

· 综述 ·

# 螺旋 CT 三维重建技术在胸腔镜手术中的应用

吴文奇<sup>1</sup>, 杨云龙<sup>2</sup>

1. 北华大学, 吉林 吉林 132011; 2. 北华大学附属医院心胸血管外科, 吉林 吉林 132000

**摘要:** 肺癌是我国发病率和死亡率最高的恶性肿瘤,胸腔镜手术现已经成为治疗早期及部分中期肺癌的首选方式。伴随多层螺旋 CT 的三维重建技术在胸外科诊疗中的应用,医生可以发现并诊断出更多患有肺结节的患者,在手术前发现更多的肺部血管及支气管变异;也用于术前对肺部微小结节的定位,并利用其重建模型在主流术式胸腔镜下肺叶切除术以及肺段切除术中起到一定的指导作用,在很大程度上降低了术前准备及术中的风险,相对减少并发症,同时缩短一定的手术时间。本文对螺旋 CT 三维重建技术在胸腔镜手术中的应用进行综述。

**关键词:** 三维重建; X线计算机体层摄影术; 胸腔镜; 肺癌; 肺结节

**中图分类号:** R655 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8182(2021)10-1417-03

二十世纪以来,肺癌成为我国乃至全世界发病率最高的恶性肿瘤之一,其死亡率也高居不下<sup>[1-2]</sup>,所以肺癌的筛查和治疗变得至关重要。伴随着科技的进步,螺旋 CT 和低剂量 CT 已经成为早期肺癌的筛检方法<sup>[3]</sup>,但仅利用影像学资料难以分清肿瘤与肺部血管、气管的界限,因此难以确定肿瘤的侵袭程度,而运用三维重建可以填补这一缺陷。国外学者早在 1993 年利用三维重建技术确定了肿瘤与血管间的关系<sup>[4]</sup>。近年来三维计算机断层扫描支气管血管成像(three-dimensional computed tomography bronchography and angiography, 3D-CTBA)技术已应用于肺部手术之中,缩短手术时间的同时,相对降低手术难度<sup>[5]</sup>。本文对肺癌胸腔镜手术中螺旋 CT 三维重建技术的应用作一综述。

## 1 三维重建技术在术前规划的应用

电视辅助胸腔镜手术(VATS)近几年来飞速发展,由最初的四操作孔到如今的单操作孔,由最初的肺叶切除术到如今的肺段切除术,肺癌的手术方式和手术术式都有了较大的改进,现绝大部分肺癌根治术和胸外科的常见手术都由 VATS 来完成<sup>[6-8]</sup>,但因为 VATS 的视野有限,再加上肺动脉和肺静脉存在多种变异<sup>[9]</sup>,一些血管变异会阻碍术者在术中的操作,阻碍视觉,严重延缓手术进程,所以术前详细了解患者的具体肺部解剖结构有助于手术的顺利进行,并且可以预防一些围手术期并发症,如术中出血。三维重建技术可以有效减少此类并发症的发生,Sardari Nia 等<sup>[10]</sup>在 26 次手术术前通过交互式三维 CT 对肺部血管进行重建,其中肺叶切除 20 例(占总数的 76.9%),肺段切除 6 例(占总数的 23.1%)。重建显示 4 例(15.4%)患者存在解剖变异,所有患者术前肺部血管的三维重建与术中发现一致。Sakamoto 等<sup>[11]</sup>术前应用三维重建螺旋

CT(3D-MDCT)成功发现了一位 80 岁高龄患者极其罕见的肺动脉变异(A4+A5),并在术中成功将其处理。有学者利用 OsiriX 软件对 52 位患者 64 层螺旋 CT 的 Dicom 数据进行分析,重建出段间小静脉,确定段间平面并成功手术<sup>[12]</sup>。Mizukami 等<sup>[13]</sup>在术前利用 CT 三维重建发现一支变异的肺部血管,但由于患者不能耐受未行动脉造影,术中探查分离,发现其变异血管为 A8,安全分离叶裂并将该血管保留,保证剩余肺叶的血运,降低手术的风险。因此,运用三维重建技术可以早期发现患者肺部的血管变异,减少因血管变异引起的术中出血。

