

三维重建及虚拟手术规划在胸腔镜解剖性肺段切除术中的应用进展

王黎彬 戚维波

【摘要】 目前基于医学影像学的三维重建及虚拟手术规划发展迅速,在解剖结构复杂且具有个体化差异的胸腔镜解剖性肺段切除术中扮演着重要角色,可提供患者直观、准确的肺部肿瘤的形态特点、毗邻结构的空间关系,透视肺段支气管及血管的汇合方式、走行及变异情况等信息,为术前评估患者病情、模拟肺段切除及制定个体化手术方案、术中影像导航等提供帮助;同时,有助于增强胸外科医师对肺段解剖和三维影像的理解与认知,从而提高手术准确率和安全性。

【关键词】 三维重建 虚拟手术规划 肺部肿瘤 胸腔镜解剖性肺段切除术

近年来,随着社会工业化导致的大气污染和烟草暴露程度的增加,肺癌发病率和病死率逐年上升,已居恶性肿瘤死亡的第 1 位^[1-3]。同时由于数字化医疗影像技术的发展,尤其是低剂量螺旋 CT 检查在临床肺癌筛查中的广泛应用,早期肺癌患者越来越多^[4]。早期肺癌患者中以高龄患者居多,这些患者往往合并 1 种或多种全身性疾病,最常见的是心肺疾病,如慢性支气管炎、肺气肿、高血压以及心律失常,甚至肺源性心脏病和心源性心脏病。对于此类患者的治疗方式是手术切除,虽然肺叶切除术仍是目前肺癌的标准术式,但有多中心回顾性研究发现肺段切除术治疗早期肺癌的疗效与肺叶切除术类似,术后复发率和 5 年生存率无明显差异,并可降低手术并发症和病死率,有利于在切除肺部肿瘤的前提下最大限度地保留正常肺组织及保护术后肺功能^[5-7]。对此 2010 年美国国家综合癌症网制定的非小细胞肺癌临床实践指南中设立了亚肺叶切除(肺段切除和肺楔形切除)的具体适应证:(1)肺功能差或因其他重要合并症而不能耐受肺叶切除术;(2)周围结节直径 $\leq 2\text{cm}$,并至少符合以下标准中的 1 项:组织学类型为单纯细支气管肺泡癌(BAC, 2B 类),CT 检查显示结节 $\geq 50\%$ 表现为毛

玻璃样(2B 类),影像学随诊检查证实肿瘤倍增时间较长($\geq 400\text{d}$, 2B 类)。

由于肺内支气管、动静脉等肺段解剖结构错综复杂,具有明显的个体差异,如术中对肺段解剖结构判断不准,易引起大出血或重要脏器损伤,增加患者术后并发症和死亡风险。随着计算机技术及其与医疗技术结合的飞速发展,三维重建及虚拟手术规划在临床中逐渐广泛应用,为精准肺段切除术提供了有力的技术支持^[8-9]。本文对三维重建及虚拟手术规划在胸腔镜解剖性肺段切除术中的相关应用作一综述。

1 三维重建及虚拟手术规划概述

基于医学影像的三维重建技术是根据输入的 CT 断层二维图像信息,利用软件进行提取、分割等处理后,构建组织的三维几何图形,并通过智能化软件构建多层的三维数字模型。虚拟手术规划是以三维数字模型成像技术为基础,将肺部肿瘤的胸腔镜解剖性肺段切除术进行体外再现的过程。通过三维重建技术及虚拟手术规划可获得全方位、立体、智能的动静态影像,清晰显示肿瘤空间位置、形态结构及与周围脏器解剖关系等;通过连续分割、逐层分离的方式进行手术模拟操作,有助于评估手术难易程度,也有助于制定个体化手术方案。三维重建技术及虚拟手术规划还可用于术前病情评估、术中影像导航。近年来,该技术已广泛应用于肝胆外科、骨科和整形外科等的临床诊疗^[10-14]。目前,国外肺部三维重建技术及虚拟手术规划已用于对胸腔镜解剖性肺段切除术的术前病情评估、模拟肺段切除及制定手术方案、术

DOI: 10.12056/j.issn.1006-2785.2019.41.5.2018-2295

基金项目:浙江省医药卫生科技计划项目(2018KY796);嘉兴市科技计划项目(2017AY33007)

