

肺段切除术的发展

郭晨冉^{1,2}, 薛峰^{1,2}, 彭忠民^{1,2*}

¹山东大学医学院, 山东 济南

²山东省立医院胸外科, 山东 济南

收稿日期: 2023年6月11日; 录用日期: 2023年7月5日; 发布日期: 2023年7月13日

摘要

肺癌作为全球发病率第一、致死率第二的癌症, 给国民的经济健康造成了巨大的负担。目前肺癌的治疗手段比较多, 主要包括放化疗、手术、免疫治疗、介入治疗等。对于早期肺癌的治疗, 手术是首选。肺癌的手术方法包括肺叶切除术、肺段切除术、肺楔形切除术等, 其中肺段切除术一直是人们的研究热点。本文主要探讨了肺段切除术的发展进程以及最新的研究进展。

关键词

肺癌, 肺段切除术, 手术切除范围

Development of Segmentectomy

Chenran Guo^{1,2}, Feng Xue^{1,2}, Zhongmin Peng^{1,2*}

¹School of Medicine, Shandong University, Jinan Shandong

²Thoracic Surgery Department, Shandong Provincial Hospital, Jinan Shandong

Received: Jun. 11th, 2023; accepted: Jul. 5th, 2023; published: Jul. 13th, 2023

Abstract

Lung cancer, with the first incidence and the second death rate in the world, has caused a huge burden on the economic health of the people. At present, there are many treatment means for lung cancer, mainly including radiotherapy and chemotherapy, surgery, immunotherapy, interventional therapy, etc. For the treatment of early-stage lung cancer, surgery is preferred. Surgical methods for lung cancer include lobectomy, segmentectomy and lung wedge resection, among which segmentectomy has been a research hotspot. This paper mainly discusses the development process of segmentectomy and the latest research progress.

*通讯作者。

Keywords

Lung Cancer, Segmentectomy, Extent of Surgical Resection

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 肺段切除术的发展史

在 1939 年 Churchill 等人[1]报道了一例肺段切除治疗支气管扩张症的案例,自此以后,肺段切除术进入了人们的视野。在此后的几十年内,人们对肺段切除术的适用指征和肺段切除与肺叶切除的差异不断的进行探索,在这八十余年中,人们肺段切除术的认知也在不断发展与变化。50 年前解剖性肺段切除第一次作为治疗肺癌的切除手段被报道[2],1982 年北美肺癌研究协会(LCSG)的研究 LCSG821 [3]对比了肺叶切除对比亚肺段切除术治疗 T1N0 期肺癌的差异。结果表明,亚肺叶切除(肺段切除、楔形切除)在治疗直径 ≤ 3 cm 的肺癌时,复发率比肺叶切除高 3 倍,死亡率比肺叶切除高 50%。此后,肺叶切除术便被视作手术治疗早期肺癌的标准术式,而肺段切除被视作对于肺功能差、不适宜肺叶切除患者的姑息术式[4] [5]。

近几十年,随着 CT 筛查、微创手术技术(包括经胸腔镜手术和机器人手术)的引入以及手术水平和手术精准度的提高,胸外科手术环境也发生了巨大的变化。首先,随着低剂量螺旋 CT (LDCT)因其经济、无创、安全等特点,逐渐成为早期肺癌筛查的主要手段,美国国家肺癌筛查试验[6] (National Lung Screening Trial, NLST)也推荐其为早期肺癌的主要筛查方式。因此,越来越多的小结节被检测出来,它们很多有磨玻璃影像成分(GGO),而 GGO 则有可能有着较低的侵袭性[7]。所以,有着不同实性成分占比的肺癌是否应该用相同的治疗方式,是存在疑问的。同时,即便是同为 T1N0 期的肺癌,也为因为其直径的不一样,生存率的差异也较大。有研究[8]表明处于 T1a、T1b、T1c 期的早期肺癌,其五年生存率分别为 92%、86%、81%。根据国际肺癌研究协会、美国胸科学会和欧洲呼吸学会(International Association for the Study of Lung Cancer/American Thoracic Society/European Respiratory Society, IASLC/ATS/ERS)的肺腺癌病理分类,肺腺癌分为原位癌、微浸润腺癌、浸润性腺癌,浸润性腺癌又分为贴壁型、腺泡型、乳头型、微乳头型、实体型五种亚型,即便相同尺寸、相同实性成分占比,不同分型的肿瘤预后差异较大[9] [10]。因此,在现阶段,对于直径 ≤ 3 cm 的肺癌如果仍统一采用 LCSG821 的结果,明显是过时、不合适的。