## 2 三维重建技术在术前定位的应用

低剂量螺旋 CT 现在已经成为筛检肺癌的手段之一<sup>[14]</sup>,但部分肺部微小病变或肺部磨玻璃样影(GGO)不在肺部表面(胸膜下深度>5 mm)或太过微小(直径<1 cm)、柔软,在 VATS 中,术者很难通过视觉、触觉以及器械探索进行定位,因此加大了手术难度,延长了手术时间。所以如何在术前精准定位这类微小结节,是解决这类问题的关键<sup>[15-16]</sup>。术前的定位方式主要有以下几种:(1)经皮穿刺钩丝定位法(hook-wire);(2)CT 引导下穿刺注射美蓝定位;(3)经皮穿刺微弹簧圈定位法;(4)生物胶定位<sup>[17-18]</sup>。这几种方法定位准确,操作方便,临床上广泛应用,但因为这些都为有创操作,会引起患者的不适,如疼痛、咳嗽等,也有一定概率导致气胸、咯血等并发症。若利用增强 CT 辅以三维立体定位技术,并以其引导经皮肺穿刺,一定程度上减少了穿刺及扫描的次数,提高了穿刺效率,可为患者提供一定的安全保障<sup>[19]</sup>。丁一等<sup>[20]</sup>术前对比两种不同定位方式的特点,一组患者采用 3D-CTBA 联合应用 hook-wire 定位,另一组患者采用传统的定位方法,结果显示 3D-

DOI: 10.13429/j.cnki.cjcr.2021.10.030

基金项目: 吉林省科技发展计划项目(20200403116SF)

通信作者: 杨云龙, E-mail: yangyunlong12@126.com

CTBA 组定位时间低于传统定位组,且定位成功率高于传统定位组,同时相对减少了咳血、气胸等并发症。近年来有学者在术前应用 OsiriX 软件行三维重建无创定位,相比于传统的有创定位,减少了因创伤引起的气胸、咯血等并发症,减少了患者的辐射暴露。且 OsiriX 是 iOS 系统中免费软件,相对于传统方法费用大幅减少,定位的准确率也很高<sup>[21]</sup>。所以,以无创为特点的 CT 三维重建定位有望取代传统的有创定位。

影像三维重建技术在术前不仅仅起到定位的作用,相应地可以模拟出接下来要进行的术式,制定出手术计划。3D 打印作为三维重建的进阶技术<sup>[22]</sup>,可以用来绘制肿瘤并描绘肿瘤的精确位置、识别出肺段动脉分支,描述出肺静脉和支气管与肿瘤的关系。有了 3D 打印模型,外科医生可以操纵其来模拟手术,这对于年轻的医生来说,是一个好的机会<sup>[23]</sup>。Chen-Yoshikawa 等<sup>[24]</sup>因一位患者的小病灶既不可见也不可触及,于是使用 3D-CT 直接进行无创标记,并模拟出将要开展的手术,然后成功地进行肺楔形切除和节段切除。

### 3 三维重建技术在手术指导的应用

早在几年前,VATS 肺叶切除术作为 I 期肺癌及部分 II 期肺癌的经典术式,已基本得到认可<sup>[25-26]</sup>。相比于楔形切除和肺段切除术,肺叶切除术后的复发可能性更低<sup>[27]</sup>。但近年来,腺癌作为周围型肺癌的典型代表,随着高分辨率 CT 的广泛运用,在所有类型肺癌中所占比例逐渐上升,甚至已经超越鳞癌<sup>[28]</sup>。现有学者认为,楔状切除术虽不能与肺叶切除术的切除范围相媲美,但对于周围型小结节,节段切除术与肺叶切除术的患者生存率相当<sup>[29]</sup>。且 Nomori 等<sup>[16]</sup>认为,若系统清扫淋巴结且肿瘤切缘预留充足,再加上定期检查,肺段切除的复发率并不会特别高。日本学者认为临床分期为 I a 鳞癌的 GGO 患者,肺楔形切除或肺段切除是最好的选择<sup>[30]</sup>。