作者单位:233000 蚌埠医学院研究生院(王黎彬);嘉兴市第一医院心胸外科(戚维波)

通信作者:戚维波, E-mail: qiwibo0221@163.com

中导航等的研究^[15-19],国内则主要用于指导胸腔镜解剖性肺段切除术^[20-22]。

2 三维重建及虚拟手术规划在胸腔镜解剖性肺段切除术中的应用

2.1 术前病情评估 由于肺段支气管、血管等解剖结构的个体化差异较大,术前掌握其三维空间信息有助于病情评估,但基于二维图像不利于全面掌握复杂的肺段支气管、血管等解剖结构的情况,而三维重建及虚拟手术规划可透视肺段支气管、血管的汇合方式、走行及变异情况,全方位显示肺部肿瘤的形态特点以及毗邻结构的空间关系,正确评估病情,有利于选择临床治疗方案。Hagiwara 等^[15]为 124 例胸腔镜手术患者构建的 CT 三维重建模型,能提供大量二维图像无法显示的信息,特别是在肺部血管方面,有助于判断肺动静脉的走行及变异情况,可避免损伤或误断肺动静脉。Seguin-Givelet 等^[16]根据胸部 CT 断层二维图像信息构建三维数字化模型,直观地显示了肺部肿瘤的部位、范围及肺段支气管、血管解剖情况,提高了诊断的准确率。

2.2 术前模拟肺段切除和制定手术方案 应用三维重建及虚拟手术规划进行术前模拟肺段切除可为制定手术方案提供准确而可靠的依据,包括规划图像上胸部肿瘤与靶段支气管、血管之间的关系,进行模拟解剖性肺段切除,测量切缘长度和精确切除肺段范围,选择最佳手术入口,标注需要切断的靶段支气管、动静脉及需要保留的段间静脉,预定解剖性分离段间的交界面,制定个体化的肺段切除方式,行次亚段切除、肺亚段切除、单肺段切除、扩大肺段切除或者联合肺段切除等手术方式。Chen-Yoshikawa 等^[17]对胸外科手术进行 CT 三维重建术前模拟,发现肺段支气管、血管等解剖结构具有个体化差异,为临床制定个体化的手术方案提供了依据。张书新等^[21]利用三维模型研究发现,重建个体化的肺癌数字化模型,为患者提供手术预演、模拟手术效果,有助于术前安全评估并制定精确的手术方案。Kurenov 等^[23]研究指出,构建肺癌的三维数字化模型,术前进行模拟演练,不仅有利于制定个体化的肺癌手术方案,而且能有效降低手术风险、减少手术并发症。

2.3 术中影像导航 肺段静脉的变异较多较复杂、确定肺段间交界面相对困难,极易造成术中血管损伤、误断甚至术中大出血,而三维重建及虚拟手术规划应用于术中影像导航辅助胸腔镜解剖性肺段切除手术,可术中指导对于靶段支气管、血管进行精细解剖、准确判断和处理,避免损伤或误断肺段支气管和血管而影响保留肺

段的肺功能,从而达到个体化的精准解剖性肺段切除,明显降低腔镜解剖性肺段切除手术的难度。Mun 等^[19]对 20 例肺部肿瘤患者利用荧光造影剂吲哚菁绿和三维重建及虚拟手术规划在术中影像导航指导肺段切除术,不仅减少了术中出血量、缩短了手术时间,而且明显减少了术后的并发症。李云婧等^[22]在对 4 例肺癌患者行 CT 检查后重建肺部三维模型,利用虚拟现实导航技术辅助肺段切除术,明显降低了肺段切除手术的难度。

3 小结

随着数字化医疗影像学技术的发展,胸外科向精准肺切除迈出了巨大的一步。对于肺段支气管、血管解剖结构复杂的胸腔镜解剖性肺切除术,三维重建及虚拟手术规划的应用具有良好的实时指导意义,可提高手术准确率及安全性。此外,通过三维数字化模型,能增加胸外科医师对肺段解剖结构和三维影像的解剖认知。

