doi:10.11659/jjssx.02E025025

·临床研究·

Exoview与Mimics三维重建在胸腔镜肺段切除术中的应用比较

朱军平[1],郭濛濛[2],史家星[1],郭志刚[1],杨圣辉[1],乔 珍[1] (1.华北医疗健康集团邢台总医院胸外科,河北 邢台 054000;2.华北医疗健康集团邢台总医院手术室,河北 邢台 054000)

[摘 要] **目的** 比较Exoview与Mimics三维重建序贯荧光法用于胸腔镜肺段切除术的效果。**方法** 回顾性分析2020年1月至2023年6月我院收治的160例肺癌患者的临床资料,其中术前采用Exoview三维重建序贯荧光法的79例胸腔镜肺段切除术患者为Exoview组,术前采用Mimics三维重建序贯荧光法的81例胸腔镜肺段切除术患者为Mimics组。比较2组患者手术完成情况、术前评估左肺和右肺动脉分支数量与术中所见符合率、重建时间、段面显示效果、手术一般指标(手术时间、术中出血量、淋巴结清扫数量、胸管放置时间、术后住院时间)、肺功能[第1秒用力呼气容积(FEV_1)、第1秒用力呼气容积占预计值百分比(FEV_1%)]及并发症。**结果** 2组患者顺利完成胸腔镜肺段切除术,吲哚菁绿均注射1次,手术过程与术前模拟情况大致相同,无中转开胸。2组患者手术切除肺段部位比较,差异无统计学意义(P>0.05)。Exoview组患者术前评估左肺和右肺动脉分支数量与术中所见符合率高于Mimics组(P<0.05);Exoview组患者段面显示效果与Mimics组比较,差异无统计学意义(P>0.05);Exoview组患者手术时间、重建时间短于Mimics组,术中出血量少于Mimics组(P<0.05)。2组患者淋巴结清扫数量、胸管放置时间、术后住院时间比较,差异无统计学意义(P>0.05);Exoview组患者术后7 d的FEV_1和FEV_1%与术前比较,差异无统计学意义(P>0.05);Mimics组患者术后7 d的FEV_1和FEV_1%低于术前(P<0.05);Exoview组患者术前、术后7 d的FEV_1和FEV_1%与Mimics组比较,差异无统计学意义(P>0.05);Exoview组患者并发症总发生率为1.27%,与Mimics组的4.94%比较,差异无统计学意义(P>0.05)。**结论** Exoview与Mimics三维重建序贯荧光法用于胸腔镜肺段切除术均安全有效,但Exoview在术前评估肺段动脉分支数量方面更有优势,且重建时间、手术时间更短,对肺功能影响小。

[关键词] Exoview软件;Mimics软件;三维重建;胸腔镜;肺段切除术;荧光法

[中图分类号] R734.2;R655.3 [文献标志码] A [收稿日期] 2025-02-07

[基金项目] 邢台市重点研发计划项目(2023ZC162)

[通信作者] 乔 珍,E-mail:1667650849@qq.com

[17] Zhang P, Yu S, Li H, et al. ILT4 drives B7-H3 expression via PI3K/AKT/mTOR signalling and ILT4/B7-H3 co-expression correlates with poor prognosis in non-small cell lung cancer[J]. FEBS Lett, 2015, 589(17):2248-2256. doi: 10.1016/j.febslet.2015.06.037.

[18] Wang S, Wang J, Gong W, et al. ILT4 facilitates angiogenesis in non-small cell lung cancer[J]. Cancer Sci, 2024, 115(5): 1459-1475. doi: 10.1111/cas.16126.

[19] Chen X, Gao A, Zhang F, et al. ILT4 inhibition prevents TAM and dysfunctional T cell-mediated immunosuppression and enhances the efficacy of anti-PD-L1 therapy in NSCLC with EGFR activation[J]. Theranostics, 2021, 11(7):3392-3416. doi: 10.7150/thno.52435.

[20] Laumont CM, Nelson BH. B cells in the tumor microenvironment: multi-faceted organizers, regulators, and effectors of anti-tumor immunity[J]. Cancer Cell, 2023, 41(3): 466-489. doi: 10.1016/j.ccell.2023.02.017.

[21] 崔迎春,李建全,张 典. 肿瘤的免疫治疗[J]. 中国免疫学杂志, 2022, 38(14): 1783-1787. doi: 10.3969/j.issn.1000-484X.2022.14.022.

