

论 著 · 胸部

MSCT三维重建图像融合技术在气管及主支气管憩室诊断中的价值分析

任悠悠* 耿云平 尤国庆
李 飞 郭 虎 李佳音
南阳市中心医院CT影像诊断科
(河南 南阳 473000)

【摘要】目的 探讨分析多层螺旋CT(MSCT)三维重建图像融合技术在气管及主支气管憩室诊断中的价值。方法 回顾性选取2021年4月至2024年3月在本院就诊疑似气管及主支气管憩室患者97例,均于术前完善MSCT检查,并采用三维重建图像融合技术[多平面重组(MPR)、容积重建(VR)、最小密度投影(minMIP)]进行后处理,以手术病理结果作为金标准,分析MSCT三维重建图像融合技术对气管及主支气管憩室的诊断效能,记录气管及主支气管憩室影像学特征;并比较常规横轴位与MSCT三维重建图像融合技术对憩室与气管支气管之间通道的检出率。结果 手术病理诊断结果显示,97例疑似患者中有84例为气管及主支气管憩室,13例为非气管及主支气管憩室。术前MSCT确诊气管及主支气管憩室82例,准确度为93.81%,敏感度为97.62%,特异度为69.23%,阴性预测值为81.82%,阳性预测值为95.35%,Kappa值为0.715。82例气管及主支气管憩室患者憩室大小不一,直径范围为12~48mm,平均直径为(30.05±2.45)mm,多位于气管右后侧,MSCT特征以单发憩室、单开口型、憩室内无分隔、与气管支气管相通、憩室壁菲薄、憩室内壁光滑为主。常规横轴位与MSCT三维重建图像融合技术对憩室与气管支气管之间通道的检出率对比有差异($P<0.05$)。结论 MSCT三维重建图像融合技术对气管及主支气管憩室有较高的诊断价值,可为临床诊断提供可靠的影像学资料。

【关键词】多层螺旋CT; 三维重建图像融合技术;
气管及主支气管憩室

【中图分类号】R322.3+3

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.10.020

Diagnostic Value of MSCT Three-dimensional Reconstruction Image Fusion Technique in Tracheobronchial Diverticulum

REN You-you*, GENG Yun-ping, YOU Guo-qing, LI fei, GUO Hu, LI Jia-yin.

Department of CT Imaging Diagnosis, Nanyang Central Hospital, Nanyang 473000, Henan Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the diagnostic value of multi-slice spiral CT (MSCT) three-dimensional reconstruction image fusion technique in tracheobronchial diverticulum. **Methods** A total of 97 patients with suspected tracheobronchial diverticulum in the hospital were retrospectively enrolled between April 2021 and March 2024. All underwent MSCT examination before surgery and after treatment by three-dimensional reconstruction image fusion technique [multiplanar recombination (MPR), volume reconstruction (VR), minimum density projection (minMIP)]. Taking pathological results as the golden standard, diagnostic efficiency of MSCT three-dimensional reconstruction image fusion technique for tracheobronchial diverticulum was analyzed. The imaging characteristics of tracheobronchial diverticulum were recorded. The detection rate of channel (between diverticulum and tracheal bronchus) by routine transverse view and MSCT three-dimensional reconstruction image fusion technique was compared. **Results** The results of pathological diagnosis showed that in the 97 patients with suspected tracheobronchial diverticulum, there were 84 positive cases and 13 negative cases. MSCT showed that there were 82 cases with tracheobronchial diverticulum, and its diagnostic accuracy, sensitivity, specificity, negative predictive value, positive predictive value and Kappa value were 93.81%, 97.62%, 69.23%, 81.82%, 95.35%, and 0.715, respectively. The size of diverticulum in the 82 patients was different, with diameter range and average diameter of 12~48mm and (30.05±2.45) mm, most of diverticulum was located on the right posterior side of trachea. The main MSCT characteristics included single diverticulum, single-opening type, no separation in diverticulum, communication with trachea and bronchus, thin diverticulum wall and smooth diverticulum wall. There were significant differences in detection rate of channel (between diverticulum and tracheal bronchus) by routine transverse view and MSCT three-dimensional reconstruction image fusion technique ($P<0.05$). **Conclusion** MSCT three-dimensional reconstruction image fusion technique has high diagnostic value for tracheobronchial diverticulum, which can provide reliable imaging data for clinical diagnosis.

