

论 著

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*

窦科妮¹ 张敏刚² 李笑石²
耿纪刚² 范晓娟¹ 吴永斌^{3,*}

1.西安市第五医院影像科(陕西 西安 710000)

2.西安大兴医院影像科(陕西 西安 710000)

3.西安市精神卫生中心影像科

(陕西 西安 710000)

【摘要】目的 评价多层螺旋CT三维重建图像融合技术在气管憩室诊断的效能与临床价值。方法 回顾性选取129名临床确诊的气管憩室患者影像学数据,使用三维重建图像融合技术进行后处理重建,并结合传统三维重建方法MPR、VR及minMIP进行诊断,分析影像学资料与临床指征。结果 129名患者共计175个憩室,97人仅有一个憩室,18人有2个憩室,14人有3个憩室。三维重建图像融合技术在憩室显示率、位置准确性、阳性符合率、阳性预测率及诊断准确性评价中分别为100%、95.22%、96.36%、100%、99.07%,临床图像满意度97.22%。结论 多层螺旋CT三维重建图像融合技术的诊断效能上符合临床治疗需求,能清楚显示憩室范围与位置,在传统三维重建的基础上对憩室进行更详细的显示。可以提高临床诊断效能,值得在临床推广使用。

【关键词】气管憩室; 图像后处理技术;
体层摄影术; X线计算机

【中图分类号】R562.1

【文献标识码】A

【基金项目】中国红十字基金会“影瑞西北
公益行”之ICON科研基金
(XM HR_ICON_2020_10)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.02.025

To Evaluate the Effect of Multi-slice Spiral CT Multi-modal Three-dimensional Reconstruction Technology in the Diagnosis of Tracheal Diverticulum*

DOU Ke-ni¹, ZHANG Min-gang², LI Xiao-shi², GENG Ji-gang², FAN Xiao-Juan¹, WU Yong-bin^{3,*}.

1.Department of Radiology, Xi'an No.5 Hospital, Xi'an 710000, Shaanxi Province, China

2.Department of Radiology, Xi'an Daxing Hospital, Xi'an 710000, Shaanxi Province, China

3.Department of Radiology, Xi'an Mental Health Center, Xi'an 710000, Shaanxi Province, China

ABSTRACT

Objective To evaluate the efficacy and clinical value of multi-slice spiral CT three-dimensional reconstruction image fusion technology in the diagnosis of tracheal diverticulum. **Methods** The imaging data of 129 patients with clinically diagnosed tracheal diverticulum were retrospectively selected. The three-dimensional reconstruction image fusion technology was used for post-processing and reconstruction, and the traditional three-dimensional reconstruction methods MPR, VR, and minMIP were used for diagnosis. **Results** 129 patients had a total of 175 diverticula, 97 had only one diverticulum, 18 had two diverticula, and 14 had three diverticula. The diverticulum display rate, position accuracy, positive coincidence rate, positive prediction rate and diagnostic accuracy of 3D reconstruction image fusion technology were 100%, 95.22%, 96.36%, 100% and 99.07%, respectively, and the clinical image satisfaction was 97.22%. **Conclusion** The diagnostic efficacy of multi-slice spiral CT three-dimensional reconstruction image fusion technology meets the needs of clinical treatment. It can clearly show the scope and location of diverticulum, and display diverticulum in more detail on the basis of traditional three-dimensional reconstruction. It can improve the efficiency of clinical diagnosis and is worthy of clinical promotion.

Keywords: Tracheal Diverticulum; Image Post-processing Technology; Tomography; X-ray Computed

