

三维CT支气管血管重建技术在胸腔镜肺段切除术治疗早期肺癌中的应用

代祖建, 林铿强, 黄明翔, 王世忠, 叶建刚, 许德新, 潘闪
福建省福州肺科医院胸外科, 福建 福州 350008

【摘要】目的:观察三维CT支气管血管重建技术(3D-CTBA)在胸腔镜肺段切除术治疗早期肺癌中的应用价值。**方法:**回顾性分析60例早期非小细胞肺癌患者的临床资料,均行胸腔镜肺段切除术+淋巴结清扫(或采样),其中30例采用3D-CTBA技术(三维重建组),另外30例术前常规进行二维CT检查(CT组),记录两组手术指标、住院总费用、术后恢复情况、并发症发生率及术后6个月复发情况。**结果:**三维重建组术中出血量显著少于CT组($P<0.05$),手术时间显著短于CT组($P<0.05$),切缘宽度显著大于CT组($P<0.05$);三维重建组术后胸管留置时间、住院时间显著短于CT组($P<0.05$),胸管引流量、住院总费用显著少于CT组($P<0.05$);三维重建组并发症总发生率显著低于CT组($P<0.05$);随访6个月,发现两组均无复发病例。**结论:**3D-CTBA技术应用于早期肺癌患者胸腔镜肺段切除术,可有效提高手术安全性,获得更好手术切除效果,同时减少术后并发症,更利于患者快速康复,降低住院费用。

【关键词】三维;支气管血管重建;肺癌;胸腔镜;肺段切除术

【中图分类号】R318;R734.2

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2022)08-0967-05

Application of three-dimensional computed tomography bronchography and angiography in thoracoscopic pulmonary segmentectomy for early lung cancer

DAI Zujian, LIN Kengqiang, HUANG Mingxiang, WANG Shizhong, YE Jiangang, XU Dexin, PAN Shan
Department of Thoracic Surgery, Fuzhou Pulmonary Hospital of Fujian Province, Fuzhou 350008, China

Abstract: Objective To evaluate the application value of three-dimensional computed tomography bronchography and angiography (3D-CTBA) in thoracoscopic pulmonary segmentectomy for early lung cancer. **Methods** The clinical data of 60 patients with early non-small cell lung cancer were analyzed retrospectively. All patients were treated with thoracoscopic pulmonary segmentectomy and lymph node dissection (or sampling). Among them, 30 patients were subjected to 3D-CTBA (3D reconstruction group), and the other 30 received preoperative routine two-dimensional CT examination (CT group). The operation indicators, total hospitalization expense, postoperative recovery, the incidence rates of complications and recurrence in 6 months after operation were recorded. **Results** Compared with CT group, 3D reconstruction group had less intraoperative blood loss ($P<0.05$), shorter operation time ($P<0.05$), and larger margin width ($P<0.05$). The postoperative chest tube indwelling time and hospital stay were noticeably shorter in 3D reconstruction group than CT group ($P<0.05$), and the chest tube drainage volume and hospitalization expense in 3D reconstruction group were significantly less ($P<0.05$). The total incidence of complications in 3D reconstruction group was obviously lower than that in CT group ($P<0.05$). No recurrence was found in the two groups during 6 months of follow-up. **Conclusion** The application of 3D-CTBA in thoracoscopic pulmonary segmentectomy for patients with early lung cancer can effectively improve the safety of the operation, and obtain better surgical results while reducing postoperative complications, which is more conducive to recovery and reducing hospitalization expense.

Keywords: three-dimensional; bronchial vascular reconstruction; lung cancer; thoracoscope; pulmonary segmentectomy

【收稿日期】2022-01-22

【基金项目】福建省卫生健康科研人才培养项目(2019-ZQN-89);福州市临床重点专科建设项目(201912003)

【作者简介】代祖建, 硕士, 副主任医师, 研究方向: 肺部小结节诊疗, E-mail: daizujian1977@163.com

前言

近年来肺癌发病率与致死率呈现逐年升高趋势,在各种恶性肿瘤中居首位^[1]。在肺癌病变早期筛查工作逐步推进下,更多早期肺癌患者得以被发现,手术切除为其首选疗法^[2]。以往报道指出,中晚期肺

