

论 著

气管支气管变异与慢性阻塞性肺疾病的相关性研究

郭雅君¹ 王新文^{2,*} 孙 凯²
郝丽娇¹ 杨 敏¹ 柴夏宁¹
赵继敏¹

1.山西医科大学影像学院
2.山西医科大学第二医院影像科
(山西 太原 030000)

【摘要】目的 通过对临床上经PFT诊断为COPD的患者应用MSCT图像后处理方法收集气管支气管变异的特征及参数，以探讨气管支气管变异与COPD的相关性。方法 回顾性收集1132例本院诊断为COPD的患者的影像资料，确定气管支气管变异及分型，测量变异侧及对侧LAA%、LA、WT、WA%，并进行相关性分析。结果 1.一般资料及CT定量参数：4种气管支气管变异类型与年龄差异均无统计学意义($P>0.05$)。气管憩室的CT定量参数LAA%-950、LAA%-910与其他3种气管支气管变异之间差异有统计学意义($P<0.05$)，其他3种气管支气管变异之间差异均无统计学意义($P>0.05$)。2.CT定量参数及支气管参数：气管性支气管、副心脏支气管、双肺上叶分段异常变异侧与对侧的CT定量参数LAA%-950、LAA%-910及支气管参数LA、WT、WA%之间差异均有统计学意义($P<0.05$)。气管憩室LAA%-950、LAA%-910左右肺之间差异无统计学意义($P>0.05$)。3.CT定量参数与支气管参数的相关性分析：气管性支气管、副心脏支气管、双肺上叶分段异常变异侧的LAA%-950、LAA%-910与WT、WA%均呈正相关，与LA呈负相关。结论 气管支气管变异的变异侧较对侧的肺气肿程度、气道壁厚度更严重,且存在气管支气管变异的患者可能更易患COPD。

【关键词】肺疾病，慢性阻塞性；
支气管肺发育不良；支气管；
体层摄影术，X线计算机

【中图分类号】R445.3
【文献标识码】A
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.09.020

The Correlation between Tracheobronchial Variation and Chronic Obstructive Pulmonary Disease

GUO Ya-jun¹, WANG Xin-wen^{2,*}, SUN Kai², HAO Li-jiao¹, YANG Min¹, CHAI Xia-ning¹, ZHAO Ji-min¹.
1.College of Medical Imaging, Shanxi Medical University, Taiyuan 030000, Shanxi Province, China
2.Department of Radiology, The Second Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030000, Shanxi Province, China

ABSTRACT

Objective In order to explore the correlation between tracheobronchial variation and COPD, MSCT image post-processing was used to collect the characteristics and parameters of tracheobronchial variation in clinically diagnosed patients with COPD by PFT. **Methods** Imaging data of 1132 patients clinically diagnosed as COPD were retrospectively collected. CT scanning data were used to determine tracheobronchial variation and classification, and to measure LAA%, LA, WT, and WA% of the variable side and the contralateral side. And the correlation analysis is carried out. **Results** 1.General data and CT quantitative parameters: there was no statistical significance between the four types of tracheobronchial variation and age (all $P>0.05$). CT quantitative parameters of tracheal diverticulum LAA%-950 and LAA%-910 were significantly different from the other three tracheobronchial variants (all $P<0.05$), while there was no significant difference among the other three tracheobronchial variants (all $P>0.05$). 2. CT quantitative parameters and bronchial parameters: CT quantitative parameters LAA%-950 and LAA%-910 of tracheal bronchus, accessory cardiac bronchi and abnormal segments of the upper lobes of both lungs and bronchial parameters LA, WT, WA% of the variant side and the contralateral side were statistically significant (all $P<0.05$). There was no significant difference between the lungs around LAA%-950 and LAA%-910 in the tracheal diverticulum ($P>0.05$). 3. Correlation analysis between CT quantitative parameters and bronchial parameters: The LAA%-950 and LAA%-910 of tracheal bronchus, accessory cardiac bronchi, and abnormal segments of the upper lobes of both lungs variant side were positively correlated with WT and WA%, and negatively correlated with LA. **Conclusion** The degree of emphysema and airway wall thickness were more serious on the variant side of tracheobronchial variation than on the contralateral side. And patients with tracheobronchial variations may be more susceptible to COPD.