[22] Li X, Wei X, Xu H, et al. Expression of leukocyte immunoglobulin-like receptor B2 in hepatocellular carcinoma and its clinical significance[J]. J Cancer Res Ther, 2018, 14(7): 1655-1659. doi: 10.4103/jcrt.JCRT_542_18.

[23] Lu N, Li Y, Zhang Z, et al. Human semaphorin-4A drives Th2 responses by binding to receptor ILT-4[J]. Nat Commun, 2018, 9(1):742. doi: 10.1038/s41467-018-03128-9.

[24] Gao A, Liu X, Lin W, et al. Tumor-derived ILT4 induces T cell senescence and suppresses tumor immunity[J]. J Immunother Cancer, 2021, 9(3):e001536. doi: 10.1136/jitc-2020-001536.

[25] Li J, Ding X, Yan W, et al. Tumor-derived immunoglobulin-like transcript 4 promotes postoperative relapse via inducing vasculogenic mimicry through MAPK/ERK signaling in hepatocellular carcinoma[J]. Am J Pathol, 2024, 194(12): 2398-2411. doi: 10.1016/j.ajpath.2024.08.010.

[26] Liu H, Xu XF, Zhao Y, et al. NS-398 promotes pancreatic cancer cell invasion by CD147 and MMP-2 via the activation of P38[J]. Mol Med Rep, 2016, 13(3):2208-2214. doi: 10.3892/mmr.2016.4783.

(编辑:龙小芬)

Comparative analysis of Exoview and Mimics three-dimensional reconstruction in thoracoscopic pulmonary segmentectomy

ZHU Jun-ping[1], GUO Meng-meng[2], SHI Jia-xing[1], GUO Zhi-gang[1], YANG Sheng-hui[1], QIAO Zhen[1] (1. Department of Thoracic Surgery, Xingtai General Hospital, North China Medical and Health Group, Xingtai Hebei 054000, China; 2. Operating Room, Xingtai General Hospital, North China Medical and Health Group, Xingtai Hebei 054000, China)

Abstract: Objective To compare the effects of sequential Exoview and Mimics three-dimensional reconstruction with fluorescence method in thoracoscopic pulmonary segmentectomy. **Methods** The clinical data of 160 patients with lung cancer admitted to our hospital from January 2020 to June 2023 were retrospectively analyzed. Among them, 79 patients who underwent thoracoscopic pulmonary segmentectomy with the sequential Exoview three-dimensional reconstruction and fluorescence method before the operation were classified as the Exoview group, and 81 patients who underwent thoracoscopic pulmonary segmentectomy with the sequential Mimics three-dimensional reconstruction and fluorescence method before the operation were classified as the Mimics group. The surgical completion status, the coincidence rate between the number of left and right pulmonary artery branches evaluated before operation and intraoperative findings, reconstruction time, segment display effect, general indicators of operation (operation time, intraoperative blood loss, number of lymph node dissection, thoracic tube placement time, postoperative hospital stay), pulmonary function [forced expiratory volume in one second (FEV_1), percentage of forced expiratory volume in one second (FEV_1%)] and complications were compared between the two groups. **Results** All patients in the two groups successfully completed thoracoscopic pulmonary segmentectomy, and indocyanine green was injected once in each group. The operation process was roughly consistent with the preoperative simulation, and no thoracotomy was performed. There was no statistically significant difference in the resection of lung segment between the two groups of patients (P>0.05). The coincidence rate between the number of left and right pulmonary artery branches evaluated before operation and intraoperative findings in the Exoview group was higher than that in the Mimics group (P<0.05). There was no significant difference in the segment display effect between the Exoview group and the Mimics group (P>0.05). The operation time and the reconstruction time in the Exoview group were shorter those that in the Mimics group, and the intraoperative blood loss was less than that in the Mimics group (P<0.05). There was no significant difference in the number of lymph node dissection, the thoracic tube placement time, or the postoperative hospital stay between the two groups (P>0.05). There was no statistically significant difference in FEV_1 or FEV_1% 7 days after surgery compared with those before surgery (P>0.05). The FEV_1 and FEV_1% of patients in the Mimics group 7 days after surgery were lower than those beforesurgery (P<0.05). There was no statistically significant difference in FEV_1 or FEV_1% between the Exoview group and the Mimics group before and 7 days after surgery (P>0.05). The total incidence of complications in the Exoview group was 1.27%, compared with 4.94% in the Mimics group, the difference was not statistically significant (P>0.05). **Conclusion** Both sequential Exoview and Mimics three-dimensional reconstruction with fluorescence method are safe and effective for thoracoscopic pulmonary segmentectomy, while Exoview has more advantages in preoperative assessment of the number of pulmonary artery branches, and it has shorter reconstruction time and operation time, with less impact on lung function.