Keywords: Multi-slice Spiral CT; Three-dimensional Reconstruction Image Fusion Technique; Tracheobronchial Diverticulum

气管及主支气管憩室是一种突出于气管和支气管腔外的囊性病变,以气管或主支气管黏膜经薄弱处向腔外突出为主要特征,多数位于胸廓入口处气管右后侧。通常情况下患者无明显临床症状,少有人引起重视,多因胸部其他疾病或体检时行CT检查偶然发现^[1-2]。故早期发现并诊断对于指导临床治疗,改善患者预后尤为重要。以往因影像技术的成熟,导致该病的检出率较低。多层螺旋CT(multislice spiral CT, MSCT)自问世以来极大地提高了CT在医学领域的应用价值,其含有多排宽探测器结构,可在一次屏气下完成整个胸部的扫描,从而获得多个层面的图像数据,且具有扫描速度快,图像分辨率高,持续时间长等优点,现已广泛应用于气管、支气管疾病的诊断中^[3-4]。近年随影像技术的进一步发展,MSCT三维重建图像融合技术日益成熟,其具有强大的后处理技术,可获取更直观的立体图像,精确的进行病变空间定位,从而更全面的评估病变性质与范围,提高诊断准确率^[5-6]。据此,本研究将以97例疑似气管及主支气管憩室患者为对象,进一步探讨MSCT三维重建图像融合技术在气管及主支气管憩室诊断中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性选取2021年4月至2024年3月在本院就诊的疑似气管及主支气管憩室患者97例,男53例,女44例,年龄32~67岁,平均(49.82±3.51)岁。

纳入标准:均行MSCT检查且均具备手术指征;影像资料和病理资料齐全。排除标准:合并肿瘤患者;认知沟通障碍者;合并颈部或胸部外伤史者;存在呼吸运动伪影影响诊断者。本项研究已获得本院医学伦理委员会批准通过并实施,获取患者及其家属同意收集资料。

1.2 方法 设备及器材:西门子64排双源CT(Somatom Drive)及(Somatom Definition),西门子syngo.via后处理工作站。

扫描方法及参数:受试者均采用仰卧位,胸部扫描深吸气末屏气或自由呼吸扫描,扫描范围由下颈部至肺底部。胸部管电压:120KV,管电流400mA,颈管电压120KV,

【第一作者】任悠悠,女,副主任医师,主要研究方向:CT诊断。E-mail: yynyszxy@163.com

【通讯作者】任悠悠

管电流280mA；层厚、层间距均为0.75mm，矩阵512×512。

图像后处理及分析：将扫描所得的原始数据经薄层重建(层厚约1.0mm)，传至syngo.via检查工作站，利用多平面重组(multiplanar recombination, MPR)、容积重现(volume rendering, VR)、最小密度投影(minimum density projection, minMIP)等三维重建技术进行后处理获取立体图像。由两名经验丰富的影像科医师采用双盲法对收集的图像进行分析，记录憩室的大小、形态、位置、有无分隔以及与气管支气管之间的关系。在结果不统一时，另请1名高年资的影像科医师参与分析，共同进行最终结果的确定。气管及主支气管憩室：气管或支气管旁不规则囊腔或囊状含气空腔，囊腔内可有分房样或蜂窝状改变并见分隔状或皱褶样结构，若合并感染时可有液体或出现液平面；部分显示气管与囊腔间的细小通道^[7]。

1.3 观察指标 (1)以手术病理结果作为金标准，采用Kappa一致性分析MSCT三维重建图像融合技术对气管及主支气管憩室的诊断价值，并计算敏感度、特异度、准确度、阴性预测值、阳性预测值及Kappa值。(2)观察气管及主支气管憩室患者MSCT影像学特征。(3)对比常规横轴位与MSCT三维重建图像融合技术对憩室与气管支气管之间通道的检出率。

