doi:10.11659/jjssx.10E024045

·临床研究·

4K荧光单孔胸腔镜解剖性肺段切除术在肺小结节中的应用

汪志海,林苗苗,杨 坤,耿 耿,陶 勇 (华东师范大学附属芜湖医院/芜湖市第二人民医院胸心外科,安徽 芜湖 241000)

[摘 要] **目的** 分析吲哚菁绿(ICG)荧光显影技术在胸腔镜解剖性肺段切除术中的可行性和优势。**方法** 选择2023年1月至2024年6月于我科行胸腔镜解剖性肺段切除术的肺小结节患者,根据段间平面识别方法的不同分为ICG荧光组35例(采用ICG荧光显影法识别段间平面)及改良膨胀萎陷组42例(采用改良膨胀萎陷法识别段间平面)。统计2组患者段间平面出现时间、手术时间、淋巴结清扫数目、术后胸管时间、术后住院时间等手术相关指标及并发症发生情况。选取2组60岁以上患者,并分析其手术相关指标的差异。**结果** ICG荧光组患者段间平面出现时间及手术时间均短于改良膨胀萎陷组,差异有统计学意义($P<0.05$)。2组患者淋巴结清扫数目、术后胸管时间、术后住院时间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。2组术后并发症发生率比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。ICG荧光组60岁以上患者的段间平面出现时间、手术时间及术后住院时间均短于改良膨胀萎陷组,差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** ICG荧光显影法能够清晰快速地显示段间平面,可缩短老年肺结节患者的段间平面出现时间和住院时间。

[关键词] 吲哚菁绿;胸腔镜;肺段切除术;改良膨胀萎陷法
[中图分类号] R655.3 [文献标志码] A [收稿日期] 2024-10-14

Application of 4K fluorescence single-port thoracoscopic anatomical segmentectomy in small pulmonary nodules

WANG Zhi-hai, LIN Miao-miao, YANG Kun, GENG Geng, TAO Yong (Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Wuhu Hospital, East China Normal University/Wuhu Second People's Hospital, Wuhu Anhui 241000, China)

Abstract: Objective To analyze the feasibility and advantage of indocyanine green (ICG) fluorescence imaging technique in the thoracoscopic anatomical segmentectomy. **Methods** Patients with small pulmonary nodules who underwent thoracoscopic anatomical segmentectomy in our department from January 2023 to June 2024 were selected and divided into the ICG fluorescence group (35 cases determining intersegmental plane through ICG fluorescence imaging method) and the modified inflation-deflation group (42 cases determining intersegmental plane through modified inflation-deflation method) according to different methods of determining intersegmental plane. The surgery-related indicators including time of intersegmental plane occurrence, operation time, number of lymph node dissection, postoperative duration of chest tube and postoperative hospital stay as well as the occurrence of complications in the two groups were counted. Patients over 60 years old in two groups were selected and the differences in surgery-related indicators were analyzed. **Results** The time of intersegmental plane occurrence and operation time in the ICG fluorescence group were shorter than those in the modified inflation-deflation group, with statistically significant differences ($P<0.05$). There was no significant difference in the number of lymph node dissection, postoperative duration of chest tube or postoperative hospital stay between the two groups ($P>0.05$). There was no significant difference in the incidence of postoperative complications between the two groups ($P>0.05$). The time of intersegmental plane

[基金项目] 芜湖市卫生健康委科研项目(WHWJ2021y047)