Keywords: Exoview software; Mimics software; three-dimensional reconstruction; thoracoscopy; pulmonary segmentectomy; fluorescence method

统计数据显示,肺癌已成为我国恶性肿瘤发病率和病死率最高的癌症之一[1]。随着胸部影像技术的进步和肺结节筛查的普及,早期肺癌检出率呈增加趋势[2]。采用胸腔镜肺段切除术治疗早期肺癌不仅能微创、完整地切除病灶,取得与肺叶切除术相似的效果,还能保留更多的肺功能,应用优势明显[3-4]。精准识别靶段段门结构与段间平面是安全有效实施胸腔镜肺段切除术的关键,其中靶段段门结构多通过术前影像学检查进行定位和识别。因传统的CT检查局限性明显,近年来基于CT检查的三维重建技术及多种三维重建软件被开发并广泛应用于胸腔镜肺段切除术的术前评估中,在提高肺段切除术的精准性和安全性中起到了至关重要的作用[5-8]。Mimics软件系胸腔镜肺段切除术常用的一种术前三维重建软件,研究显示,行Mimics三维重建可显著提升手术成功率[9]。Exoview是一款免费开源的三维重建软件,基于CT检查的Exoview术前三维重建能清楚地显示肺部解剖结构,为胸腔镜肺段切除术提供参考[10]。但现阶段关于这两种术前三维重建方法的比较研究较少,尚未明确何种软件能为胸腔镜肺段切除术提供更优的参考。目前识别段间平面主流的技术包括改良的膨胀萎陷法、荧光法,与改良的膨胀萎陷法相比,荧光法能快速、准确、清晰地显示段间线,降低手术难度[11-12]。基于此,本研究就Exoview与Mimics三维重建序贯荧光法用于胸腔

镜肺段切除术的效果进行比较分析,以期为术前选择三维重建软件提供一定参考。

1 资料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析2020年1月至2023年6月我院收治的160例肺癌患者的临床资料,其中术前采用Exoview三维重建序贯荧光法的79例胸腔镜肺段切除术患者为Exoview组,术前采用Mimics三维重建序贯荧光法的81例胸腔镜肺段切除术患者为Mimics组。Exoview组患者中女30例,男49例;年龄19~75岁,平均(58.40±5.28)岁;肿瘤直径(1.10±0.28)cm;纯磨玻璃结节28例,混合型磨玻璃结节51例;伴糖尿病4例,高血压7例;微浸润性腺癌58例,浸润性腺癌21例。Mimics组患者中女34例,男47例;年龄19~75岁,平均(56.99±6.00)岁;肿瘤直径(1.07±0.31)cm;纯磨玻璃结节31例,混合型磨玻璃结节50例;伴糖尿病8例,高血压3例;微浸润性腺癌57例,浸润性腺癌24例。2组患者基线数据均衡可比(P>0.05)。

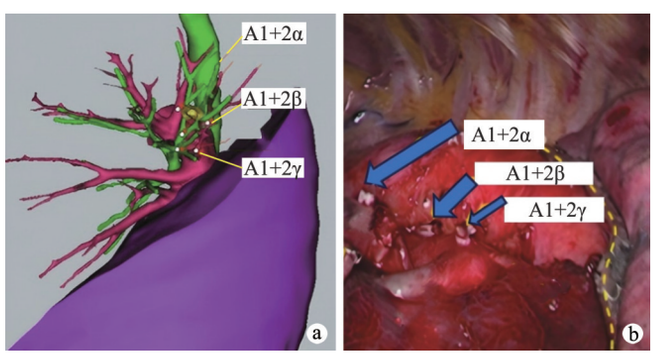
纳入标准:满足原发性肺癌的诊断标准[13]和肺段切除术适应证[14](表1);采用Exoview或Mimics三维重建序贯荧光法;18岁以上;既往无肺部手术史。排除标准:凝血功能障碍;伴其他癌症;术前有抗癌史;造影剂过敏史。

