomy using infrared thoracoscopy with indocyanine green. *Eur J Cardio-Thorac Surg*, 2014, 46(1): 112 – 115.
- 23 张 彤, 马永富, 石渊博, 等. 荧光染色法与改良膨胀萎陷法判定段间平面在解剖性肺段切除术中的病例对照研究. *中华腔镜外科杂志(电子版)*, 2019, 12(6): 356 – 360.
- 24 Fan W, Yang H, Ma J, et al. Indocyanine green fluorescence-navigated thoracoscopy versus traditional inflation-deflation approach in precise uniportal segmentectomy: a short-term outcome comparative study. *J Thorac Dis*, 2022, 14(3): 741 – 748.

(收稿日期: 2022 – 05 – 29)

(修回日期: 2023 – 01 – 17)

(责任编辑: 李贺琼)