4 参考文献

- [1] Chen WQ,Zheng RS,Baade PD,et al.Cancer Statistics in China, 2015[J].CA Cancer J Clin,2016,66(2):115-132.DOI:10.3322/caac.21338.
- [2] Torre LA, Bray F, Rebecca L, et al. Global Cancer Statistics,2012 [J].CA Cancer J Clin,2015,65(2):87-108.DOI:10.3322/caac.21262.
- [3] 陈万青,李贺,孙可欣,等.2014 年中国恶性肿瘤发病和死亡分析[J].中华肿瘤杂志,2018,40(1):5-13.DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3766.2018.01.002.
- [4] 周清华,范亚光,王颖,等.中国肺癌低剂量螺旋 CT 筛查指南[J].中国肺癌杂志,2018,21(2):67-75.DOI:10.3779/j.issn.1009-3419.2018.02.01.
- [5] Shapiro M, Weiser T, Wisnivesky J, et al. Thoracoscopic segmentectomy compares favorably with thoracoscopic lobectomy for small stage I lung cancers[J].J Thorac Cardiovasc Surg, 2009, 137(6):1388-1393.DOI:10.1016/j.jtcvs.2009.02.009.
- [6] Zhong C,Fang W,Mao T,et al.Comparison of thoracoscopic segmentectomy and thoracoscopic lobectomy for small-sized stage IA lung cancer[J]. Ann Thorac Surg, 2012, 94(2):362-367. DOI:10.1016/j.athoracsur.2012.04.047.
- [7] Wisnivesky JP,Henschke CI,Swanson S,et al.Limited resection for the treatment of patients with stage IA lung cancer[J].Ann Surg, 2010, 251(3):550-554.DOI:10.1097/SLA.0b013e3181c0e5f3.
- [8] 吴卫兵,唐立钧,朱全,等.3D-CTA 重建肺血管、支气管在胸腔镜复杂肺段切除中应用[J].中华胸心血管外科杂志,2015,31(11):649-652.DOI:10.3760/cma.j.issn.1001-4497.2015.011.003.
- [9] Saji H,Inoue T,Kato Y,et al.Virtual segmentectomy based on high-quality three-dimensional lung modelling from computed tomography images[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2013,17(2):227-232.DOI: 10.1093/icvts/ivt120.
- [10] 林科灿,曾永毅,黎蕴通,等.三维重建虚拟手术规划在肝门部胆管癌手

(下转第 491 页)

- smokeless tobacco-induced NF- κ B activation and COX-2 expression in human oral premalignant and cancer cells[J]. *Toxicology*, 2006, 228(1): 1-15.
- [36] Balwant Rai, Jasdeep Kaur, Reinhold Jacobs, et al. Possible action mechanism for curcumin in pre-cancerous lesions based on serum and salivary markers of oxidative stress[J]. *Journal of oral science*, 2010, 52(2): 251-256.
- [37] Kia Seid Javad, Shirazian Shiva, Mansourian Arash, et al. Comparative Efficacy of Topical Curcumin and Triamcinolone for Oral Lichen Planus: A Randomized, Controlled Clinical Trial[J]. *J Dent (Tehran)*, 2015, 12(11): 789-796.
- [38] Vaughn AR, Branum A, Sivamani RK. Effects of Turmeric (*Curcuma longa*) on Skin Health: A Systematic Review of the Clinical Evidence[J]. *Phytother Res*, 2016, 30(8): 1243-1264.
- [39] Kunnumakkara AB, Bordoloi D, Padmavathi G, et al. Curcumin, the golden nutraceutical: multitargeting for multiple chronic diseases[J]. *British journal of Pharmacology*, 2017, 174(11): 1325-1348.
- [40] Shaikh S, Kumar SM. Beneficial effects of specific natural substances on oral health[J]. *Saudi Med J*, 2017, 38(12): 1181-1189.
- [41] de Gutierrez ER, Di Fabio A, Salomon S, et al. Topical treatment of oral lichen planus with anthocyanins[J]. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 2014, 19(5): e459-466.
- [42] Ben Lagha A, LeBel G, Grenier D. Dual action of highbush blueberry proanthocyanidins on *Aggregatibacter actinomycetem-comitans* and the host inflammatory response[J]. *BMC Complement Altern Med*, 2018, 18: 10.
- [43] Safadi RA, Al Jaber SZ, Hammad HM, et al. Oral lichen planus shows higher expressions of tumor suppressor gene products of p53 and p21 compared to oral mucositis. An immunohistochemical study[J]. *Arch Oral Biol*, 2010, 55(6): 454-461.
- [44] 彭晖, 叶茂昌. 扁平苔藓中炎症与肿瘤相互关系的研究现状[J]. *口腔医学*, 2014, 34(11): 867-869.
- [45] Khoo HE, Azlan A, Tang ST, et al. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits[J]. *Food Nutr Res*, 2017, 61: 1-21.
- [46] Kawanishi S, Hiraku Y. Oxidative and nitrative DNA damage as biomarker for carcinogenesis with special reference to inflammation[J]. *Antioxid Redox Signal*, 2006, 8(5-6): 1047-1058.
- [47] Chaiyapit P, Ma N, Hiraku Y, et al. Nitrative and oxidative DNA damage in oral lichen planus in relation to human oral carcinogenesis[J]. *Cancer Sci*, 2005, 96(9): 553-559.