癌患者术后5年生存率低至5%,而早期肺癌患者术后5年生存率则高达80%~90%^[3]。当前,肺叶切除联合纵隔淋巴结清扫依然为非小细胞肺癌临床治疗标准术式。以往研究表明,相较于肺叶切除术,肺段切除术治疗早期肺癌(病灶直径 ≤ 2 cm)能够获得相似远期疗效,同时最大程度保留患者肺功能,降低术后并发症风险^[4]。临床医师越来越重视胸腔镜肺段切除手术在早期肺癌中的应用。然而,肺段解剖结构十分复杂,具有较多变异支气管与微血管,因此如何更精准进行解剖性肺段切除为当前临床关注热点。现阶段,基于影像检查三维重建技术得到了有效发展,其工作原理是采用软件处理(包括提取及分割等)CT断层图像,形成三维几何图形,同时以智能化软件系统构建三维模型。这种技术已经在整形外科、肝胆科以及骨科得到广泛应用^[5-6]。理论上认为,胸腔镜肺段切除治疗中采用三维重建技术,能够提高手术精确度与安全性。本研究探索三维CT支气管血管重建(3D-CTBA)在早期肺癌胸腔镜肺段切除术中的应用价值,希望为该技术的应用提供可靠依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

对福建省福州肺科医院2020年1月~2021年3月间60例行胸腔镜肺段切除术+淋巴结清扫(或采样)早期非小细胞肺癌患者进行回顾性分析。纳入标准:(1)单发病灶;(2)根据影像学检查结果,高度怀疑为肺癌,磨玻璃成分占比 $\geq 50\%$,病灶直径 ≤ 2 cm,且经病理证实;(3)纵隔以及肺门处均无肿大(超过1 cm)淋巴结,且无远处转移;(4)具有肺段切除术适应证;(5)精神意识正常;(6)资料完整。排除标准:(1)中途改变术式;(2)合并凝血系统疾病或者自身免疫性疾病等;(3)合并严重脏器病变;(4)术中大出血,必须输血治疗;(5)术中发现病灶侵犯气管、大血管或者心脏、胸腔广泛粘连等。患者均签署知情同意书,本研究获得医院伦理委员会审批。其中30例术前采用3D-CTBA技术(三维重建组),30例术前常规进行二维CT检查(CT组)。

1.2 方法

两组患者均接受胸腔镜肺段切除术,使用3孔法,在患者第3~5肋间作手术主操作孔,在肩胛下角线方位第7~9肋间作手术副操作孔,在腋中线处的第7/8肋间作观察孔;CT组与三维重建组分别按照二维CT图像与3D-CTBA图像实施手术。

CT组:通过64排128层容积CT(购自美国GE)扫描患者全肺容积,予以平扫与增强扫描,注意由胸

廓至膈肌平面进行扫描,采取高压注射器,从患者肘静脉团注一定造影剂,包括肺静/动脉期,接着扫描获得质量最佳图像。图像内容主要为肿瘤与肺动/静脉、邻近支气管及分支等的关系。术前规划:根据增强CT图像,进一步明确肿瘤所处肺段,然后对切除范围进行规划,按照肿瘤位置及其邻近支气管与肺血管具体走形,进行肺段切除方式的选择。

三维重建组:在手术前同样采用CT机予以平扫与增强扫描,接着导出增强扫描所得DICOM文件,采取Mimics Medical 20.0软件完成三维重建过程,重建时间一般为30~60 min,对肿瘤位置进行标记,同时显示支气管与周围肺动静脉,进一步明确肿瘤靶肺段部位。术前规划:根据二维图像以及3D-CTBA影像明确解剖结构类型、是否变异或者存在畸形。以肿瘤为中心,了解肿瘤肺段、肺亚段具体归属。结合肿瘤和肺段支气管结构、段间静脉以及亚段间静脉具体关系,进一步追根溯源,确定肿瘤所处位置,直观并且准确地判断肿瘤肺段归属。然后以肿瘤为中心,往外大约延伸2 cm,从而明确安全切缘,合理规划切除范围,同时按照肿瘤位置及邻近支气管以及肺血管走形,确定应切除或者保留结构。基于3D图像,遵循从浅入深原则确定切除顺序,采取合适手术入路方式,设计最佳操作顺序,尽量避免解剖并且分离处理需保留肺段,减少对各结构不必要的损伤,增加手术操作精确性,获得更好的手术效果。随访6个月,记录复发情况。