[14] 林 浙,胡春玖,陈鸿辉,等. 具有进展期组织学的微小和小结直肠息肉的内镜下特征[J]. 胃肠病学,2022,27(4):245-249. doi:10.3969/j.issn.1008-7125.2022.04.005.
[15] 刘 霞,张 玲,吉鹏飞. 冷圈套治疗结直肠(微)小息肉的临床效果研究[J]. 现代消化及介入诊疗,2020,25(11):1454-1459. doi:10.3969/j.issn.1672-2159.2020.11.008.
[16] 陈 琳,毛立祺,吕 宾. 结直肠息肉冷圈套切除术的临床应用进展[J]. 浙江医学,2021,43(6):674-678. doi:10.12056/j.issn.1006-2785.2021.43.6.2020-2398.
[17] 吕 历,吴进峰,卢先红,等. 冷圈套内镜下黏膜切除术治疗结直肠息肉的效果分析[J]. 中国医师进修杂志,2023,46(5):455-460. doi:10.3760/cma.j.cn115455-20211120-01345.
[18] Guo Y, Li HM, Zhu WQ. Cold or hot snare with endoscopic mucosal resection for 6-9 mm colorectal polyps: a propensity score matching analysis[J]. J Laparoendosc Adv Surg Tech A, 2022, 32(2): 158-164. doi: 10.1089/lap.2020.0983.
[19] 孙 涛,俞 文,季大年,等. 门诊冷圈套切除术治疗老年结直肠小息肉的安全性和有效性分析[J]. 老年医学与保健,2022,28(1):129-134. doi:10.3969/j.issn.1008-8296.2022.01.027.
[20] 叶冠男,张嘉怡,周 震,等. 冷圈套联合内镜下黏膜切除术对直径≥10 mm大肠息肉的疗效及治疗成本分析[J]. 中国普通外科杂志, 2023, 32(8): 1282-1286. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2023.08.018.

(编辑:龙小芬)

occurrence, operation time and postoperative hospital stay of patients over 60 years old in the ICG fluorescence group were shorter than those in the modified inflation-deflation group, with statistically significant differences (P<0.05). **Conclusion** ICG fluorescence imaging method can display the intersegmental plane clearly and quickly, which can shorten the time of intersegmental plane occurrence and hospital stay in elderly patients with pulmonary nodules.

Keywords: indocyanine green; thoracoscopy; segmentectomy; modified inflation-deflation method

肺癌是全球范围内最常见的恶性肿瘤之一,其发病率在全球范围内呈上升趋势,且居所有恶性肿瘤之首[1-3]。目前手术操作日趋成熟、治疗方法不断更新,但是我国肺癌患者5年总体生存率改善仍不明显,依然是导致癌症相关死亡的主要原因[4]。肺癌通常发生在中老年人群中,尤其是超过50岁的人群,近年来,肺癌在年轻人群中的发病率有所增加[5]。随着CT分辨率的进一步提高,多发肺结节患者的检出率也在增加。肺癌年轻化、多发肺结节患者比例增加和人口老龄化意味着大部分肺癌患者需要更快的回归社会角色。这对现代肺外科在微创、肺功能保护方面提出了更高的要求[6-8]。

解剖性肺段切除术是一种常见的外科手术,用于治疗早期非小细胞肺癌或其他需要手术治疗的肺部疾病,其保留了更多的正常肺组织,减少了肺功能损伤[9-10]。继1939年Churchill和Belsey教授首次报道应用舌段切除术治疗肺良性疾病后[11],大量前瞻性和回顾性研究已经证明,解剖性肺段切除术具有和肺叶切除术相似的肿瘤学疗效,且肺功能保护更优。但是解剖性肺段切除术技术壁垒高,存在两大难点:靶段的定位和段间平面的识别。靶段的定位可以通过薄层CT和三维CT精准识别;段间平面的识别多需通过改良膨胀萎陷法来识别。吲哚菁绿(indocyanine green,ICG)荧光显影法,因为需要专门的荧光胸腔镜系统,目前开展不多且多为省级大中心开展[12-14]。本单位2022年逐步开始应用此项技术,现通过回顾性分析患者临床资料,探讨ICG荧光显影法的可行性和优势。