微创手术经过长期的实践验证,已被证实为一种安全的手术技术。从短期而言,它可以显著减少围手术期的创伤和疼痛,因此,有助于患者术后更好的恢复并提升患者的生活质量。长期而言,和开放手术相比较,其不会导致生存率和肿瘤复发率的提高[11] [12]。同时,早期肺段切除术主要切除的是比较简单的舌段和背段,并且主要是依靠当时术者的经验以及解剖知识。这导致早期肺段切除术出现并发症(如出血、漏气)的概率比较高,肺段切除术术后出现二级以上的并发症的概率可达 27.4%,有 36 (6.5%)名患者术后出现持续的肺部漏气,远高于肺叶切除术后的 3.7% [13] [14],有研究表明。近 10 余年,随着支气管、血管三维重建技术(3D-CTBA)的发展,其在临床中逐渐得到应用,并且开始指导肺段切除术的术前规划和术中精确指导[15] [16]。肺段手术术式也能涉及到每一个肺段,甚至还出现了如肺亚段切除这样的更次一级的解剖单位的切除。

近几十年来,也有许多研究探索肺段切除术在治疗早期肺癌的指征,基于这些,本综述将系统回顾关于肺段切除术适应症的研究进展以及肺段切除技术的进展,有助于人们加深对肺段切除术的理解,以

便今后可以继续深入探索其适应症。

2. 肺段切除术适应症的探索

最早人们探索的是直径 ≤ 3 cm 的肿瘤, 1982 年的多中心随机对照研究 LCSG821 [3] 作为世界上第一个研究亚肺叶切除与肺叶切除的研究, 该研究共入组 125 例肺叶切除患者, 122 例亚肺叶切除的患者(肺段切除 82 例, 楔形切除 40 例)。该研究结论显示亚肺叶切除增加了患者的死亡率和局部的复发率, 并且其并未改善患者远期的肺功能。因此该阶段肺叶切除术仍是 T1N0 期肺癌患者的主要治疗手段。随后, 人们对于直径 ≤ 2 cm 早期肺癌的回顾性研究[17]显示, 亚肺叶切除可以获得与肺叶切除相似的效果, 中位时间 7.3 年的随访结果显示, 肺段切除术和肺叶切除术的 5 年 OS 率分别为 94.3% 和 91.1%。这让人们看到了肺段切除术在直径 ≤ 2 cm 早期肺癌上普及的可能性, 也为后续相关的随机对照试验奠定了基础。美国癌症和白血 B 组与国家癌症研究所的一项多中心随机对照试验(CALGB/Alliance 140 503)对比了肺叶切除与亚肺叶切除对直径 ≤ 2 cm 的外周型非小细胞肺癌治疗效果[18], 结果显示肺叶切除术后与肺段切除术后患者的 5 年无病生存率分别为 64.3% 和 63.9%, 二者比较无统计学差异。所以, 我们可以得出结论: 对于直径 ≤ 2 cm 且病理上证实无淋巴结转移的周围型非小细胞肺癌, 亚肺叶切除的效果并不比肺叶切除差。

有大量研究表明[19] [20] [21] CTR 值 < 0.5 的肺癌患者术后会得到很好预后。日本临床肿瘤学协会(JCOG)在 2008 年设计了两项前瞻性试验, 分别是 JCOG0802 和 JCOG0804。JCOG0804 作为一项单臂研究, 其主要是研究楔形切除对外周型、直径 ≤ 2 cm、CTR < 0.25 的非小细胞肺癌的治疗效果[22]; JCOG0802 则是一项对比肺段切除与肺叶切除对直径 ≤ 2 cm 且 $0.5 < \text{CTR} \leq 1.0$ 的侵袭性早期周围型肺癌的治疗效果[23]。同时, JCOG 设计了一项非随机验证性试验 JCOG1211 [24], 以验证肺段切除对治疗实性成分较少肺癌的有效性, 其入组标准为: 1) $0.25 < \text{CTR} \leq 0.5$, 肿瘤直径 ≤ 2 cm; 2) $\text{CTR} \leq 0.5$, $2 \text{ cm} < \text{肿瘤直径} \leq 3 \text{ cm}$ 。JCOG0804 共纳入 314 例接受亚肺叶切除的患者, 其 5 年无病生存率为 99.7%, 且全部没有复发[22], 这表明亚肺叶切除可以有效治疗直径 ≤ 2 cm、CTR < 0.25 的肺癌。JCOG1211 的结果[24]在 2021 年被公布, 结果显示, 在 357 例肺段切除患者中, 其无复发生存率与总生产率均为 98%, 达到了预定的终点, 这表明肺段切除术在治疗 CTR ≤ 0.5 且直径 < 3 cm 的早期肺癌的有效性。