Keywords: Pulmonary Disease, Chronic Obstructive; Bronchopulmonary Dysplasia; Bronchi; Tomography, X-Ray Computed

慢性阻塞性肺疾病(COPD)简称慢阻肺，是一种可以预防和治疗的慢性炎性疾病，特征是持续存在的气流受限^[1-2]。肺气肿和气道重塑是COPD的主要病理特征，与慢性炎症反应关系密切。COPD通常认为是与有毒颗粒和气体的显著暴露引起的气道和(或)肺泡异常相关^[3-4]。近年来全球范围内COPD患病率及死亡率持续上升，造成巨大的社会负担和经济负担^[5]。部分研究发现在临床实践中对COPD患者的早期发现和落实早期干预可以改善肺功能并减缓疾病进展^[6-8]。气管支气管变异包括支气管缺失、移位、起源异常、多支气管及憩室^[9]，变异部分的支气管易导致空气中的有害颗粒物沉积引起炎症反应，但临床症状早期不明显，因此临床中关注较少。近年来国外有学者提出四分之一的正常人群的支气管解剖结构存在差异，这可能导致慢性呼吸道疾病，特别是导致COPD的发展和进展^[10]。本研究通过回顾性分析COPD及气管支气管变异的多层螺旋CT(MSCT)影像资料，确定气管支气管变异及分型，测量变异侧及对侧肺气肿程度及支气管参数，探讨气管支气管变异与COPD的相关性。

1 资料与方法

1.1 病历资料 回顾性收集2019年6月至2022年5月期间在山西医科大学第二医院临床上诊断为慢性阻塞性肺疾病并进行胸部MSCT扫描患者的影像学资料。

纳入标准：临床诊断为慢性阻塞性肺疾病(肺功能检查吸入支气管舒张剂后FEV1/FVC<70%)；完成胸部MSCT扫描；肺部图像完整；CT图像中肺裂明确显示，经后处理软件可准确分割，并得到清晰的支气管树。排除标准：患者呼吸配合不良，图像质量不佳，肺野没有完全包住；既往史有肺部手术的患者；合并支气管扩张、肺不张、支气管哮喘、肺部炎症、肺部肿瘤等疾病。最终共收集1132例患者，男性682例，女性450例，年龄33-88岁，平均为(54.94±15.35)岁，其中存在气管支气管变异266例，男性166例，女性100例，平均为(53.39±12.98)岁。

1.2 CT检查方法 采用美国GE公司Revolution CT 256层螺旋CT机对患者进行吸气相胸部CT平扫，扫描范围为胸廓入口至膈肌水平，扫描条件为管电压80~140 kVp瞬时切换，自动管电流，扫描层厚及层间距均为5mm。

1.3 图像后处理及数据分析 扫描数据以骨算法方式自动重建为层厚与层间距均为0.625mm的图像，并自动上传至GE AW4.7工作站，进入Thoracic VCAR软件进行肺叶

【第一作者】郭雅君，女，硕士，主要研究方向：胸部疾病的影像诊断。E-mail: 18404998829@163.com
【通讯作者】王新文，男，主任医师，主要研究方向：胸部疾病的影像诊断。E-mail: syeywxw@163.com

分割及支气管树处理, 综合应用图像后处理方法包括多平面重组(MPR)、曲面重建(CPR)、容积再现(VR)、CT仿真内镜(CTVE)等, 明确气管及支气管数目、形态、走行及发育变异情况, 得到变异侧及对侧肺叶肺气肿阈值低衰减区占全肺体积百分比(LAA%)、上叶尖段第4级支气管(变异位于肺上叶)或下叶后基底段第4级支气管(变异位于肺下叶)气道管腔面积(LA)、气道管壁厚度(WT)、气道管壁面积百分比(WA%)的测量值(图1)。