1 资料与方法

1.1 临床资料

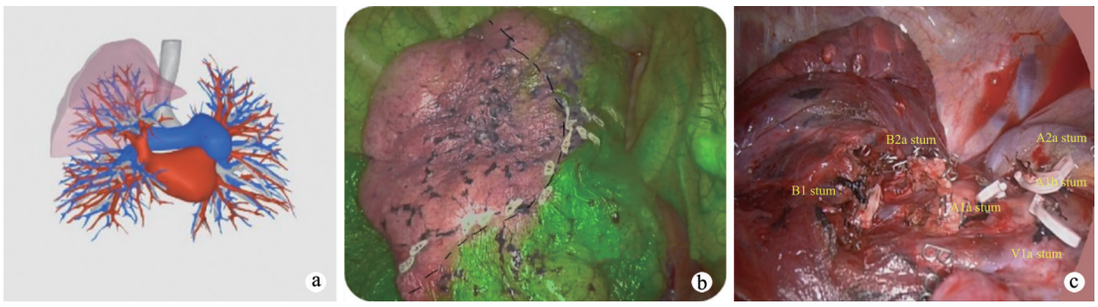
本研究经芜湖市第二人民医院伦理委员会的审查通过(伦理批号:2021医学伦审第26号)。所有受试者均签署知情同意书。选取2023年1月至2024年6月就诊于芜湖市第二人民医院胸心外科的77例患者,根据段间平面识别的方法分为2组。ICG荧光组35例,其中男13例,女22例;平均年龄(58.14±8.30)岁;平均结节直径(11.14±4.08)mm;术后病理:浸润性腺癌18例,微浸润性腺癌8例,原位腺癌及不典型增生2例,良性病变7例。改良膨胀萎陷组42例,其中男17例,女25例;平均年龄(57.52±11.94)岁;平均结节直径(10.62±3.87) mm;术后病理:浸润性腺癌17例,微浸润性腺癌13例,原位腺癌及不典型增生4例,良性病变8例。2组患者在年龄、性别、术前肺功能、结节大小及靶段的分布等基线资料上差异无统计学意义(P>0.05),具有可比性。纳入标准:①无法耐受肺叶切除;②肺结节直径≤20 mm,磨玻璃成分占比≤50%;③病灶位于肺中内1/3处,无法行楔形切除术。排除标准:①联合肺段手术;②因各种原因中转开胸手术。所有患者术前均完善胸部薄层CT、头颅CT及肝、胆、胰、脾、肾上腺、心脏、浅表淋巴结彩超等相关检查;排除手术禁忌。

1.2 方法

所有入组患者术前均需进行胸部薄层CT(层厚1 mm)检查,将原始数据导入3D数字化软件进行重建(图1a),确定靶段、明确动静脉及支气管有无变异、保证切缘(≥20 mm或结节最大径);拟定手术方式,确定解剖性肺段切除术的可行性。手术均由科室高年资副主任医师进行,患者全身麻醉后,双腔气管插管,对侧单肺通气,均采用单孔胸腔镜。解剖性肺段切除术:根据术前3D重建结果,先处理靶段动脉,再处理靶段支气管,最后处理靶段的段内静脉。随后ICG荧光组患者静脉注射2.5 mg/mL ICG 4 mL,打开荧光胸腔镜的荧光模式,等待清晰的段间平面出现后电钩标记(图1b),应用切割闭合器完整切除靶段(图1c)。改良膨胀萎陷组患者则纯氧膨肺(控制气道压力不超过20 cmH_2O)至患侧肺完全复张,后单肺通气,等待清晰的段间平面出现后电钩标记,应用切割闭合器完整切除靶段。2组患者根据术中的快速病理结果,原位腺癌和良性病变常规做淋巴结采样;微浸润性腺癌以及浸润性腺癌予以淋巴结采样或清扫术。充分止血、膨肺试水后,于切口处置入26F胸管,腋后线放置8F胸腔引流管。

1.3 观察指标

记录并比较2组患者手术时间(从外科切口至关胸结束)、段间平面出现时间(ICG荧光组从ICG注射完成至清晰的段间平面出现,改良膨胀萎陷组从肺完



a:3D重建;b:段间平面;c:段门结构

图1 ICG荧光组的术前3D重建及段间平面、段门结构显示

全复张后单肺通气开始至清晰的段间平面出现)、术后并发症情况、淋巴结清扫数目、术后胸管时间、术后住院时间。选取2组60岁以上患者,分析2组60岁以上患者手术相关指标的差异。

1.4 统计学分析

所有数据采用SPSS 27.0软件进行分析,计量资料符合正态分布,采用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间数据比较采用独立样本t检验;计数资料采用率(%)表示,组间比较采用χ^2检验或*Fisher*精确检验。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 手术相关指标

2组患者术中段间平面均清晰显示,手术均在单孔胸腔镜下顺利完成,无中转开胸患者,无围术期死亡患者,未发现ICG过敏患者。ICG荧光组患者段间平面出现时间及手术时间均短于改良膨胀萎陷组,差异有统计学意义(P<0.05)。2组患者淋巴结清扫数目、术后胸管时间及术后住院时间比较,差异均无统计学意义(P>0.05),见表1。