相关资料表明,虽然肺段切除手术的时间更长,并且患者的住院时间较长,但相对于楔形切除能更好的提高患者生存质量,同时能在最大程度上保留剩余肺的功能<sup>[31-32]</sup>。而在肺节段性切除手术中,确定相关肺段的解剖结构尤为重要,现阶段肺膨胀萎陷法和改良后的肺膨胀萎陷法仍作为首选,这也是手术时间延长的原因之一,改善确定肺段解剖的方法就可以在一定程度上缩短手术时间<sup>[33-34]</sup>。余晓伟团队对比了术中联合 3D-CTBA 肺段切除术和普通 VATS 肺段切除术的效果,术中联合应用 3D-CTBA,实现了 3D 实时成像,对手术起到了指导作用,提供了 3D 手术视野和更高的准确性,因此降低了术中损伤的风险。相比于普通组,术中和术后并发症更少<sup>[35]</sup>。Sardari Nia 等<sup>[10]</sup>由于术前已经模拟出肺部可能的变异血管,于术中实现 3D 实时导航,更加确保了患者的安全,减少出血。

三维重建技术若在术中联合应用 VR 技术,更能发挥其优势。李云婧团队在 8 例胸腔镜下肺段切除手术前将 CT 数据导入 mimics 软件,重建出三维虚拟模型,并在手术中联合使用三维虚拟现实导航技术(VR)实时导航,利用虚拟手术预测现实手术,较传统方法比缩短了手术时间<sup>[36]</sup>。陈子豪等<sup>[37]</sup>同样

将术前胸部 CT Dicom 数据三维重建联合 VR 技术应用于手术之中,在术中准确导航,顺利完成精准背段切除。国外一团队在行达芬奇机器人肺段切除术前,将 CT 三维重建数据导入机器人的手术屏幕中,实现 3D 模型胸腔镜图像实时融合,发现重建显示的解剖结构和手术中所看到的没有区别,虚拟与现实相结合,协助手术顺利完成<sup>[38]</sup>。

### 4 结语

CT 影像三维重建后的虚拟模型无论在术前和术中,都十分有利于手术的顺利进行,可为操作医生确定肺部解剖、肿瘤定位提供良好的条件;对于年轻医生来说,这项技术可以提升自己的专业素养,提供模拟操作机会;对于患者来说,可减少术中及术后的并发症,提高生存质量。作为新兴技术,三维重建在医学中虽早已广泛应用,但在胸外科的发展较为缓慢。原因:其一,三维重建不管在 3D-CTBA 上还是个人电脑上,都太过依赖于增强 CT 的 Dicom 数据,然而并不是每位都需要拍摄增强 CT,这就导致了一些患者长时间、较大剂量暴露于辐射之下,增加了不必要的损害<sup>[39-40]</sup>;其二,将 Dicom 数据导入重建软件中,主支气管和肺部大血管可以自动识别,但一些下级支气管和细小肺血管无法完全识别,这就需要具有一定经验的胸外科医生和影像科医生共同完成,既费时又费力。但随着软件的更新迭代,以及医生的全面化发展,这两类缺陷可能会在不久之后被弥补。综上所述,在胸外科领域,CT 三维重建技术在手术中的应用会越来越广泛,并朝着好的方向发展。