1.3 观察指标

收集患者性别、年龄、合并症、肿瘤直径、肿瘤深度(与脏层胸膜相隔最短距离)、肿瘤部位、病理诊断[原位腺癌(MIA)、非典型腺瘤样增生(AAH)、浸润性腺癌(IAC)、微浸润腺癌(MIA)等]及TNM分期等基线资料;记录两组手术指标(出血量、手术时间、切缘宽度)、住院总费用、术后恢复情况(胸管留置时间、胸管引流量、住院时间)及并发症发生率。

1.4 统计学处理

采用SPSS22.0软件进行数据处理,其中计数资料以频数与频率表示,使用 χ^2 检验;计量资料经正态分布检验,以均数 \pm 标准差表示,使用 t 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组基线资料比较

两组性别、年龄、糖尿病、高血压、肿瘤直径、肿瘤深度、肿瘤部位、病理诊断、TNM分期比较无显著差异($P > 0.05$,表1)。

表 1 两组基线资料比较[例(%)]

Table 1 Comparison of baseline data between two groups[cases (%)]

基线资料	三维重建组(n=30)	CT组(n=30)	t/χ ² 值	P值
性别			0.069	0.793
男	13(43.33)	12(40.00)		
女	17(56.67)	18(60.00)		
年龄/岁	59.46±8.73	60.38±8.25	0.420	0.676
糖尿病	4(13.33)	2(6.67)	0.185	0.667
高血压	5(16.67)	3(5.00)	0.144	0.704
肿瘤直径/cm	1.28±0.21	1.31±0.24	0.515	0.608
肿瘤深度/cm	1.35±0.24	1.32±0.25	0.474	0.637
肿瘤部位			0.332	0.988
右上叶	11(36.67)	12(40.00)		
右中叶	2(6.67)	2(6.67)		
右下叶	5(16.67)	4(13.33)		
左上叶	8(26.67)	7(23.33)		
左下叶	4(13.33)	5(16.67)		
病理诊断			0.128	0.938
AIS	6(20.00)	5(16.67)		
MIA	11(36.67)	11(36.67)		
IAC	13(43.33)	14(46.67)		
TNM分期			0.601	0.740
0期	6(20.00)	5(16.67)		
Ia1期	13(43.33)	16(53.33)		
Ia2期	11(36.67)	9(30.00)		

2.2 两组手术指标比较

三维重建组术中出血量显著少于CT组($P<0.05$),手术时间显著短于CT组($P<0.05$),切缘宽度显著大于CT组($P<0.05$),见表2。

表 2 两组手术指标比较($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of operation indicators between two groups (Mean±SD)				
组别	n	出血量/mL	手术时间/min	切缘宽度/cm
三维重建组	30	65.23±10.98	99.67±16.53	2.16±0.32
CT组	30	93.74±13.49	110.52±18.45	1.95±0.28
t值		8.978	2.399	2.705
P值		<0.001	0.020	0.009

2.3 两组术后恢复情况与住院总费用比较

三维重建组术后胸管留置时间、住院时间显著短于CT组($P<0.05$),胸管引流量、住院总费用显著少于CT组($P<0.05$),见表3。

2.4 两组并发症情况比较

三维重建组并发症总发生率显著低于CT组($P<0.05$,表4)。

2.5 复发情况

随访6个月,经胸部CT检查,发现两组均无复发病例。

2.6 影像分析

早期非小细胞肺癌胸腔镜肺段切除术术前规划中二维CT与3D-CTBA分析图像见图1~图5。

表 3 两组术后恢复情况比较($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparison of postoperative recovery between two groups (Mean±SD)

组别	n	胸管留置时间/d	胸管引流量/mL	住院时间/d	住院总费用/万元
三维重建组	30	2.74±0.36	438.96±78.54	4.72±0.75	3.72±0.52
CT组	30	3.81±0.58	657.18±102.37	6.38±1.02	4.16±0.75
t值		8.585	9.263	7.182	2.641
P值		<0.001	<0.001	<0.001	0.011

表 4 两组并发症情况比较

Table 4 Comparison of the incidence of complications between two groups

组别	n	肺部感染	肺持续漏气	咯血	心律失常	总发生率
三维重建组	30	2	2	0	2	6(20.00%)
CT组	30	6	7	3	3	19(63.33%)
χ ² 值						11.589
P值						0.001