2.2 术后并发症情况

ICG荧光组与改良膨胀萎陷组患者术后并发症总发生率比较,差异无统计学意义(P>0.05),见表2。

2.3 60岁以上患者手术相关指标

ICG荧光组60岁以上患者有13例,改良膨胀萎陷组有17例。ICG荧光组60岁以上患者段间平面出现时间、手术时间及术后住院时间均短于改良膨胀萎陷组,差异有统计学意义(P<0.05),见表3。

表1 手术相关指标($\bar{x}\pm s$)

组别	n	段间平面出现时间(s)	手术时间(min)	淋巴结清扫数目(枚)	术后胸管时间(d)	术后住院时间(d)
ICG荧光组	35	19.23±12.23	110.57±21.79	6.61±3.41	2.40±0.88	5.77±1.26
改良膨胀萎陷组	42	718.80±182.54	145.33±55.88	5.50±3.65	2.40±0.73	6.40±1.96
t/Z		7.519	3.254	−1.410	0.361	1.518
P		<0.001	0.001	0.159	0.718	0.129

表2 2组患者术后并发症情况[例(%)]

组别	n	肺部感染	胸腔积液	漏气	合计
ICG荧光组	35	1(2.86)	0(0)	0(0)	1(2.86)
改良膨胀萎陷组	42	0(0)	1(2.38)	2(4.76)	3(7.14)
χ^2					0.108
P					0.743

3 讨论

随着肺癌筛查的普及,越来越多的肺小结节、尤其是含有磨玻璃成分的肺小结节被临床发现,其中59%~73%的磨玻璃结节为早期肺癌[15]。既往解剖性肺叶切除联合系统性淋巴结清扫术在肺癌的治疗中地位牢固[16-17]。但随着研究的深入,以磨玻璃成分为主的ⅠA期肺癌患者的5年生存率(90.8%~98.9%)远高于实性肺癌患者(59.6%~87.7%)。因此,对于以磨玻璃成分为主的ⅠA期肺癌患者是否需行标准的肺叶切除联合系统性淋巴结清扫术目前临床尚存争议[18-19]。

2022年发表在《柳叶刀》上的JCOG0802研究和2023发表在《新英格兰杂志》的CALGB140503研究结果显示,对于≤20 mm且实性成分比>0.5的ⅠA期肺癌

表3 60岁以上患者手术相关指标($\bar{x}\pm s$)

组别	n	段间平面出现时间(s)	手术时间(min)	淋巴结清扫数目(枚)	术后胸管时间(d)	术后住院时间(d)
ICG荧光组	13	24.90±18.06	105.38±12.98	5.30±2.41	2.46±1.05	5.15±1.52
改良膨胀萎陷组	17	728.97±223.34	151.12±49.28	6.25±4.86	2.59±0.87	7.00±2.55
t		4.625	3.172	0.166	−0.361	0.858
P		<0.001	0.002	0.868	0.721	0.043

患者,解剖性肺段切除组患者的5年总生存期长于肺叶切除组,2组患者5年无复发生存率基本一致(解剖性肺段切除组82.0% *vs.* 肺叶切除组81.7%)[20],因此,大部分胸外科专家认为解剖性肺段切除可作为部分早期肺癌的首选术式[20-21]。与肺叶切除术相比,解剖性肺段切除术更具挑战性,在识别靶段、鉴别靶段动静脉以及显示段间平面方面存在较多难点[22]。解剖性肺段切除术作为精准肺外科的代表术式,在尽可能完整切除病灶的同时最大限度保留肺功能。这不仅仅需要术前精准的手术规划,还要保证离断血管的精准性,使保留的肺组织能够完整复张和正常通气换气。每个肺段有独立的血管、支气管和淋巴引流,但不似肺叶有明显的解剖分界(叶裂)。因此,段间平面的精准识别是重点和难点[23-24]。