### 参考文献

- [1] 姚晓军,刘伦旭.肺癌的流行病学及治疗现状[J].现代肿瘤医学,2014,22(8):1982-1986.
- [2] 陈万青,孙可欣,郑荣寿,等.2014年中国分地区恶性肿瘤发病和死亡分析[J].中国肿瘤,2018,27(1):1-14.
- [3] 金发光.我国肺癌早期筛查现状分析[J].医学与哲学,2017,38(2):14-18.
- [4] Strunk H, Schweden F, Schild H, et al. Spiral CT with three-dimensional (3D) surface reconstruction in assessing solitary pulmonary foci[J]. RoFo, 1993, 158(1):26-30.
- [5] 余晓伟,顾云斌,徐春,等.3D-CTBA 及 3D-VATS 单操作孔行解剖性肺段切除治疗非小细胞肺癌[J].中国肺癌杂志,2017,20(9):598-602.
- [6] 王俊.电视胸腔镜在胸部疾病治疗中的应用现状[J].临床外科杂志,2005(6):384-385.
- [7] 车国卫,刘伦旭.单孔电视胸腔镜手术临床应用的现状与进展[J].中国胸心血管外科临床杂志,2012,19(2):181-184.
- [8] Nakazawa S, Shimizu K, Mogi A, et al. VATS segmentectomy: past, present, and future[J]. Gen Thorac Cardiovasc Surg, 2018, 66(2):81-90.
- [9] Kandathil A, Chamrathy M. Pulmonary vascular anatomy & anatomical variants [J]. Cardiovasc Diagn Ther, 2018, 8(3):201-207.
- [10] Sardari Nia P, Olsthoorn JR, Heuts S, et al. Interactive 3D reconstruc-