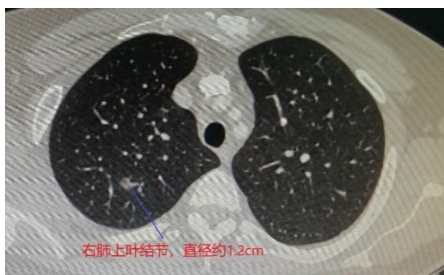


图1 二维CT图像显示肺结节位置

Figure 1 Location of pulmonary nodules in two-dimensional CT image

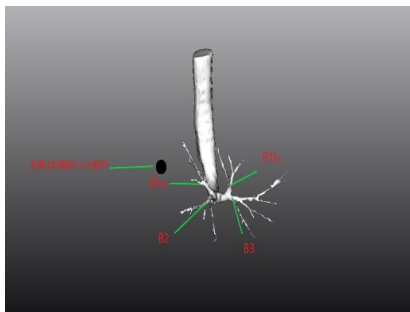


图2 3D-CTBA显示肺结节

Figure 2 Pulmonary nodules in 3D-CTBA

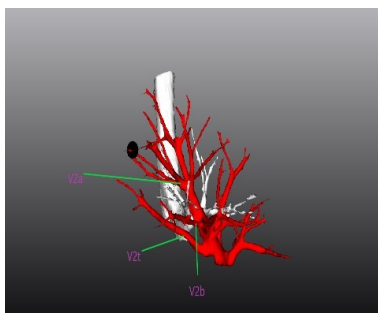


图3 3D-CTBA显示支气管

Figure 3 Bronchi in 3D-CTBA

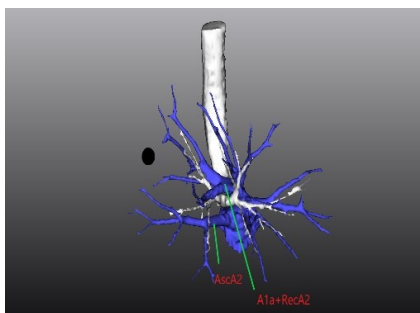


图4 3D-CTBA显示肺动静脉

Figure 4 Pulmonary arteries and veins in 3D-CTBA

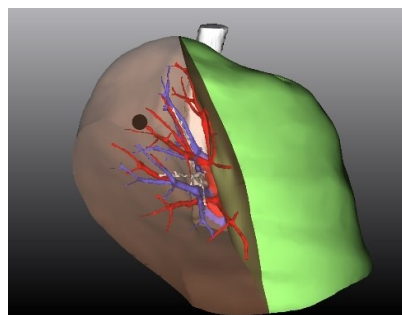


图5 3D-CTBA显示肺动静脉相对位置

Figure 5 Relative position of pulmonary arteries and veins in 3D-CTBA

杂,存在较大个体差异,同时变异较多,以往传统手术方案一般是按照二维CT图像计划的,但是常规二维薄层CT无法精确定位病灶所属肺段、支气管与目标肺动静脉走行,因此手术容易产生误切、漏切以及多切等问题^[7-8]。医学影像图3D重建技术是当前多学科交叉的一个研究新领域,已经在诊断医学、模拟仿真、解剖教学、外科手术操作规划、放射治疗方案规划、整形手术规划等中得到应用^[9-11]。临床认为,精准肺段切除必须熟悉肺部解剖结构,要求手术医师能够精确辨认所切肺段支气管以及动静脉属支,考虑到肺段解剖变异非常多,提高了切除难度,尤其是对于初学者而言,手术风险更大^[12-13],3D重建技术应运而生。当前,3D重建技术与3D打印技术于医院肺外科治疗中的应用仍然处于研究阶段,相关临床报道并不多。本研究中三维重建组术中出血量显著更少,手术时间显著更短,与刘宗昂等^[14]研究观点相符。证实3D-CTBA技术的应用能够减少手术损伤,提高手术安全性。分析原因,利用三维重建软件分析与构建影像学检查资料,有效还原3D图像,便于医生更直观了解肿瘤病灶、肺段血管以及支气管三者空间关系,同时还能够按照其走行情况协助肿瘤定位,制定精确手术规划^[15];术中根据基于3D-CTBA技术制定的手术规划,能够快速找到最佳入路内各种解剖结构(如肺动静脉与相应肺段支气管等)具体解剖位置,为医师识别解剖结构提供了较为直观并且准确的导航,高效引导手术医师分离肺段支气管以及肺动静脉,减少对肺段支气管以及肺动静脉等造成的损伤,实现肺段精准切除。本研究中三维重建组切缘宽度显著大于CT组,提示3D-CTBA应用于胸腔镜肺段切除术,切缘优势明显。临床认为,切缘宽度不足为肺段切除术后出现局部复发情况的主要原因^[16]。有研究指出对于直径不超过2 cm的结节(主要是磨玻璃成分),手术中2 cm切缘宽度能够有效降低术后局部复发风险^[17]。故在术前确定最小切除范围,可为意向性胸腔镜肺段切除手术治疗效