1.4 统计学分析 双人核对法整理数据，数据分析以SPSS 21.0统计学软件作为工具，计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，行t检验；计数资料以n或n(%)表示，行 χ^2 检验；诊断临床价值以Kappa一致性进行分析，Kappa值 ≥ 0.7 表示一致性较高，Kappa值介于0.4~0.7表示一致性中等，Kappa值 < 0.4 表示一致性较弱，计算灵敏度和特异度，灵敏度=真阳性人数/(真阳性人数+假阴性人数) $\times 100\%$ ；特异度=真阴性人数/(真阴性人数+假阳性人数) $\times 100\%$ ， $P < 0.05$ 提示有统计学意义。

2 结果

2.1 MSCT对气管及主支气管憩室的诊断结果与术后病理结果对照 手术病理诊断结果显示，97例疑似患者中有84例为气管及主支气管憩室，13例为非气管及主支气管憩室。术前MSCT确诊气管及主支气管憩室82例，准确度为93.81%，敏感度为97.62%，特异度为69.23%，阴性预测值为81.82%，阳性预测值为95.35%，Kappa值为0.715， $P < 0.001$ 。见表1。

MSCT	病理诊断		合计
	气管及主支气管憩室	非气管及主支气管憩室	
气管及主支气管憩室	82	4	86
非气管及主支气管憩室	2	9	11
合计	84	13	97

2.2 气管及主支气管憩室的MSCT特征 82例气管及主支气管憩室患者憩室大小不一，直径范围为12~48mm，平均直径为(30.05 ± 2.45)mm，憩室多位于气管右后侧，数量以单发憩室为主，开口为单开口型，憩室内无分隔，与气管支气管相通，且憩室壁菲薄、憩室内壁光滑。见图1A~图1L、表2。

2.3 常规横轴位与MSCT三维重建图像融合技术对憩室与气管支气管之间通道的检出率对比 82例气管及主支气管憩室患者共有59例憩室与气管支气管之间相通，其中常规横轴位检出21例，MSCT三维重建图像融合技术检出38例，两者比较有差异($\chi^2=9.797$ ， $P=0.002$)。