表1 肺段切除术适应证

分类	适用对象	核心条件
意向性肺段切除	能够耐受肺叶切除的患者,为保留更多肺功能而选择	必须同时满足:肿瘤直径≤2 cm;周围型(位于肺外周1/3);能够获得足够的手术切缘 满足以下任一病理/影像特征:CT影像示磨玻璃成分≥50%;病理证实为不典型腺瘤样增生、原位腺癌、微浸润性腺癌或贴壁生长为主的腺癌
妥协性肺段切除	因身体状况无法耐受肺叶切除的患者	必须同时满足:肿瘤直径≤2 cm;周围型(位于肺外周1/3);能够获得足够的手术切缘 满足以下任一情况:心肺功能储备不足;严重合并症;高龄等

1.2 方法

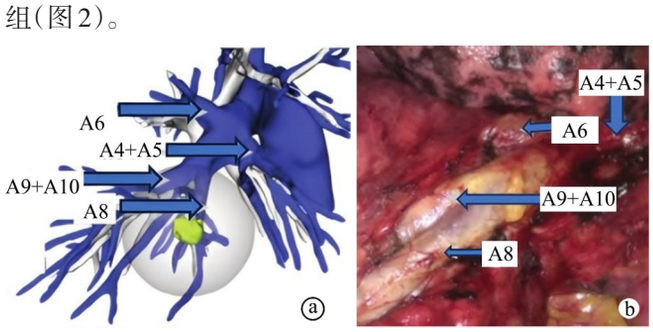
Exoview组:患者术前仰卧位,行CT肺血管造影,以5 mL/s于肘静脉注入碘克沙醇70~90 mL,4 s后自动扫描,嘱患者屏气,自胸顶扫描至膈角。以DICOM格式储存图像,由1位经验丰富的医生使用Exoview软件将气管、肺血管图像转换为三维模型,明确肿瘤位置、周围解剖关系(图1a),根据重建的三维模型模拟手术过程,必要时可术前行CT引导下Hook-wire定位或注射亚甲蓝对位置较深、较小的病灶进一步明确定位。患者全身麻醉,健侧侧卧,消毒铺单后,主刀医生和助手分别立于患者腹侧、背侧,单肺通气。采取常规主操作孔(腋前线第4~5肋间)、副操作孔(肩胛下角线第7~8肋间)、观察孔(腋中线第7~8肋间)三孔法入路,置入器械和胸腔镜,观察肺门淋巴结、肺萎缩、肺裂发育不良、胸水及胸腔粘连等情况。根据术前定位确定病灶的位置(图1b),先楔形切除肺周围病灶,然后行术中冰冻切片检查。对于不能楔形切除者,参考术前模拟路径,以反染法显露靶段,解剖分离段间动静脉、支气管,经外周静脉快速注入4 mL吲哚菁绿,切换至荧光模式,使用直线切割闭合器离断段间平面,切除病变靶肺段,保证术中切除范围距离病变边缘2 cm以上。术中常规采集锁骨、纵隔淋巴结标本,送快速病理检查,决定是否需行淋巴结清扫、肺叶切除。术毕常规留置胸腔引流管。



a:Exoview三维重建成像显示结节、支气管和肺动脉的相对关系;b:术中明确各结节位置与三维重建相符 A1+2α:左肺上叶尖后段的尖亚段动脉;A1+2β:左肺上叶尖后段的后亚段动脉;A1+2γ:左肺上叶尖后段的水平亚段动脉

图1 Exoview三维重建及术中图片

Mimics组:使用Mimics三维重建软件将气管、肺血管图像转换为三维模型,其他操作均同Exoview组(图2)。



a:Mimics三维重建成像显示结节、支气管和肺动脉的相对关系;b:术中明确各结节位置与三维重建相符 A4+A5:左肺上叶舌段(上舌段S4、下舌段S5)的肺动脉;A6:肺下叶背段(S6)的肺动脉;A8:肺下叶前基底段(S8)的肺动脉;A9+A10:肺下叶外基底段(S9)及后基底段(S10)的肺动脉