(收稿日期: 2018-09-27)

(本文编辑: 李媚)

(上接第 486 页)

- 术中的应用价值[J]. *中华消化外科杂志*, 2018, 17(4): 383-388. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2018.04.012.
- [11] Parada SA, Eichinger JK, Dumont GD, et al. Accuracy and Reliability of a Simple Calculation for Measuring Glenoid Bone Loss on 3-Dimensional Computed Tomography Scans[J]. *Arthroscopy*, 2018, 34(1): 84-92. DOI: 10.1016/j.arthro.2017.07.032.
- [12] 杨波, 方世兵, 唐雷, 等. 数字化虚拟腰椎的三维重建及可视化研究[J]. *中华骨科杂志*, 2013, 33(1): 71-75. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2013.01.013.
- [13] 游远榕, 徐史兴, 归来, 等. 计算机三维重建技术在颅面部术后钛钉钛板精确定位中的应用[J]. *中华整形外科杂志*, 2016, 32(4): 307-308. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-4598.2016.04.016.
- [14] You KH, Kim KH, Lee KJ, et al. Three-dimensional computed tomography analysis of mandibular morphology in patients with facial asymmetry and mandibular retrognathism[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2018, 153(5): 685-691. DOI: 10.1016/j.ajodo.2017.08.024.
- [15] Hagiwara M, Shimada Y, Kato Y, et al. High-quality 3-dimensional image simulation for pulmonary lobectomy and segmentectomy: results of preoperative assessment of pulmonary vessels and short-term surgical outcomes in consecutive patients undergoing video-assisted thoracic surgery[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2014, 46(6): e120-e126. DOI: 10.1093/ejcts/ezu375.
- [16] Seguin-Givelet A, Grigoriou M, Brian E, et al. Planning and marking for thoracoscopic anatomical segmentectomies[J]. *J Thorac Dis*, 2018, 10(Suppl 10): S1187-S1194. DOI: 10.21037/jtd.2018.02.21.
- [17] 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. DOI: 10.3978/j.issn.2072-1439.2016.02.39.
- [18] Wu WB, Xu XF, Wen W, et al. Three-dimensional computed tomography bronchography and angiography in the preoperative evaluation of thoracoscopic segmentectomy and subsegmentectomy[J]. *J Thorac Dis*, 2016, 8(Suppl 9): S710-S715. DOI: 10.21037/jtd.2016.09.43.
- [19] Mun M, Okumura S, Nakao M, et al. Indocyanine green fluorescence-navigated thoracoscopic anatomical segmentectomy[J]. *J Vis Surg*, 2017, 3: 80. DOI: 10.21037/jovs.2017.05.06.
- [20] 马千里, 刘德若, 孙宏亮, 等. CT 三维重建精确定位肺小结节和磨玻璃影在胸腔镜亚肺叶切除中的应用[J]. *中华胸心血管外科杂志*, 2016, 32(3): 175-177. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-4497.2016.03.013.
- [21] 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]. *南方医科大学学报*, 2016, 36(4): 562-566.
- [22] 李云婧, 李成润, 马永富, 等. 虚拟现实导航技术在胸腔镜下肺段切除中的临床应用[J]. *中华肺部疾病杂志(电子版)*, 2017, 10(4): 461-464. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-6902.2017.04.020.
- [23] Kurenov SN, Ionita C, Dan S, et al. Three-dimensional printing to facilitate anatomic study, device development, simulation, and planning in thoracic surgery[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 149(4): 973-979. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2014.12.059.

(收稿日期: 2018-09-07)

(本文编辑: 俞骏文)