Tsubota教授[25]最早报道了膨胀萎陷法识别段间平面,并很快被临床接受和使用。2013年有研究提出了改良膨胀萎陷法,该方法是在离断靶段动静脉、气管后,纯氧膨肺,利用肺的弹性回缩力,逐步显现出段间平面,具有简便、安全、可重复性好等特点,为现行主流的方法[26-27]。然而改良膨胀萎陷法存在以下缺点:①等待时间长,常规10~15 min,尤其慢性支气管炎、肺气肿、胸腔粘连患者,等待时间更长;②因为肺段间可能存在的交通支,导致部分段间平面显示并不清晰和准确;③当外科医生准备切割肺组织时,因为靶段依然在膨胀中,导致手术视野受限、切割闭合难度加大,裁剪时肺组织的位移使得术后漏气比例增高[28-29]。2008年Misaki教授团队[30]首次将ICG用于段间平面的识别,效果可靠,后续广泛应用于外科手术中[31]。本研究采用ICG荧光显影法,在离断靶段动静脉和支气管后,静脉注射2.5 mg/mL ICG,无需对肺组织进行膨胀萎陷,可以清晰、精确、快速地显示段间平面,平均20 s,这与Guigard教授的报道基本相符[32]。

ICG在使用过程中总体来说是安全的,但需要注意其罕见的过敏反应。有研究认为,其过敏反应呈剂量依赖性,每日剂量控制在3 mg/kg以下则相对安全[33]。本研究中用量为4 mL,在安全剂量范围内,未发现过敏患者。在研究中我们总结出如下体会:①术前仔细阅片和3D数字重建可以很好地发现变异的动静脉,保留好段间静脉,可使段间平面识别更精确。②现有的数据显示,静脉注射3~5 mL ICG即可清晰、快速地显示段间平面,如果术中未能很好地显示,要从手术操作中寻找原因,避免盲目多次注射ICG,以免引起过敏反应。有研究报道,术中靶段动脉处理不精确导致了段间平面识别错误[34]。③ICG显示段间平面非常迅速,而且会很快向周边弥散,所以术中需提前显露后视野、打开胸腔镜荧光模式,段间平面清晰显示后,即刻用电钩标记好,以避免弥散对段间平面的影响。④不同的腔镜系统会对ICG的荧光效果产生影响,选择合适的荧光胸腔镜系统很重要。

本研究结果显示,ICG荧光组患者的段间平面出现时间和手术时间明显短于改良膨胀萎陷组,但是在淋巴结清扫数目、术后胸管时间、术后住院时间及术后并发症发生率方面并没有显示出很好的优势。我们认为:总体的手术方式非常成熟,再加上加速康复外科的实施,2组患者术后胸管时间在2 d左右,术后总并发症发生率均在较低水平,差异不显著,且术后住院时间也无明显差异。本研究进一步分析了2组间60岁以上患者手术相关指标的差异,发现ICG荧光组60岁以上患者术后住院时间短于改良膨胀萎陷组,提示ICG荧光显影法在60以上患者术后恢复方面更具优势。分析原因为:①60岁以上的患者合并肺部基础疾病的比例高,导致其耐受全身麻醉单肺通气的能力下降,手术时间缩短也预示着单肺通气时间缩短,有利于肺功能的保护和恢复。②老年患者的肺顺应性下降,导致其在膨胀萎陷的过程中需更多的时间,且肺内残气也相对较多,导致在切割肺组织时视野不佳、难度增加,术后漏气的可能性相对较高。③老年患者因自身生理和心理状态较差,术后恢复时间相对更长;而ICG荧光显影法优化手术后,术中无需膨肺,可快速显示段间平面,从而明显缩短单肺通气时间,患者获益更加明显。

综上,ICG荧光显影法能清晰快速地显示段间平面,可明显缩短老年肺结节患者的段间平面出现时间及术后住院时间,值得在有条件的单位推广。

[参考文献]

[1] 柴新春,许世广,刘 博,等. ⅠA期非小细胞肺癌行达芬奇机器人和电视胸腔镜肺段切除术近期疗效对比分析[J]. 中华胸心血管外科杂志,2021,37(11):644-648. doi:10.3760/cma.j.cn112434-20200926-00440

[2] 周国华,潘兴喜,姚维深,等. 胸腔镜肺段切除术在早期肺癌中的应用效果[J]. 中国当代医药,2022,29(21):78-81. doi:10.3969/j.issn.1674-4721.2022.21.021.