3 讨论

与肺叶切除相比,解剖性肺段切除过程中,由于肺段解剖结构比较偏向支气管以及血管远端,具有较多分支,并且肺动静脉与周围支气管结构关系复

果提供一定保障。有研究称以往传统方法仅根据二维CT图像对手术最小切除范围进行辨认,往往具有较大难度^[18]。利用3D-CTBA中的软件对2 cm安全切缘进行标记,结合肺血管、支气管结构和安全切缘之间的关系合理规划最小手术范围,能够提高手术操作准确性,确保切缘阴性。

以往研究表明,段间静脉属于肺段平面分界主要解剖标志,一般在相邻肺段之间,一旦判断失误,将引起咯血等并发症,情况严重时患者可能需接受二次手术治疗^[19]。本研究发现三维重建组并发症总发生率显著低于CT组,提示术前3D-CTBA的应用能够降低患者术后并发症风险。主要由于肺段静脉变异相对较多并且复杂,利用二维CT图像难以判断肺段间交界面,因此术中容易产生血管损伤或者误断,导致术后咯血等各种并发症风险增加^[20];3D-CTBA能够于术前准确发现解剖变异,有利于医师术中准确辨别应该切除血管与相应支气管,避免段间静脉的误断,从而减少术后咯血,同时3D-CTBA的应用有利于保留有效肺组织,从而降低肺部感染或者肺持续漏气发生率^[21]。此外,三维重建组心律失常并发症较少,可能与3D-CTBA引导胸腔镜肺段切除术的实施,可减少脏器不必要损伤有关。本研究中三维重建组术后胸管留置时间、住院时间均显著更短,胸管引流量显著更少,表明术前3D-CTBA可缩短患者术后康复进程。可能由于术中3D-CTBA影像导航能够指导医师对于靶段支气管结构以及动静脉予以精细解剖,提高判别与处理准确性,有效减少手术对机体的创伤。本研究发现三维重建组住院总费用显著少于CT组,提示3D-CTBA的应用有利于减少患者医疗花费,一定程度上减轻其医疗负担。

综上所述,早期肺癌患者胸腔镜肺段切除术前进行3D-CTBA,有利于更安全地开展手术,确保手术切缘宽度足够,同时降低术后并发症风险,缩短患者康复进程,减少住院费用,具有重要应用价值。