2022 年, JCOG0802 的最终结果[23]得到公布, 结果显示肺段切除组的患者($n = 552$)的五年总生产率为 94.3%, 高于肺叶切除组患者($n = 554$)的 91.1%。在肺段切除组与肺叶切除组的 5 年无复发生产率的比较中, 二者无明显差异, 分别为 88.0% 与 87.9%; 肺段切除组的局部复发率为 10.5%, 高于肺叶切除组的 5.4%。JCOG0802 得出了最终结论: 肺段切除除了漏气相对较多外, 其术后并发症和死亡率与肺叶切除术无明显差异。

肺腺癌作为一种独特的疾病, 2011 年 IASLC/ATS/ERS [10] 将其分为了原位癌、微浸润腺癌、浸润性腺癌, 前两者切除后有着接近 100% 的生存率。浸润性腺癌则分为了贴壁、腺泡、乳头、微乳头、实体五种亚型, 不同亚型的肺癌, 有着不同的恶性程度。有研究[25]将病理亚型分为了三级, 分别为: 低转移潜能模式(I 级)即贴壁型; 具有中等转移潜能的模式(II 级)即腺泡和乳头型; 具有高转移潜能的模式(III 级)即实体和微乳头型。因而, 不同的亚型对预后有着很大影响。因此, 不同的病理分型也会影响手术术式的选择, 如果是原位癌或者微浸润腺癌, 因其恶性程度低, 局部复发可能性也很小, 通常优先选择楔形切除或者肺段切除; 而针对恶性程度高、易复发转移的病理分型(如微乳头亚型), 选择肺叶切除术可能更为合适。然而术后常规石蜡病理并不能指导术式的选择, 术中快速冰冻病理在诊断病理亚型方面又比较困难[26], 所以术前若能通过影像学将恶性度高的病理亚型分辨出来就显得极为重要, 这也是我们研究的方向。

肺结节生长的位置也影响着肺段切除的可行性, 根据结节位于的解剖单位, 通常将肺结节根据其所

在的位置分为中央型和外周型。肺结节在肺内的深度，对肺段切除的可行性有着很大的影响。如果是位于深处的肺结节，那行亚肺叶切除将会很困难。一方面，对于处于肺实质深处的结节，如果采用亚肺叶切除术很难保证足够的切缘，易造成局部的复发；另一方面，深处的肺结节会导致切除范围过大，失去了亚肺叶切除的肺功能保护优势。因此，对于这种深部的肺癌，通常采用肺叶切除术。

综上，关于肺段切除术的指征需要考虑肿瘤的大小、位置、具体性质等因素，2019版的中华医学会肺癌临床诊疗指南[27]推荐的肺段切除术的适应症为病理为原位癌、GGO成分 $\geq 50\%$ 、治疗倍增时间 ≥ 400 天；至2022年版中华医学会肺癌临床诊疗指南[28]，其推荐的适应症拓展为直径 ≥ 2 cm，含GGO成分或倍增时间 ≥ 400 天的早期肺癌可行意向性肺段切除术。因此，人们仍在探索肺段切除术的适应症合适边界。

3. 肺段切除的相关技术

近年来，肺段切除术的技术也在迅猛发展。三维重建技术便对肺段切除提供了非常大的帮助[29]，三维重建技术是基于患者的CT影像将其重建为立体图像的技术，针对每个患者，精确的显示其气管、血管走行并定位结节的位置，这不仅可以减少术中消耗的时间，也可以减少肺组织不必要的分离，从而减少出血量、减少出现并发症的可能性，提高手术的精确性[30]。荧光显影也是一种识别肺节段间平面的方法，吲哚菁绿是其常用的一种染料，其首次被报道应用于2009年[31]。在截断肺段动脉后，通过外周静脉注射吲哚菁绿，在近红外胸腔镜下，肺会显示出蓝色和白色两种区域，其中白色是断流的肺组织，蓝色的是正常的肺组织；也可直接通过支气管注射染料，直接识别出肺节段间平面，有利于肺段的切除。通过电磁导航支气管镜技术，可以将亚甲基蓝注射在小结节的周围，从而其可在脏层胸膜显示出来，进而可被直接切除[32]。但是，该技术由于费用高且难度大，目前难以在临床推广。