图2 Mimics三维重建及术中图片

1.3 观察指标

比较2组患者手术完成情况、重建时间、术前评估左肺和右肺动脉分支数量与术中所见符合率(术中所见与术前一致的动脉数量/术前评估的动脉数量×100%)、段面显示效果。其中段面显示效果评估时间为标记开始至标记结束,3级为段间线全部清晰显示并标记;2级为段间线基本清晰,能够完成标记;1级为不能完成段间线标记。当段面显示效果分级为1级时,需改用改良的膨胀萎陷法识别段间平面。比较2组患者手术一般指标(手术时间、术中出血量、淋巴结清扫数量、胸管放置时间、术后住院时间)、肺功能[第1秒用力呼气容积(forced expiratory volume in one second,FEV_1)、第1秒用力呼气容积占预计值百分比(percentage of forced expiratory volume in one second,FEV_1%)]及并发症。

1.4 统计学方法

数据采用SPSS 27.0软件分析,计数资料以率(%)表示,采用χ^2检验;计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间行独立样本t检验,组内行配对样本t检验。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 手术完成情况比较

2组患者顺利完成胸腔镜肺段切除术,吲哚菁绿均注射1次,手术过程与术前模拟情况大致相同,无中转开胸,手术切缘、淋巴结均未见肿瘤侵犯。2组患者手术切除肺段部位比较,差异无统计学意义(P>0.05),见表1。

2.2 术前评估左肺和右肺动脉分支数量与术中所见符合率

Exoview组术前评估左肺和右肺动脉分支数量与术中所见的符合率高于Mimics组(P<0.05),见表2。

表1 手术切除肺段部位比较[例(%)]

肺段	Exoview组(n=79)	Mimics组(n=81)	χ^2	P
左肺下叶	20(25.32)	23(28.40)	0.193	0.661
左肺上叶	29(36.71)	25(30.86)	0.611	0.434
右肺下叶	9(11.39)	8(9.88)	0.097	0.756
右肺上叶	21(26.58)	25(30.86)	0.358	0.550

表2 术前评估左肺和右肺动脉分支数量与术中所见符合率比较

组别	n	左肺动脉分支			右肺动脉分支		
		术中所见(支)	术前评估(支)	符合率(%)	术中所见(支)	术前评估(支)	符合率(%)
Exoview组	79	88	87	98.86	118	116	98.31
Mimics组	81	91	83	91.21	122	113	92.62
χ^2				4.004			4.428
P				0.045			0.035

2.3 段面显示效果比较

2组患者段面显示效果均无1级。Exoview组患者段面显示效果2级4例(5.06%),3级75例(94.94%);Mimics组患者段面显示效果2级3例(3.70%),3级78例(96.30%)。2组患者段面显示效果比较,差异无统计学意义(P>0.05)。

2.4 手术一般指标及重建时间比较

Exoview组患者手术时间及重建时间短于Mimics组,术中出血量少于Mimics组(P<0.05);2组患者淋巴结清扫数量、胸管放置时间、术后住院时间比较,差异均无统计学意义(P>0.05),见表3。

2.5 肺功能比较

Exoview组患者术后7 d的FEV_1和FEV_1%与术前比较,差异无统计学意义(P>0.05);Mimics组患者术后7 d的FEV_1和FEV_1%低于术前,差异有统计学意义(P<0.05);Exoview组患者术前、术后7 d的FEV_1和FEV_1%与Mimics组比较,差异无统计学意义(P>0.05),见表4。

表3 2组患者手术一般指标及重建时间比较($\bar{x}\pm s$)

组别	n	手术时间(min)	术中出血量(mL)	淋巴结清扫数量(枚)	胸管放置时间(d)	术后住院时间(d)	重建时间(min)
Exoview组	79	120.82±36.75	31.80±14.73	6.02±0.57	3.10±0.50	5.92±1.77	9.62±3.11
Mimics组	81	135.70±41.85	55.64±18.20	5.94±0.61	3.22±0.63	5.68±1.85	13.40±4.02
t		2.387	9.094	0.857	1.332	0.838	6.641
P		0.018	0.000	0.393	0.185	0.403	0.000

表4 2组患者肺功能比较($\bar{x}\pm s$)

组别	n	FEV_1(L)		t	P	FEV_1%(%)		t	P
		术前	术后7 d			术前	术后7 d		
Exoview组	79	2.30±0.39	2.20±0.44	1.512	0.133	82.00±7.45	80.01±6.33	1.809	0.072
Mimics组	81	2.34±0.45	2.11±0.30	3.827	0.000	83.96±5.94	78.55±9.17	5.280	0.000
t		−0.600	1.515			−1.842	1.169		
P		0.549	0.132			0.067	0.244		