[3] 宁光耀,陈 杨,夏万里,等. 单孔胸腔镜肺楔形切除术和单孔胸腔镜解剖性肺段切除术治疗早期肺癌的效果[J]. 局解手术学杂志,2023,32(1):36-40. doi:10.11659/jjssx.05E022095.

[4] Bade BC, Dela Cruz CS. Lung cancer 2020 epidemiology, etiology, and prevention[J]. Clin Chest Med, 2020, 41(1): 1-24. doi: 10.1016/j.ccm.2019.10.001.

[5] 梁 宇,侯和磊,姜 曼,等. 中国年轻肺腺癌患者基因特点研究[J]. 中国肺癌杂志,2020,23(4):239-246. doi:10.3779/j.issn.1009-3419.2020.101.17.

[6] Nasim F, Ost DE. Management of the solitary pulmonary nodule[J]. Curr Opin Pulm Med, 2019, 25: 344-353. doi: 10.1097/MCP.0000000000000586.

[7] 周 研,张建平,耿仲伟,等. 解剖性肺段切除术与肺叶切除术治疗磨玻璃结节样非小细胞肺癌的疗效分析[J]. 局解手术学杂志, 2022,31(3):198-201. doi:10.11659/jjssx.07E021056.

[8] Landreneau RJ, Normolle DP, Christie NA, et al. Recurrence and survival outcomes after anatomic segmentectomy versus lobectomy for clinical stage Ⅰ non-small-cell lung cancer: a propensity-matched analysis[J]. J Clin Oncol, 2014, 32(23): 2449-2455. doi: 10.1200/JCO.2013.50.8762.

[9] 蒲睿智,赵 强,胡德宏,等. 单孔与单操作孔胸腔镜肺癌根治术治疗早期肺癌的疗效对比[J]. 局解手术学杂志,2022,31(1):40-43. doi:10.11659/jjssx.08E021142.

[10] Nakagawa K, Watanabe SI, Kunitoh H, et al. The Lung Cancer Surgical Study Group of the Japan Clinical Oncology Group: past activities, current status and future direction[J]. Jpn J Clin Oncol, 2017,47(3):194-199. doi:10.1093/jjco/hyw169.

[11] Churchill ED, Belsey R. Segmental pneumonectomy in bronchiectasis: the lingula segment of the left upper lobe[J]. Ann Surg, 1939, 109(4):481-489. doi:10.1097/00000658-193904000-00001.

[12] He H, Zhao H, Ma L, et al. Identification of the intersegmental plane by arterial ligation method during thoracoscopic segmentectomy[J]. J Cardiothorac Surg, 2022, 17(1): 281. doi: 10.1186/s13019-022-02011-5.

[13] Marco A, Rossella P, Agathe SG, et al. Identification of the intersegmental plane during thoracoscopic segmentectomy: state of the art[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2020, 30(3): 329-336. doi: 10.1093/icvts/ivz278.

[14] Yoshiyasu N, Kojima F, Takahara H, et al. Efficacy of the segment-counting method in predicting lung function and volume following stapler-based thoracoscopic segmentectomy[J]. Ann Thorac Cardiovasc Surg, 2022, 28(2): 121-128. doi: 10.5761/atcs.oa.21-00111.

[15] 杨振宇,刘成武,梅建东,等. 肺段切除治疗磨玻璃影为主早期肺癌的围术期及远期效果:单中心大样本回顾性研究[J]. 中国胸心血管外科临床杂志,2021,28(12):1420-1426. doi:10.7507/1007-4848.202111030.

[16] Niu N, Zhou L, Zhao J, et al. Sublobar resection versus lobectomy in the treatment of synchronous multiple primary lung cancer[J]. World J Surg Oncol, 2023, 21(1): 135. doi: 10.1186/s12957-023-02996-w.

[17] Hafez MAF, Elgaml AMAE, Khairy MA, et al. Computed tomographic features of pulmonary pure ground-glass nodule: a comparison between neoplastic and non-neoplastic nodules[J]. Egypt J Radiol Nuc M, 2022, 53(1). doi: 10.1186/s43055-022-00934-6.