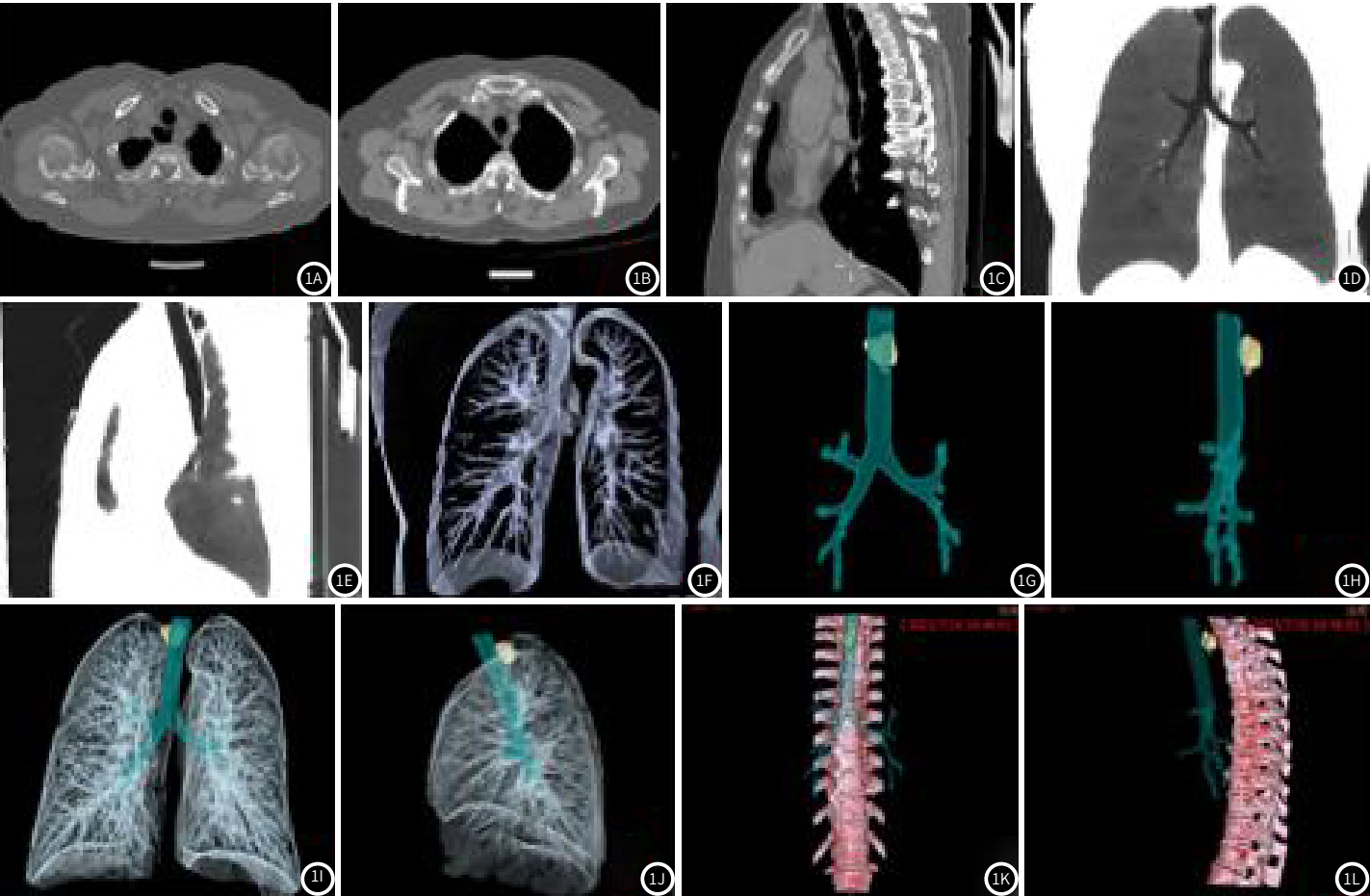


图1A：MSCT轴位显示胸廓入口层面气管右方不规则形态含气囊腔，内见分隔；图1B：轴位显示憩室与气管相通；图1C：MPR矢状位重建显示气管与憩室间纤细通道；图1D~1E：MIP及VR重建显示憩室的位置和体积；图1F~1L：多模式重建显示憩室全貌及与气管、肺、脊柱的关系。

表2 气管及主支气管憩室的MSCT表现[n(%)]

MSCT表现	例数(n)	占比(%)
憩室数量		
单发	71	86.59
多发	11	13.41
憩室位置		
气管右后侧	66	80.49
气管右侧	12	14.63
左主支气管旁	4	4.88
憩室分隔		
有	29	35.37
无	53	64.63
憩室开口		
无开口型	16	19.51
单开口型	53	64.63
多开口型	13	15.85
憩室与气管支气管的关系		
相通	59	71.95
不相通	23	28.05
憩室壁		
菲薄	50	60.98
较厚	32	39.02
憩室内壁		
光滑	48	58.54
分隔状及褶皱样结构	34	41.46

3 讨 论

气管及主支气管憩室为临床少见的良性气管疾病^[8-9]，主要是由于局部支气管扩张导致的，可分为先天性和获得性两类，前者多数较小，其憩室内壁在组织学上呈现与气管壁类似的解剖结构，包括气管壁、平滑肌和柱状上皮；而后者多由于支气管、气管吻合术或外伤所致，多数较大，且憩室开口也较大，常位于胸廓入口气管的右后侧，可能是与该部位解剖缺陷有关，其憩室内壁主要由气管上皮构成，但不包括平滑肌和软骨^[10-11]。既往由于检查技术和设备的限制、临床症状特异性的缺乏及对憩室的认知不足，导致该病检出率较低，不利于治疗方案的制定^[12-13]。随着MSCT的发展和普及，尤其是其后处理技术的逐渐成熟，极大地提高了气管及主支气管憩室检出率。据此，本研究将进一步探讨MSCT三维重建图像融合技术在气管及主支气管憩室诊断中的应用效果。