【参考文献】

- [1] Hirsch FR, Scagliotti GV, Mulshine JL, et al. Lung cancer: current therapies and new targeted treatments[J]. Lancet, 2017, 389(10066): 299-311.
- [2] Romaszko AM, Doboszyńska A. Multiple primary lung cancer: a literature review[J]. Adv Clin Exp Med, 2018, 27(5): 725-730.
- [3] Arbour KC, Riely GJ. Systemic therapy for locally advanced and metastatic non-small cell lung cancer: a review[J]. JAMA, 2019, 322(8): 764-774.
- [4] Qu R, Ping W, Hao Z, et al. Surgical outcomes of segmental bronchial sleeve resection in central non-small cell lung cancer[J]. Thorac Cancer, 2020, 11(5): 1319-1325.
- [5] Wu YJ, Bao Y, Wang YL. Thoracoscopic segmentectomy assisted by three-dimensional computed tomography bronchography and angiography for lung cancer in a patient living with situs inversus totalis: a case report[J]. World J Clin Cases, 2019, 7(22): 3844-3850.
- [6] Nagashima T, Shimizu K, Ohtaki Y, et al. Analysis of variation in bronchovascular pattern of the right middle and lower lobes of the lung using three-dimensional CT angiography and bronchography[J]. Gen Thorac Cardiovasc Surg, 2017, 65(6): 343-349.
- [7] Elkhoully AG, Sorge R, Rogliani P, et al. Ergonomical assessment of three-dimensional versus two-dimensional thoracoscopic lobectomy[J]. Semin Thorac Cardiovasc Surg, 2020, 32(4): 1089-1096.
- [8] Mimura T, Yamashita Y, Hirai Y, et al. Efficacy of complete video-assisted thoracoscopic surgery lobectomy using the three-dimensional endoscopic system for lung cancer[J]. Gen Thorac Cardiovasc Surg, 2020, 68(4): 357-362.
- [9] Zheng H, Yao L, Chen M, et al. 3D contrast image reconstruction from human brain activity[J]. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2020, 28(12): 2699-2710.
- [10] Witjes MJ, Schepers RH, Kracima J. Impact of 3D virtual planning on reconstruction of mandibular and maxillary surgical defects in head and neck oncology[J]. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg, 2018, 26(2): 108-114.
- [11] Binder JS, Scholz M, Ellmann S, et al. Cinematic rendering in anatomy: a crossover study comparing a novel 3D reconstruction technique to conventional computed tomography[J]. Anat Sci Educ, 2021, 14(1): 22-31.
- [12] Cocuzza S, Di Luca M, Maniaci A, et al. Precision treatment of post pneumonectomy unilateral laryngeal paralysis due to cancer[J]. Future Oncol, 2020, 16(16s): 45-53.
- [13] 赵肖, 卢恒孝, 张振江. CT三维重建联合术中肺自然萎陷定位在胸腔镜肺段切除术中的初步探讨[J]. 中国肺癌杂志, 2021, 24(10): 683-689.
- [14] Zhao X, Lu HX, Zhang ZJ. Preliminary study of CT three-dimensional reconstruction combined with ground glass nodules of natural lung collapse in thoracoscopic pulmonary segmental resection[J]. Chinese Journal of Lung Cancer, 2021, 24(10): 683-689.
- [15] 刘宗昂, 张苏宁. 胸腔镜肺段切除术在治疗早期非小细胞肺癌中的应用[J]. 中国医科大学学报, 2019, 48(7): 663-666.
- [16] Liu ZA, Zhang SN. Video-assisted thoracoscopic segmentectomy in the treatment of early-stage non-small cell lung cancer[J]. Journal of China Medical University, 2019, 48(7): 663-666.
- [17] Sardari Nia P, Olsthoorn JR, Heuts S, et al. Interactive 3D reconstruction of pulmonary anatomy for preoperative planning, virtual simulation, and intraoperative guiding in video-assisted thoracoscopic lung surgery[J]. Innovations (Phila), 2019, 14(1): 17-26.
- [18] Seguin-Givélet A, Lutz J, Brian E, et al. Surgical treatment of early stage non-small cell lung cancer by thoracoscopic segmental resection[J]. Rev Mal Respir, 2018, 35(5): 521-530.
- [19] 巩翠珂, 齐蕾, 王志华, 等. 最大直径 ≤ 2 cm原发性周围型肺腺癌临床病理特征及预后[J]. 中国老年学杂志, 2019, 39(7): 1600-1603.
- [20] Gong CK, Qi L, Wang ZH, et al. Clinicopathological features and prognosis of primary peripheral lung adenocarcinoma with maximum diameter ≤ 2 cm[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2019, 39(7): 1600-1603.
- [21] Chen Y, Zhang J, Chen Q, et al. Three-dimensional printing technology for localised thoracoscopic segmental resection for lung cancer: a quasi-randomised clinical trial[J]. World J Surg Oncol, 2020, 18(1): 223.
- [22] Konno H, Ohde Y. Current status of limited resection for lung cancer as minimally invasive surgery[J]. Kyobu Geka, 2019, 72(1): 51-56.
- [23] She XW, Gu YB, Xu C, et al. 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[J]. Thorac Cancer, 2018, 9(2): 305-309.
- [24] 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[J]. 中国微创外科杂志, 2019, 19(2): 115-117.
- [25] Sun C, Lu SC, Wang XL, et al. Application of three-dimensional computed tomography bronchography and angiography in thoracoscopic anatomical segmentectomy[J]. Chinese Journal of Minimally Invasive Surgery, 2019, 19(2): 115-117.

(编辑:黄开颜)