术中识别出段间平面也非常重要，目前常用的方法有膨胀萎陷法和选择性节段高频通气法。膨胀萎陷法指在双腔插管单侧通气的情况下，在解剖、断离相应肺段动脉、静脉、支气管后，将纯氧通过一定压力通入肺中，此时被解剖肺段仍可通过Cohn气孔膨胀起来，此后健侧肺的纯氧逐渐被吸收塌陷，患肺无法萎陷，10~20分钟之后，患者健患肺之间逐渐形成一条界限，这被视作段间边界。该方法简单易操作，但是等待时间长，且不适用于肺黏连和严重肺气肿患者[33]。选择性节段高频通气法则是在分离肺段支气管后，由麻醉师将纤维支气管镜放入目标肺段的支气管口，高频通气[34]，在健侧肺段保持萎陷的同时，将靶段胀起进而结扎靶段支气管口，使该肺段保持膨胀状态，进而出现一条膨胀-萎陷分界线。但是，该方法也有其局限性，首先其支气管镜的直径需要与肺段支气管的直径相匹配，其次，如果遇到肺段支气管位置复杂的情况，就需要麻醉师有很丰富的经验。

4. 结论

综上，随着医疗水平的发展，对早期肺癌的诊断也越来越精准，虽然肺段切除术的指征仍有争议，但是解剖性肺段切除术也被越来越多的胸外科医生接受。今后，随着人们对其研究的深入，解剖性肺段切除术可能在一定程度上取代肺叶切除术，成为早期肺癌的标准术式。

基金项目

山东省重大科技创新工程项目(2019JZZY021002)。

参考文献

- [1] Churchill, E.D. and Belsey, R. (1939) Segmental Pneumonectomy in Bronchiectasis: The Lingula Segment of the Left Upper Lobe. *Annals of Surgery*, **109**, 481-499. <https://doi.org/10.1097/00000658-193904000-00001>