气管憩室(tracheal diverticulum, TD)是指气管或支气管腔向外的囊性突出,属于良性病变^[1]。在我国发病率较低,常规胸部检查中,发现率约占1%,其中由胸部CT偶然发现占60-70%,其余为支气管镜检查或其他疾病检查时发生^[2]。TD形成原因较为复杂,大部分患者往往无特别症状,因此预先性发现疾病具有非常关键的临床作用^[3]。多层螺旋CT(multi-slice spiral CT, MSCT)问世以来,基于CT薄层数据的后处理方法越来越多,普遍应用于各种疾病诊断、手术前规划等。最近几年,TD的影像学诊断主要应用几种常规的图像处理技术,即多平面重建(multi planar reformation, MPR)、容积再现(volume rendering, VR)、最小密度投影(minimum intensity projection, min MIP)等^[4],但是这些后处理技术诊断TD难以进行立体显示,虽然配合薄层数据影像科医生可以精准发现TD位置和数量,但是对于治疗前规划仍然存在缺陷,无法向临床提供清晰的立体示意图。本研究使用常用于器官移植、肿瘤切除手术中的图像融合三维重建技术对憩室进行诊断,探究多模态CT后处理重建技术对TD临床价值与诊断效能。

1 资料与方法

1.1 临床资料 回顾性选取我院2020年1月至2023年4月由CT偶然检查发现或因为出现症状就诊的TD患者129人。年龄:17-77岁,平均年龄 47.56 ± 6.15 岁; BMI: $19-25 \text{ kg/m}^2$,平均BMI $23.20 \pm 2.96 \text{ kg/m}^2$; 男性81人,女性48人。有症状患者79人,无症状患者50人,临床资料详见表1。

表1 患者临床资料(n=129)

临床资料	人数	占比
男性(人)	81	62.79%
有症状	55	42.64%
肺实质炎症(新冠检测阳性)	9	6.98%
肺实质炎症(新冠检测阴性)	35	27.13%
支气管炎(无肺气肿)	19	14.73%
肺气肿	9	6.98%
陈旧性肺结核	9	6.98%
胸腔积液	3	3.10%
肺部肿瘤(含术后)	8	6.98%
其他部位肿瘤(含术后)	2	2.33%
冠心病术后	1	1.55%
气管异物	1	0.78%
咽部不适	1	0.78%
无任何其他肺部病变	32	24.81%
吸烟史	59	45.74%

【第一作者】窦科妮,女,主治医师,主要研究方向:风湿免疫疾病影像诊断。E-mail: 1356862971@qq.com

【通讯作者】吴永斌,女,主治医师,主要研究方向:中枢神经影像学。E-mail: 303772957@qq.com

1.2 检查方法 所有患者采用同一设备与相同的扫描条件：GE Discovery 多层螺旋CT，管电压120KV，管电流为自动毫安秒，随患者体层厚度自动调节，调节范围100-500mAs；螺距1.025。探测器准直设置为0.625mm×64，层厚0.625mm，层间距1mm。

1.3 图像重建与分析 所有薄层图像传送至佳能Vital后处理工作站(fx 4.0.693版本)，分别进行多种重建。即传统的MPR、VR、MIP重建和新型的全息图像融合重建，在图像融合重建中将憩室、支气管树、肺野轮廓进行不同颜色和透明度渲染，后导出为STL格式文件。

1.4 统计学分析 采用SPSS 26.0软件对数据进行分析统计，使用GraphPad Prsima 9.4.1软件进行制图。符合正态分布的计数资料采用均数加减标准差表示，不符合正态分布的计数资料采用中位数表示。组间比较采用单独样本t检验，组内比较采用配对t检验。

定性资料采用百分比表示，使用方差检验。灵敏度、特异性及阳性预测值采用Kappa一致性分析，Kappa≥0.75认为一致性良好，P<0.05认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 憩室诊断结果与影像学指征分析 所有的175个憩室中，直径范围19-55mm，平均直径为29.05±19.23mm。通过多模态CT三维重建可以进行多个影像学指征判断，其中憩室与气管相连与否多使用VR、MPR和原始薄层图像判断，分隔与形态使用薄层与全息图像判断，憩室开口相对大小(横向膨胀占比50%为界限)^[5]以原始薄层及MIP图像判断，憩室有无分隔使用MPR图像与全息三维重建图像进行判断。具体临床指标情况详见表2。129名患者中多发憩室有32人，其中一名患者憩室多发且互相连接，后进行了手术治疗，详见图1-图2。