[18] Chen TF, Xie CY, Rao BY, et al. Surgical treatment to multiple primary lung cancer patients: a systematic review and meta-analysis[J]. BMC Surg, 2019, 19(1): 185. doi: 10.1186/s12893-019-0643-0.

[19] Xu S, Su C. Segmentectomy for NSCLC: a better alternative?[J]. Lancet Respir Med, 2023, 11(6): 497-498. doi: 10.1016/S2213-2600(23)00076-0.

[20] 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[J]. Lancet, 2022, 399(10335): 1607-1617. doi: 10.1016/S0140-6736(21)02333-3.

[21] Altorki N, Wang X, Kozono D, et al. Lobar or sublobar resection for peripheral stage IA non-small-cell lung cancer[J]. Newengl J Med, 2023, 388(6): 489-498. doi: 10.1056/NEJMoa2212083.

[22] 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]. J Cardiothorac Surg, 2022, 17(1): 63. doi: 10.1186/s13019-022-01808-8.

[23] Handa Y, Tsutani Y, Mimae T, et al. Oncologic outcomes of complex segmentectomy: a multicenter propensity score-matched analysis[J]. Ann Thorac Surg, 2021, 111(3): 1044-1051. doi: 10.1016/j.athoracsur.2020.06.020.

[24] Handa Y, Tsutani Y, Mimae T, et al. A multicenter study of complex segmentectomy versus wedge resection in clinical stage 0-IA non-small cell lung cancer[J]. Clin Lung Cancer, 2022, 23(5): 393-401. doi: 10.1016/j.cllc.2021.10.005.

[25] Tsubota N. An improved method for distinguishing the intersegmental plane of the lung[J]. Surg Today, 2000, 30(10): 963-964. doi: 10.1007/s005950070056.

[26] Oizumi H, Kato H, Endoh M, et al. Slip knot bronchial ligation method for thoracoscopic lung segmentectomy[J]. Ann Thorac Surgy, 2014,97(4):1456-1458. doi:10.1016/j.athoracsur.2013.07.125.

[27] Wang J, Xu XF, Wen W, et al. Modified method for distinguishing the intersegmental border for lung segmentectomy[J]. Thorac Cancer, 2017,9(2):330-333. doi:10.1111/1759-7714.12540.

[28] 邵 丰,孙云刚,王 朝,等. 荧光法与膨胀萎陷法在胸腔镜解剖性肺段切除术中界定段间平面的对照研究[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2019, 26(9): 899-904. doi: 10.7507/1007-4848.201812022.

[29] 陈 亮,葛明建. 肺段切除术中段间平面显示方法的研究进展[J]. 中国肺癌杂志, 2020, 23(9): 818-823. doi: 10.3779/j.issn.1009-3419.2020.101.31.

[30] Kasai Y, Yamamoto Y, Chang SS, et al. Usefulness of an infrared thoracoscopy (IRTS) with ICG for identifying small peripheral lung cancer: a case report[J]. J Jpn Associat Chest Surg, 2008, 22(6): 948-952. doi: 10.2995/jacsurg.22.948.

[31] 郑发德,郭晓彤. ICG荧光染色法与改良膨胀萎陷法在胸腔镜肺段切除中的对比研究[J]. 影像科学与光化学, 2022, 40(5): 1211-1214. doi: 10.7517/issn.1674-0475.220529.

[32] Guigard S, Triponez F, Bédat B, et al. Usefulness of near-infrared angiography for identifying the intersegmental plane and vascular supply during video-assisted thoracoscopic segmentectomy[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2017, 25(5): 703-709. doi: 10.1093/icvts/ivx225.

[33] Tarumi S, Misaki N, Kasai Y, et al. Clinical trial of video-assisted thoracoscopic segmentectomy using infrared thoracoscopy with indocyanine green[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2014, 46(1): 112-115. doi: 10.1093/ejcts/ezt565.

[34] 李海军,陈南征,张广健,等. 吲哚菁绿荧光显像在微创解剖性肺段切除术段间平面确定中的初步应用[J]. 现代肿瘤医学, 2019, 27(24): 4362-4365. doi: 10.3969/j.issn.1672-4992.2019.24.009.

(编辑:龙小芬)