- [2] Jensik, R.J., Faber, L.P., Milloy, F.J., *et al.* (1973) Segmental Resection for Lung Cancer. A Fifteen-Year Experience. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **66**, 563-572. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(19\)40590-4](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(19)40590-4)
- [3] Ginsberg, R.J. and Rubinstein, L.V. (2020) Randomized Trial of Lobectomy versus Limited Resection for T1N0 Non-Small Cell Lung Cancer. Lung Cancer Study Group. *Cancers (Basel)*, **12**, 615-623.
- [4] Ginsberg, R.J. and Rubinstein, L.V. (1995) Randomized Trial of Lobectomy versus Limited Resection for T1N0 Non-Small Cell Lung Cancer. Lung Cancer Study Group. *The Annals of Thoracic Surgery*, **60**, 615-622. [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(95\)00537-U](https://doi.org/10.1016/0003-4975(95)00537-U)
- [5] Landreneau, R.J., Sugarbaker, D.J., Mack, M.J., *et al.* (1997) Wedge Resection versus Lobectomy for Stage I (T1N0M0) Non-Small-Cell Lung Cancer. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **113**, 691-698. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(97\)70226-5](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(97)70226-5)
- [6] Veronesi, G., Baldwin, D., Henschke, C., *et al.* (1995) Recommendations for Implementing Lung Cancer Screening with Low-Dose Computed Tomography in Europe. *The Annals of Thoracic Surgery*, **60**, 615-623.
- [7] Travis, W., Brambilla, E., Noguchi, M., *et al.* (2011) International Association for the Study of Lung Cancer/American Thoracic Society/European Respiratory Society International Multidisciplinary Classification of Lung Adenocarcinoma. *Journal of Thoracic Oncology*, **6**, 244-285. <https://doi.org/10.1097/JTO.0b013e318206a221>
- [8] Rami-Porta, R., Bolejack, V., Crowley, J., *et al.* (2015) The IASLC Lung Cancer Staging Project: Proposals for the Revisions of the T Descriptors in the Forthcoming Eighth Edition of the TNM Classification for Lung Cancer. *Journal of Thoracic Oncology*, **10**, 990-1003. <https://doi.org/10.1097/JTO.0000000000000559>
- [9] Russell, P.A., Wainer, Z., Wright, G.M., *et al.* (2011) Does Lung Adenocarcinoma Subtype Predict Patient Survival? A Clinicopathologic Study Based on the New International Association for the Study of Lung Cancer/American Thoracic Society/European Respiratory Society International Multidisciplinary Lung Adenocarcinoma Classification. *Journal of Thoracic Oncology*, **6**, 1496-1504. <https://doi.org/10.1097/JTO.0b013e318221f701>
- [10] Warth, A., Muley, T., Meister, M., *et al.* (2012) The Novel Histologic International Association for the Study of Lung Cancer/American Thoracic Society/European Respiratory Society Classification System of Lung Adenocarcinoma Is a Stage-Independent Predictor of Survival. *Journal of Clinical Oncology*, **30**, 1438-1446. <https://doi.org/10.1200/JCO.2011.37.2185>
- [11] Paul, S., Isaacs, A.J., Treasure, T., *et al.* (2014) Long Term Survival with Thoracoscopic versus Open Lobectomy: Propensity Matched Comparative Analysis Using SEER-Medicare Database. *BMJ*, **349**, g5575. <https://doi.org/10.1136/bmj.g5575>
- [12] Cao, C., Manganas, C., Ang, S.C., *et al.* (2013) Video-Assisted Thoracic Surgery versus Open Thoracotomy for Non-Small Cell Lung Cancer: A Meta-Analysis of Propensity Score-Matched Patients. *Interdisciplinary Cardiovascular and Thoracic Surgery*, **16**, 244-249. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivs472>
- [13] Nomori, H. and Okada, M. (2012) *Illustrated Textbook of Anatomical Pulmonary Segmentectomy*. Springer, Heidelberg.
- [14] Suzuki, K., Saji, H., Aokage, K., *et al.* (2019) Comparison of Pulmonary Segmentectomy and Lobectomy: Safety Results of a Randomized Trial. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **158**, 895-907. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.03.090>
- [15] Wu, W.B., Xia, Y., Pan, X.L., *et al.* (2019) Three-Dimensional Navigation-Guided Thoracoscopic Combined Subsegmentectomy for Intersegmental Pulmonary Nodules. *Thoracic Cancer*, **10**, 41-46. <https://doi.org/10.1111/1759-7714.12897>
- [16] Wu, W.B., Xu, X.F., *et al.* (2016) Thoracoscopic Pulmonary Sub-Subsegmentectomy Based on Three-Dimensional Images. *The Annals of Thoracic Surgery*, **102**, e389-e391. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.04.048>
- [17] Rami-Porta, R., Ball, D., Crowley, J., *et al.* (2007) The IASLC Lung Cancer Staging Project: Proposals for the Revision of the T Descriptors in the Forthcoming (Seventh) Edition of the TNM Classification for Lung Cancer. *Journal of Thoracic Oncology*, **2**, 593-602. <https://doi.org/10.1097/JTO.0b013e31807a2f81>
- [18] Lee, K.S., Kim, Y., Han, J., *et al.* (1997) Bronchioloalveolar Carcinoma: Clinical, Histopathologic, and Radiologic Findings. *Radiographics*, **17**, 1345-1357. <https://doi.org/10.1148/radiographics.17.6.9397450>
- [19] Suzuki, K., Koike, T., Asakawa, T., *et al.* (2011) A Prospective Radiological Study of Thin-Section Computed Tomography to Predict Pathological Noninvasiveness in Peripheral Clinical IA Lung Cancer (Japan Clinical Oncology Group 0201). *Journal of Thoracic Oncology*, **6**, 751-756. <https://doi.org/10.1097/JTO.0b013e31821038ab>
- [20] Asamura, H., Hishida, T., Suzuki, K., *et al.* (2013) Radiographically Determined Noninvasive Adenocarcinoma of the Lung: Survival Outcomes of Japan Clinical Oncology Group 0201. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **146**, 24-30. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.12.047>
- [21] Suzuki, K., Watanabe, S., Wakabayashi, M., *et al.* (2022) A Single-Arm Study of Sublobar Resection for Ground-Glass Opacity Dominant Peripheral Lung Cancer. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **163**, 289-301.e2.