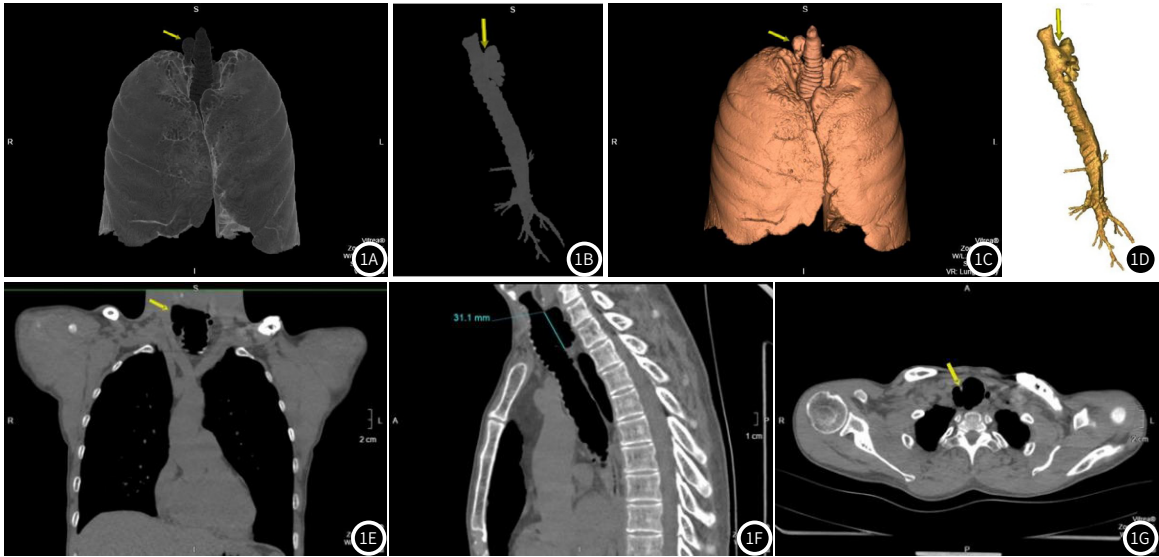


图1A-图1G 体检患者，无症状。男，39岁，多发气管憩室伴双肺下叶多发感染。憩室最大瘻口直径约3.1cm。图1A-图1B 最小密度投影(MIP)，可隐约观察到患者气管憩室位置与肺组织关系。气管形态观察欠清。图1C-图1D 伪彩图像(VR)，可清晰观察到憩室形态与位置，但与气管关系结构模糊，无法准确区分憩室与气管边界。图1E-图1G 多平面重建图像(MPR)：可以清晰进行憩室与气管通道口直径的测量，但是无法宏观观察病变位置及与肺组织关系。

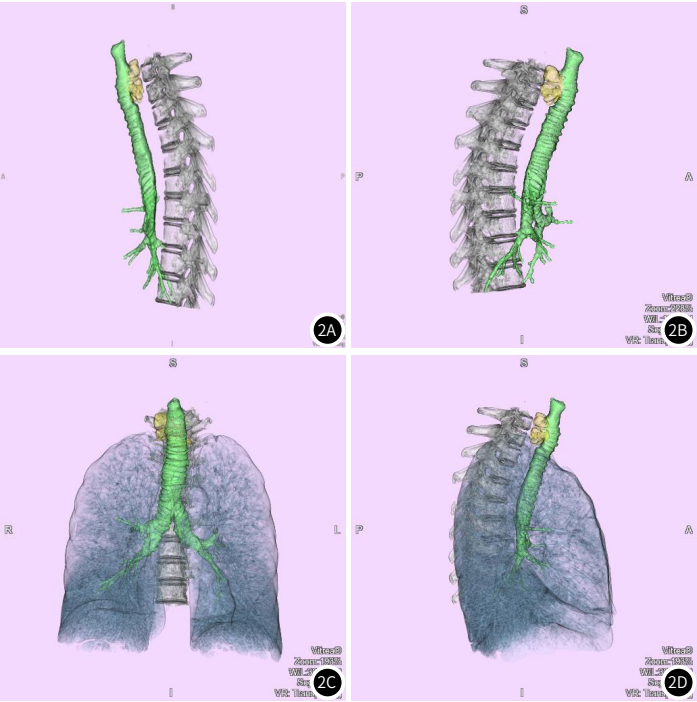


图2A-图2D 患者入院后术前进行全息三维重建，指导手术规划。图2A-图2B 气管、憩室与胸椎关系。图2C-图2D 气管、憩室与胸椎、双肺关系。

表2 憩室影像学指征(n=175)