2.6 并发症比较

Exoview组1例患者发生房颤和肺部感染，并发症总发生率为1.27%；Mimics组2例患者发生房颤，1例患者发生肺不张，1例患者发生胸腔积液，并发症总发生率为4.94%。2组患者并发症总发生率比较差异无统计学意义（χ^2=0.775，P=0.379）。房颤患者给予胺碘酮、吸氧后恢复，肺不张患者予以吹气球干预后恢复，肺部感染患者予以抗感染治疗后恢复，胸腔积液患者予以穿刺抽液后恢复。2组均无围术期死亡发生。

3 讨论

当前虽然胸腔镜肺段切除术取得了显著的进步，但术中缺乏有效的触觉反馈，如何更准确、更安全地实施手术仍是临床普遍关注的一个问题，加之肺部解剖变异比较常见，肺解剖结构的评估与段间平面的显露是胸外科医生面临的一大挑战[15-17]。

术前三维重建序贯荧光法能通过术前三维重建，将肺部结构以立体形式展示出来，准确定位靶病变位置及其与周围血管、支气管组织结构的关系，使手术医生术前熟悉解剖变异，从而规划准确的手术路径[18]；荧光法通过术中注射吲哚菁绿可快速准确显示肺段间平面，使手术医生可更个性化地进行术中肺部结构处理，术前三维重建与荧光法序贯使用成为胸腔镜肺段切除术的一种理想选择[19-20]。近年来，多种三维重建软件陆续出现，但关于比较不同三维重建软件下胸腔镜肺段切除术效果的报道并不多见。尽管三维重建软件的目的都相同，即通过术前二维CT影像的处理，将肺结节及其紧邻的组织解剖结构立体化显示，为靶肺段定位和周围组织解剖结构的处理提供参考，但不同的软件可能因程序、算法等不同，导致最终的三维重建效果存在一定差异[21]。Mimics软件通过对连续的CT图像资料进行重建，获得病灶及周围血管、支气管等组织的立体几何影像，并用不同的颜色进行区别，能对血管走行、支气管等进行全方位、多角度的观察，有助于术前规划个性化的手术方案；同时，根据重建结果进行模拟手术，可对术中可能损伤的血管、气管等进行预判，从而提高手术的安全性[22-23]。Exoview软件则是一款针对胸外科手术，特别是肺段切除术高度优化的专用型三维重建系统，其核心优势在于自动化与标准化，可自动识别并分别用不同颜色对气管/支气管、肺静脉、肺动脉进行色彩标注，遵循了医学影像的通用颜色标准，极大降低了用户的学习成本和使用门槛，这种一键式生成的重建模型，能快速、直观地为医生提供关于病灶位置、肺血管走行及其个体化变异的清晰三维信息，从而为手术实施提供指导[24]。

本研究结果显示，2组患者手术过程与术前模拟情况大致相同，均顺利完成胸腔镜肺段切除术。Exoview组术前评估左肺和右肺动脉分支数量符合率高于Mimics组，重建时间短于Mimics组，与Cui等[25]的结果一致。这可能得益于Exoview的以下优势：①在重建流程与效率方面，Exoview作为一款专注于胸肺部影像处理的软件，其算法和流程可能针对CT影像中肺组织与血管的对比特性进行了优化，实现了更高效的自动化分割，重建更快；②在血管识别与模型精准度方面，Exoview算法在辨识微小、模糊的血管结构方面可能具有独特优势，使其能够更完整地还原复杂的肺段血管解剖，尤其是对于CT图像质量不佳或血管变异较多的病例，从而为手术规划提供了更可靠的解剖导航；③Exoview作为一款开源软件，其高透明度允许全球开发者社区共同审查、优化其核心算法，这种协作模式有助于快速发现并修正软件在特定应用场景下的缺陷，提升其针对性和可靠性，故在临床应用中有更好的稳定性与精准度。但Exoview与Mimics三维重建算法是否有差异以及其可能造成的影响仍需后续研究进一步验证。理论上，Mimics软件重建可以通过调节mask的threshold值来显示更多的细小结构，但本研究通过不断尝试调整mask的threshold值，肺段动脉分支数量仍显示较少，不排除细小结构的显示也可能受其他重建参数、影像质量或血管本身特性的影响。Mimics软件的这种可调节性增加了其可塑性，但同时也对操作者的技术、熟练度等要求更高，临床应用受到一定限制。