- <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2020.09.146>
- [22] Ye, T., Deng, L., Wang, S., *et al.* (2019) Lung Adenocarcinomas Manifesting as Radiological Part-Solid Nodules Define a Special Clinical Subtype. *Journal of Thoracic Oncology*, **14**, 617-627. <https://doi.org/10.1016/j.jtho.2018.12.030>
- [23] Aokage, K., Saji, H., Suzuki, K., *et al.* (2017) A Non-Randomized Confirmatory Trial of Segmentectomy for Clinical T1N0 Lung Cancer with Dominant Ground Glass Opacity Based on Thin-Section Computed Tomography (JCOG1211). *General Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **65**, 267-272. <https://doi.org/10.1007/s11748-016-0741-1>
- [24] Sica, G., Yoshizawa, A., Sima, C.S., *et al.* (2010) A Grading System of Lung Adenocarcinomas Based on Histologic Pattern Is Predictive of Disease Recurrence in Stage I Tumors. *The American Journal of Surgical Pathology*, **34**, 1155-1162. <https://doi.org/10.1097/PAS.0b013e3181e4ee32>
- [25] Nitadori, J., Bograd, A.J., Kadota, K., *et al.* (2013) Impact of Micropapillary Histologic Subtype in Selecting Limited Resection vs Lobectomy for Lung Adenocarcinoma of 2 cm or Smaller. *Journal of the National Cancer Institute*, **105**, 1212-1220. <https://doi.org/10.1093/jnci/djt166>
- [26] Masai, K., Sakurai, H., Sukeda, A., *et al.* (2017) Prognostic Impact of Margin Distance and Tumor Spread through Air Spaces in Limited Resection for Primary Lung Cancer. *Journal of Thoracic Oncology*, **12**, 1788-1797. <https://doi.org/10.1016/j.jtho.2017.08.015>
- [27] 中华医学会, 中华医学会肿瘤学分会, 中华医学会杂志社. 中华医学会肺癌临床诊疗指南(2019 版) [J]. 肿瘤研究与临床, 2020, 32(4): 217-249.
- [28] 中华医学会肿瘤学分会, 中华医学会杂志社. 中华医学会肺癌临床诊疗指南(2022 版) [J]. 中华肿瘤杂志, 2022, 44(6): 457-490.
- [29] Chan, E.G., Landreneau, J.R., Schuchert, M.J., *et al.* (2015) Preoperative (3-Dimensional) Computed Tomography Lung Reconstruction before Anatomic Segmentectomy or Lobectomy for Stage I Non-Small Cell Lung Cancer. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **150**, 523-528. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2015.06.051>
- [30] She, X., Gu, Y., Xu, C., *et al.* (2018) Three-Dimensional (3D)-Computed Tomography Bronchography and Angiography Combined with 3D-Video-Assisted Thoracic Surgery (VATS) versus Conventional 2D-VATS Anatomic Pulmonary Segmentectomy for the Treatment of Non-Small Cell Lung Cancer. *Thoracic Cancer*, **9**, 305-309. <https://doi.org/10.1111/1759-7714.12585>
- [31] Misaki, N., Chang, S.S., Gotoh, M., *et al.* (2009) A Novel Method for Determining Adjacent Lung Segments with Infrared Thoracoscopy. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **138**, 613-618. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2009.01.003>
- [32] Mariolo, A.V., Vieira, T., Stern, J.B., *et al.* (2021) Electromagnetic Navigation Bronchoscopy Localization of Lung Nodules for Thoracoscopic Resection. *Journal of Thoracic Disease*, **13**, 4371-4377. <https://doi.org/10.21037/jtd-21-223>
- [33] Jin, Y., Wang, M., Xue, L., *et al.* (2019) Clinical Application of Near-Infrared Thoracoscopy with Indocyanine Green in Video-Assisted Thoracoscopic Anatomical Segmentectomy. *Surgical Innovation*, **26**, 473-477. <https://doi.org/10.1177/1553350619848197>
- [34] Okada, M., Mimura, T., Ikegaki, J., *et al.* (2007) A Novel Video-Assisted Anatomic Segmentectomy Technique: Selective Segmental Inflation via Bronchofiberoptic Jet Followed by Cautery Cutting. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **133**, 753-758. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2006.11.005>