憩室影像学指征	个数	占比
1个憩室	97	55.43%
2个憩室	18	10.29%
3个憩室	14	8.00%
憩室与气管相连	88	50.29%
憩室合并感染	23	13.14%
囊腔样憩室	88	50.29%
气泡样憩室	21	12.00%
烧瓶样憩室	16	9.14%
凹槽样憩室	15	8.57%
三角样憩室	15	8.57%
混合形态憩室	20	11.43%
广口型憩室	66	37.71%
窄口型憩室	109	62.29%
无开口型憩室	22	12.57%
单开口型憩室	52	29.71%
多开口型憩室	101	57.71%
有分隔憩室	61	34.86%
无分隔憩室	114	65.14%

2.2 CT后处理憩室诊断效能 本研究对7组临床数据指标进行评判,以临床手术或其他治疗判断为金标准。在多模态重建图像的联合诊断中,所有临床指标在灵敏度(92.86-100%)、阳性预测值(98.36-100%)、准确率(92.86-100%)均高于90%,诊断效果好。详见表3。

表3 CT诊断灵敏度、准确率与阳性预测值

观察指标	灵敏度	阳性预测值	准确率
憩室数量	98.36%	98.36%	96.77%
憩室位置	97.78%	100%	97.78%
憩室大小	92.86%	100%	92.86%
憩室与气道相通位置判断	100%	100%	100%
憩室分隔判断	99.24%	100%	99.24%

3 讨论

气管憩室(tracheal diverticulum, TD)是一种大部分情况无症状的胸部疾病,在临床上主要由CT检查筛查发现^[6]。目前多个研究表明,TD与慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)、气管软骨先天性发育、呼吸道炎症、肺结核、肺癌相关。同样医源性(手术性)获得也见研究报道^[7-9]。影像学发现TD征象时,往往需要进行多个后处理重建,协同诊断才能更完善TD的检出^[10]。本研究使用了多个后处理重建技术以及首次使用近年来广泛用于医学3D打印的全息重建建模技术,用来评价TD的诊断效能。

本研究发现,TD主要位置分布在气管后侧壁,左右侧比例约为30%、70%,与此前的研究结果类似^[10]。气管憩室可见先天性食管-气管瘘、巨大气管支气管,但是本次研究并没发现这两种疾病,可能与本院大部分TD患者都是无症状CT检查偶然有关。

本研究使用了MPR、VR、MIP和全息图像融合重建四种方法,前三种重建方法主要是对薄层数据进行后处理加工,而全息图像重建主要是要对TD病变进行分割和再染色融合^[11]。全息图像在视觉感官上类似VR图像,都可以三维全面的展示TD与气管、脊柱的关系,可以评估TD病变的范围和位置。但是两者在显示效果上完全不同,VR图像的原理是根据CT值的大小进行图像颜色深浅的伪彩重建,CT值越低的图像显示越浅淡,而CT值越高的图像则伪彩更深,同时可以根据CT值阈值来设置不同的颜色,但是缺点是过于依赖CT值的改变,对于CT值相近的组织无法进行很好的区分。但是全息三维图像可以将组织器官分割之后重新融合并进行新的染色,即使CT值相近的组织,也可以显示成对比度完全不同的颜色,同时模型可以进行各种选择、测量,方便影像学进行诊断和临床治疗前的策略制定^[12-13]。同时,这种图像还可以导出成标准化的3D打印格式,可以进一步进行3D打印成教学模具甚至个性化体内植入物,目前广泛在骨科、神经内外科、消化科、肝胆外科使用^[14]。