由于采用Exoview软件进行三维重建术前评估的肺段动脉分支数量与术中所见符合率更高，所以术中定位所需时间较少，有利于缩短手术时间和减少术中出血量，本研究中Exoview组患者手术时间短于Mimics组，术中出血量少于Mimics组即佐证了这一点。

手术前后肺功能的改变是评估胸腔镜肺段切除术价值的一个重要参考指标。本研究显示，Exoview组患者术后7 d的FEV_1和FEV_1%与术前比较无统计学差异，Mimics组术后7 d的FEV_1和FEV_1%低于术前，提示Exoview三维重建可能对肺功能的影响更小。其原因可能是Exoview三维重建定位效果更好，解剖性肺段切除更精准；此外，Exoview三维重建手术时间较短，能减少手术创伤等引起的肺功能损害。在胸腔镜肺段切除术中，若术前对肺段支气管、血管的复杂变异缺乏充分了解，将导致术中决策缺乏多维度参考，因此一旦出现解剖变异，术者极易发生误判，可能影

响手术效果甚至危及患者安全。本研究中2组患者并发症总发生率无统计学差异,表明Exoview与Mimics三维重建序贯荧光法用于胸腔镜肺段切除术均安全可靠。

综上所述,Exoview与Mimics三维重建用于胸腔镜肺段切除术均安全有效,其中Exoview在术前评估肺段动脉分支数量方面更有优势,重建时间、手术时间更短,且对肺功能的影响较小。此外,Exoview软件是一款免费的三维重建软件,相较于价格昂贵的Mimics软件,Exoview软件更易于在基层单位推广。

[参考文献]

[1] 国家卫生健康委办公厅. 原发性肺癌诊疗指南(2022年版)[J]. 协和医学杂志,2022,13(4):549-570. doi:10.12290/xhyxzz.2022-0352.

[2] 上海市医学会胸外科专科分会,上海市医师协会胸外科医师分会,普胸外科临床能力促进与提升专科联盟. 多原发早期肺癌诊疗专家共识[J]. 中国胸心血管外科临床杂志,2022,29(12):1545-1553. doi:10.7507/1007-4848.202210015.

[3] Shi Y, Wu S, Ma S, et al. Comparison between wedge resection and lobectomy/segmentectomy for early-stage non-small cell lung cancer: a Bayesian meta-analysis and systematic review[J]. Ann Surg Oncol, 2022,29(3):1868-1879. doi:10.1245/s10434-021-10857-7.

[4] Al-Thani S, Nasar A, Villena-Vargas J, et al. Wedge resection, segmentectomy, and lobectomy: oncologic outcomes based on extent of surgical resection for ≤2 cm stage IA non-small cell lung cancer[J]. J Thorac Dis,2024,16(3):1875-1884. doi:10.21037/jtd-23-1693.

[5] Wu YJ, Shi QT, Zhang Y, et al. Thoracoscopic segmentectomy and lobectomy assisted by three-dimensional computed-tomography bronchography and angiography for the treatment of primary lung cancer[J]. World J Clin Cases, 2021, 9(34): 10494-10506. doi: 10.12998/wjcc.v9.i34.10494.

[6] Wu Z, Huang Z, Qin Y, et al. Progress in three-dimensional computed tomography reconstruction in anatomic pulmonary segmentectomy[J]. Thorac Cancer, 2022, 13(13): 1881-1887. doi: 10.1111/1759-7714.14443.

[7] 张智强,丁彦光,夏宏伟,等. Vitaworks软件CT影像三维重建及手术规划在早期非小细胞肺癌胸腔镜肺段切除术中的应用[J]. 山东医药,2022,62(32):71-74. doi:10.3969/j.issn.1002-266X.2022.32.017.

[8] 莫 靓,韦 兵,聂 军,等. 三维重建及3D打印技术在精准胸腔镜肺段切除术中的应用[J]. 影像科学与光化学,2024,42(3):239-246. doi:10.7517/issn.1674-0475.231218.

[9] 刘 让,陈李李,俞经生,等. Mimics三维重建技术在胸腔镜解剖性肺段切除手术中的应用效果分析[J]. 临床肺科杂志,2022,27(12):1845-1849. doi:10.3969/j.issn.1009-6663.2022.12.013.