以往气管及主支气管憩室的诊断常依靠于支气管镜和胸部CT，但由于上纵膈及下颈部的解剖结构复杂，分布多种神经血管组织，且正常解剖变异也较多，使胸部CT的使用受到临床限制；而支气管镜具有有创性，且存在禁忌症和并发症，另外当憩室开口较小时，即使行支气管镜检查也难以发现^[13]。而MSCT属无创操作，扫描时间短，且近年MSCT及相关后期技术的发展，结合了VR、MPR和minMIP等技术，可对病变及周围状态进行多方位观察，为临床提供诊断信息。既往也有研究指出^[15-16]MSCT在气管及主支气管憩室的分类、鉴别诊断和疗效评估中应用价值较高。本研究结果显示，术前MSCT确诊气管及主支气管憩室82例，准确度为93.81%，敏感度为97.62%，特异度为69.23%，阴性预测值为81.82%，阳性预测值为95.35%，与病理诊断也具有较好的一致性(Kappa值为0.715)，提示MSCT三维重建图像融合技术在气管及主支气管憩室中具有一定的诊断价值。分析其原因可能是，MSCT三维重建图像融合技术可通过利用容积数据进行2D、3D和能谱图像的后处理加工，有效提高空间和密度分辨率，从而获得更清晰的立体图像，使临床医师可从不同角度观察解剖结构和病变组织，为其提供相对价值较高的指导信息，最终提高临床诊断率^[17]。

进一步对气管及主支气管憩室的影像学特征进行分析，结果发现82例气管及主支气管憩室患者憩室大小不一，直径范围为12~48mm，平均直径为(30.05±2.45)mm，多位于气管右后侧，数量以单发憩室为主，且开口类型多为单开口型，憩室内无

分隔、与气管支气管相通，憩室壁菲薄、憩室内壁光滑，部分可见分隔状及褶皱样结构，与既往研究相近^[18-19]。提示临床可将上述影像学特征作为气管及主支气管憩室的基础性诊断标准，但仍需结合其他影像资料评估病情进展。

现如今临床认为对于气管及主支气管憩室的主要诊断依据为憩室与气管支气管之间的相通性。本研究中82例气管及主支气管憩室患者共有59例憩室与气管支气管之间相通，其中常规横轴位检出21例，MSCT三维重建图像融合技术检出38例，两者比较有差异，与江山岳等^[20]研究结果部分类似。表明三维重建图像融合技术的应用更利于提高憩室与气管支气管之间相通的检出率。可能为：憩室与气管支气管之间的交通管道细短且走行多样，加之分泌物堵塞，导致常规横轴位CT难以清晰显示，无法准确诊断。而三维重建图像融合技术经过VR、MPR和minMIP等处理后可获得较薄的薄层图像厚度，利于弥补常规扫描技术的不足，提高对憩室与气管支气管之间的通道显示率。此外，MPR是对MSCT轴位图像的重要补充，不仅可对气管及主支气管憩室进行多个平面重组，还能使憩室的通道与气管、支气管之间的开口在同一平面显示，从而提高憩室与气管支气管之间通道的显示率；VR可对图像进行多角度旋转与切割，清晰显示憩室内部结构及其与气管、支气管之间的通道；minMIP在清晰显示病变形态和轮廓的同时，还能降憩室与气管、支气管之间的通道进行显示^[21-22]。故结合上述认为MSCT三维重建图像融合技术优势显著，对于提高憩室与气管支气管之间相通性的检出率有积极作用。