本研究中还有一些重建技术没有使用,例如其他相似研究中使用过的CT仿真内镜(CT virtual endoscopy, CTVE)技术、血管探针技术(vessel probe, VP)技术等,此前也有一些研究使用了这两种后处理技术应用于TD的诊断^[15]。但是CTVE技术对于TD开口的鉴别存在比较高的假阳性率,有研究表明约有60%的憩室无法准确找到内口^[16]。而血管探针技术则需要手动进行气管树的追踪,对三维重建后处理人员要求较高。憩室与气管相通是TD在CT诊断的明显特征之一,此前研究表明CT后处理重建技术仅能发现约79%的相通^[17],但是本研究使用了多种三维重建后处理方法综合判断,与气管相通位置判断准确率达到100%,因此增加了全息三维重建技术之后,憩室与气管相通的诊断效能提高,无需再进行CTVE和VP技术重建。

在本研究中TD的显示、位置判断非常良好,但是鉴别诊断中仍有难点。首先是食管憩室与TD的鉴别,食管憩室一般可见气液平或食物残留物,基底部位于食管,但是有层面无法准备分辨基底部的位

但是多见外伤病史,同时也会伴有气胸;最后是气管囊肿合并感染,这也是最难鉴别的,气管囊肿是指在气管周围的囊样病变,CT表现为低密度影,边界清晰,如有合并感染或者出血则呈骨密度。气管囊肿不与气管相通,但有时却紧贴气管壁无法分辨。使用分割技术逐层进行追溯并提取病变,是CT鉴别的有效手段^[18]。

本次研究尚有一些局限性,首先是有症状或合并感染的患者数量较少,对气管憩室与症状之间的相关性无法进一步分析;其次是没能与其他影像学检查进行对比,例如MRI等;最后是缺乏随访资料,无法获得纵向研究的结果。在今后的研究中将改进上述问题,进行更深入的研究。

综上所述,多模态CT及其后处理技术可以提高TD的诊断效能,使用多种后重建方式互相配合,可以提供更多更可靠的临床指标,尤其是全息化三维重建技术,可以让临床在进行TD治疗前可以获得更多的位置信息,同时有助于对病程的管理和监测,应在临床广泛推广使用。

参考文献

- [1] Vaz N, Steigner M. Tracheal diverticulosis [J]. Med Clin (Barc), 2022, 159 (6): 304.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 张培贵, 邱乾德. 多层螺旋CT对气管憩室诊断的价值[J]. 医学影像学杂志, 2015, 25 (4): 617-619.
- [6] Johansen M, Veyckemans F, Engelhardt T. Congenital anomalies of the large intrathoracic airways [J]. Paediatr Anaesth, 2022, 32 (2): 126-137.
- [7] 王开金, 刘锡娇, 刘碧翠, 等. 气管支气管化症导致气管憩室和支气管扩张1例[J]. 临床肺科杂志, 2023, 28 (2): 319-320.
- [8] 张芬, 张庆泉, 于伟, 等. 气管憩室致声音嘶哑1例. 中国临床案例成果数据库, 2022, 4 (1): E03804-E03804.
- [9] 刘翠, 唐建华, 汤木翠, 等. 3例食管癌并发食管憩室及气管憩室患者的护理. 护理学报, 2022, 29 (2): 68-70.
- [10] 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, 108.
- [11] 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.
- [12] 付坚, 王聪, 何鹏, 等. 全息影像CT三维重建技术在机器人辅助腹腔镜肾部分切除术中的应用研究[J]. 临床泌尿外科杂志, 2022, 37 (9): 698-701, 707.
- [13] 路鹏程. 3D打印踝足紧密接触型外固定支具的数字化设计、计算机仿真分析及临床应用[D]. 南方医科大学, 2021.
- [14] Zhang H, Hu H, Li C, et al. Evaluation of volume changes following lateral window maxillary sinus floor elevation using Minics software [J]. Ann Transl Med, 2022, 10 (18): 984.
- [15] 汪鲲, 郭小玲. 多排螺旋CT对气管旁憩室的观察研究[J]. 甘肃医药, 2015, 34 (10): 727-730.
- [16] 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.
- [17] 李煥军, 张士波. MSCT在气管憩室诊断中的应用[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2015, 13 (4): 417-418.
- [18] 张宏, 杨笑泉, 彭天松, 等. 体检人群中气管、支气管憩室的CT表现及随访变化[J]. 影像研究与医学应用, 2022, 6 (21): 20-22.

(收稿日期: 2023-07-08)

(校对编辑: 谢婷婷)