[10] Zhu XY, Yao FR, Xu C, et al. Utility of preoperative three-dimensional CT bronchography and angiography in uniportal video-assisted thoracoscopic anatomical lobectomy: a retrospective propensity score-matched analysis[J]. Ann Transl Med, 2021, 9(6): 480. doi: 10.21037/atm-21-474.

[11] Cui F, Liu J, Du M, et al. Expert consensus on indocyanine green fluorescence imaging for thoracoscopic lung resection (the version 2022)[J]. Transl Lung Cancer Res, 2022, 11(11): 2318-2331. doi: 10.21037/tlcr-22-810.

[12] 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]. J Thorac Dis, 2022, 14(3): 741-748. doi: 10.21037/jtd-22-292.

[13] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 原发性肺癌诊疗指南(2022年版)[J]. 中国合理用药探索,2022,19(9):1-28. doi:10.3969/j.issn.2096-3327.2022.09.002.

[14] Brunelli A, Decaluwe H, Gonzalez M, et al. European Society of Thoracic Surgeons expert consensus recommendations on technical standards of segmentectomy for primary lung cancer[J]. Eur J Cardiothorac Surg,2023,63(6):ezad224. doi:10.1093/ejcts/ezad224.

[15] 刘冬琦,马育峰,赵民刚,等. 基于肺部增强CT三维重建的右肺中叶血管、支气管解剖结构观察[J]. 中国实验诊断学,2022,26(10):1515-1518. doi:10.3969/j.issn.1007-4287.2022.10.026.

[16] Peeters M, Jansen Y, Daemen JHT, et al. The use of intravenous indocyanine green in minimally invasive segmental lung resections: a systematic review[J]. Transl Lung Cancer Res, 2024, 13(3): 612-622. doi:10.21037/tlcr-23-807.

[17] Hao X, Xiao YC, Lin YZ. Robot-assisted segmentectomy with improved modified inflation-deflation combined with the intravenous indocyanine green method[J]. J Robot Surg, 2023, 17(5): 2195-2203. doi:10.1007/s11701-023-01639-2.

[18] 王 洋,覃石磊,郑 民,等. Mimics三维重建软件结合CT穿刺弹簧圈定位在肺小结节手术中的应用[J]. 中国医学物理学杂志,2023,40(7):868-871. doi:10.3969/j.issn.1005-202X.2023.07.012.

[19] Sun Y, Zhang Q, Wang Z, et al. Feasibility investigation of near-infrared fluorescence imaging with intravenous indocyanine green method in uniport video-assisted thoracoscopic anatomical segmentectomy for identifying the intersegmental boundary line[J]. Thorac Cancer,2021,12(9):1407-1414. doi:10.1111/1759-7714.13923.

[20] Okado S, Kadomatsu Y, Nakao M, et al. New method for delineation of the intersegmental line in a deflated lung[J]. J Thorac Dis, 2023, 15(9):4736-4744. doi:10.21037/jtd-23-421.

[21] Zhang M, Liu D, Wu W, et al. Preoperative 3D-CT bronchography and angiography facilitates single-direction uniportal thoracoscopic anatomic lobectomy[J]. Ann Transl Med, 2019, 7(20): 526. doi: 10.21037/atm.2019.09.135.

[22] 宋明磊,曹富民,邢晓英,等. 交互式医学图像控制系统软件三维重建在肺腺癌复杂肺段切除术中的应用[J]. 中华全科医学,2022,20(5):735-739. doi:10.16766/j.cnki.issn.1674-4152.002442.

[23] 郁东伟,冯月娟,施 凯,等. Mimics个体化三维重建联合径向超声支气管镜在肺外周结节诊断中的应用价值[J]. 中国内镜杂志,2021,27(12):14-19. doi:10.12235/E20210183.

[24] Cannone G, Verzeletti V, Busetto A, et al. Three-dimensional imaging-guided lung anatomic segmentectomy: a single-center preliminary experiment[J]. Medicina (Kaunas), 2023, 59(12): 2079. doi: 10.3390/medicina59122079.

[25] Cui Z, Ding C, Li C, et al. Preoperative evaluation of the segmental artery by three-dimensional image reconstruction *vs.* thin-section multi-detector computed tomography[J]. J Thorac Dis, 2020, 12(8): 4196-4204. doi:10.21037/jtd-20-1014.

(编辑:魏 源)