综上所述，MSCT三维重建图像融合技术诊断气管及主支气管憩室准确率较高，可为临床诊断提供可靠的影像学资料。

参考文献

- [1] Sagar AS, Tomeh C, Sagar D, et al. Bronchoscopic management of tracheal diverticulum using argon plasma coagulation[J]. Ann Am Thorac Soc, 2022, 19(3): 484-487.
- [2] Thibodeau R, Warn K, Jafroodifar A, et al. Tracheal and main bronchial diverticula simulating pneumomediastinum following a motor vehicle collision[J]. Radiol Case Rep, 2021, 16(11): 3250-3254.
- [3] 张潮, 熊志, 余红蕾, 等. MSCT在小儿气管、支气管异物诊断中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(6): 75-76, 92.
- [4] 王吉, 杨攀艳, 郑玉丽, 等. MSCT及支气管镜在气管性支气管变异中的诊断价值[J]. 医学影像学杂志, 2020, 30(3): 378-382.
- [5] Javed S, Mei Y, Zhang Y, et al. Multi-slice computed tomographic analysis and identification of remarkable anatomical types of segmental bronchi in bilateral inferior lobes: based on extensive data[J]. Quant Imaging Med Surg, 2023, 13(12): 7777-7788.
- [6] 官春兰, 罗小兰. 64层螺旋CT对气管憩室的诊断价值[J]. 中国当代医药, 2012, 19(6): 96-97.
- [7] 周静然, 杨峰, 朱维. 应用多层螺旋CT及后处理技术诊断气管支气管憩室的价值[J]. 湖北医药学院学报, 2016, 35(1): 23-26.
- [8] 干芸根. 儿童先天性气管支气管发育异常的影像学诊断[J]. 罕少疾病杂志, 2015, 22(02): 1-2.
- [9] 刘华, 李子平, 吴励, 等. 气管憩室影像表现探讨[J]. 罕少疾病杂志, 2013, 23(03): 8-10.
- [10] 贺新华, 曹和涛. 胸部体检人群气管憩室变化的MSCT随访观察[J]. 放射学实践, 2021, 36(1): 82-87.
- [11] 方翠, 张源, 杨四清, 等. MSCT及MRI检查在气管憩室应用中的临床价值[J]. 医学影像学杂志, 2023, 33(3): 439-443.
- [12] Mangiameli G, Alzreibi C, Arame A, et al. Congenital tracheal diverticulum: from clinical aspects to treatment[J]. Minerva Surg, 2021, 76(1): 101-102.
- [13] Chakraborty A, Vaish R, Chatterjee A, et al. Tracheal diverticulum: rare presentation of known entity: a case report[J]. A A Pract, 2020, 14(9): e01262.
- [14] 徐彦东, 张凤翔, 张浩亮, 等. MSCT对气管憩室的诊断价值[J]. 医学影像学杂志, 2022, 32(2): 246-249.
- [15] Nishiwaki N, Noma K, Maeda N, et al. High incidence of tracheobronchial diverticulum in esophageal cancer patients: a retrospective survey alerting pitfall during thoracoscopic esophagectomy[J]. Gen Thorac Cardiovasc Surg, 2020, 68(9): 1018-1023.
- [16] Gao HJ, Gong L, Jiang ZH, et al. A tension tracheal diverticulum: recurrence after interventional sclerotherapy followed by transcervical resection[J]. Ann Transl Med, 2019, 7(1): 12.
- [17] 贺新华, 曹和涛. 胸部体检人群气管憩室变化的MSCT随访观察[J]. 放射学实践, 2021, 36(1): 82-87.
- [18] 陈七一, 李玉静, 谢汝明. 气管憩室的CT影像特征及后处理技术优劣分析[J]. 医学影像学杂志, 2017, 27(9): 1686-1688.
- [19] 樊科妮, 张敏刚, 李笑石, 等. 多层螺旋CT多模态三维重建技术在气管憩室诊断中的效果评价[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(2): 79-81.
- [20] 江山岳. 多层螺旋CT在气管憩室诊断中的价值[J]. 实用临床医学, 2018, 19(4): 74-75, 92.
- [21] Toscano L, Terra D, Salisbury S, et al. Surgical resection of tracheal diverticulum with haemoptysis as unusual presentation[J]. Case Rep Surg, 2019, 2019: 3828197.
- [22] 付红江, 张岗, 梁智博, 等. 基于MSCT及后处理技术在气管憩室中的应用进展[J]. 中国医疗设备, 2022, 37(3): 150-154.

(收稿日期: 2024-06-03)

(校对编辑: 姚丽娜、赵望淇)