- tion 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.
- [11] Sakamoto S, Matsumoto H, Hino H, et al. A rare anomaly of A4+5 on three-dimension multidetector computed tomography in lung cancer: a case report[J]. *Int J Surg Case Rep*, 2019, 62: 97-99.
- [12] Oizumi H, Kanauchi N, Kato H, et al. Anatomic thoracoscopic pulmonary segmentectomy under 3-dimensional multidetector computed tomography simulation: a report of 52 consecutive cases[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2011, 141(3): 678-682.
- [13] Mizukami Y, Ueda N, Adachi H. Intraoperative diagnosis with abnormal branching of the left A8 pulmonary artery from the left main pulmonary artery[J]. *Surg Case Rep*, 2018, 4(1): 68.
- [14] Christensen JD, Chiles C. Low-dose computed tomographic screening for lung cancer[J]. *Clin Chest Med*, 2015, 36(2): 147-160.
- [15] Awais O, Reidy MR, Mehta K, et al. Electromagnetic Navigation Bronchoscopy-Guided Dye Marking for Thoracoscopic Resection of Pulmonary Nodules[J]. *Ann Thorac Surg*, 2016, 102(1): 223-229.
- [16] Nomori H, Mori T, Ikeda K, et al. Segmentectomy for selected cT1N0M0 non-small cell lung cancer: a prospective study at a single institute[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2012, 144(1): 87-93.
- [17] Rho J, Lee JW, Quan YH, et al. Fluorescent and Iodized Emulsion for Preoperative Localization of Pulmonary Nodules [J]. *Ann Surg*, 2021, 273(5): 989-996.
- [18] 沈诚, 李鹏飞, 李珏, 等. 胸腔镜手术下肺小结节常见定位方法研究进展[J]. *中国肺癌杂志*, 2018, 21(8): 628-634.
- [19] 陈家飞, 黎川, 江开航. 增强 CT 三维立体定位技术引导经皮肺穿刺的临床应用价值[J]. *局解手术学杂志*, 2018, 27(12): 859-862.
- [20] 丁一, 钱帮伟, 陆熠, 等. 三维 CT 支气管血管成像辅助 hookwire 钉定位肺磨玻璃样结节的效果观察[J]. *山东医药*, 2018, 58(12): 80-82.
- [21] 张楼乾, 蒋峰, 李明, 等. 无创三维重建在肺部亚厘米结节定位中应用[J]. *南京医科大学学报(自然科学版)*, 2019, 39(10): 1491-1493.
- [22] 李小军, 朱潇, 杏福宝, 等. 三维重建及 3D 打印在微创肺外科中的应用[J]. *中华全科医学*, 2020, 18(7): 1190-1194.
- [23] Abdelsattar ZM, Blackmon SH. Using novel technology to augment complex video-assisted thoracoscopic single basilar segmentectomy [J]. *J Thorac Dis*, 2018, 10 suppl 10: S1168-S1178.
- [24] Chen-Yoshikawa TF, Date H. Update on three-dimensional image reconstruction for preoperative simulation in thoracic surgery[J]. *J Thorac Dis*, 2016, 8 suppl 3: S295-S301.
- [25] 刘伦旭, 刘成武, 杨俊杰. 胸腔镜肺叶切除术: 技术优化与应用拓展[J]. *四川大学学报(医学版)*, 2013, 44(1): 104-108.
- [26] 袁伟, 刘娜, 王宇琛. Flex-3D 胸腔镜与 2D 胸腔镜肺叶切除术治疗原发性肺癌的效果及预后[J]. *中国临床研究*, 2020, 33(4): 461-464.
- [27] Cho JH, Choi YS, Kim J, et al. Long-term outcomes of wedge resection for pulmonary ground-glass opacity nodules [J]. *Ann Thorac Surg*, 2015, 99(1): 218-222.
- [28] 钱桂生. 肺癌不同病理类型发病率的变化情况及其原因[J]. *中华肺部疾病杂志(电子版)*, 2011, 4(1): 1-6.
- [29] Aiolfi A, Inaba K, Martin M, et al. Lung Resection for Trauma: A Propensity Score Adjusted Analysis Comparing Wedge Resection, Lobectomy, and Pneumonectomy [J]. *Am Surg*, 2020, 86(3): 261-265
- [30] Tsutani Y, Miyata Y, Nakayama H, et al. Appropriate sublobar resection choice for ground glass opacity-dominant clinical stage IA lung adenocarcinoma: wedge resection or segmentectomy [J]. *Chest*, 2014, 145(1): 66-71.
- [31] 许舜, 刘永靖, 于奇, 等. 肺段切除术对比肺楔形切除术治疗早期非小细胞肺癌的 meta 分析[J]. *安徽医药*, 2017, 21(10): 1813-1817.
- [32] Tsutani Y, Miyata Y, Nakayama H, et al. Oncologic outcomes of segmentectomy compared with lobectomy for clinical stage IA lung adenocarcinoma: propensity score-matched analysis in a multicenter study [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2013, 146(2): 358-364.
- [33] 陈亮, 吴卫兵. 胸腔镜解剖性肺段切除术技术要点[J]. *中国肺癌杂志*, 2016, 19(6): 377-381.
- [34] Wang J, Xu X, Wen W, et al. Modified method for distinguishing the intersegmental border for lung segmentectomy [J]. *Thorac Cancer*, 2018, 9(2): 330-333.
- [35] 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.
- [36] 李云婧, 李晟润, 马永富, 等. 虚拟现实导航技术在胸腔镜下肺段切除术中的临床应用[J]. *中华肺部疾病杂志(电子版)*, 2017, 10(4): 461-464.
- [37] 陈子豪, 黄可南, 丁新宇, 等. 混合现实技术在肺结节术前讨论及术中应用的研究[J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2020, 27(7): 797-801.
- [38] Le Moal J, Peillon C, Dacher JN, et al. Three-dimensional computed tomography reconstruction for operative planning in robotic segmentectomy: a pilot study [J]. *J Thorac Dis*, 2018, 10(1): 196-201.
- [39] 张书新, 刘阳. 个人电脑上肺癌 64 排 CT 数据的三维重建及虚拟手术[J]. 2016, 36(4): 562-566.
- [40] 严煜, 周学军, 覃文军, 等. DeepInsight 3D 导航在胸腔镜肺段切除术中的应用[J]. *南通大学学报(医学版)*, 2019, 39(2): 128-130.

收稿日期: 2021-03-29 修回日期: 2021-04-14 编辑: 王宇