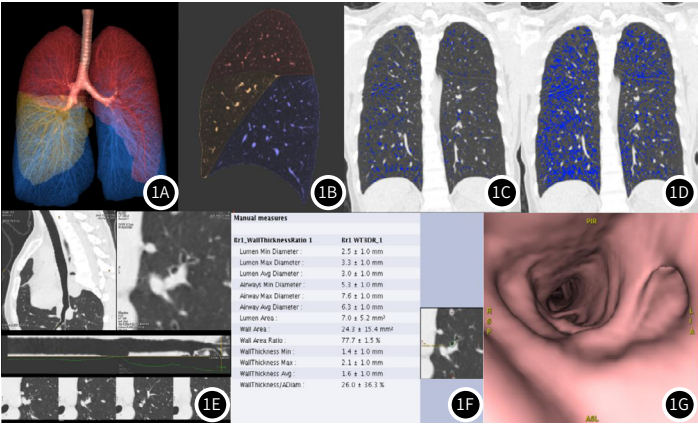


图1A-图1G 患者男, 54岁, CT后处理过程图。1A: 双肺图像; 1B: 右肺分叶图像; 1C: CT阈值-950HU双肺冠状位图; 1D: CT阈值-910HU双肺冠状位图; 1E: 支气管CPR图; 1F: 支气管参数测量结果图; 1G: 支气管CTVE图。

1.4 统计学分析 采用SPSS 26.0统计分析软件, 计量资料以

表1 LAA%-950气管支气管变异类型比较				
变异类型	气管性支气管	双肺上叶分段异常	副心脏支气管	
气管憩室	Z值	2.070	2.154	3.093
	P值	0.038	0.031	0.002
气管性支气管	Z值		0.594	0.177
	P值		0.553	0.860
双肺上叶分段异常	Z值			1.165
	P值			0.244

注: $P<0.05$, 差异有统计学意义。

表3 气管性支气管各参数结果比较					
	LAA%-950	LAA%-910	LA	WT	WA%
变异侧	7.24±2.71	20.75±12.57	2.81±1.91	1.28±0.24	83.13±8.35
对侧	6.46±1.89	18.49±10.15	4.51±2.26	1.04±0.28	78.43±8.21
Z值	2.040	2.354	2.104	2.280	2.417
P值	0.041	0.019	0.035	0.023	0.016

注: 所有数据采用 $\bar{x} \pm s$ 表示。 $P<0.05$, 差异有统计学意义。

表5 双肺上叶分段异常各参数结果比较					
	LAA%-950	LAA%-910	LA	WT	WA%
变异侧	8.68±6.66	25.44±16.46	6.25±4.46	1.31±0.30	75.94±8.82
对侧	8.38±7.84	23.84±17.36	7.19±3.52	1.17±0.29	73.88±9.50
Z值	3.404	2.147	2.076	2.046	2.049
P值	0.001	0.032	0.038	0.041	0.040

注: 所有数据采用 $\bar{x} \pm s$ 表示。 $P<0.05$, 差异有统计学意义。

($\bar{x} \pm s$) 表示。使用配对样本非参数检验中的Wilcoxon检验比较4种气管支气管变异的CT定量参数和支气管参数, Pearson相关分析或Spearman秩相关分析观察CT定量参数与支气管参数的相关性。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料及CT定量参数 共收集266例气管支气管变异患者, 其中气管憩室66例, 男性46例, 女性20例, 平均为(55.15±11.55)岁; 气管性支气管14例, 男性8例, 女性6例, 平均为(50.43±12.46)岁; 副心脏支气管90例, 男性50例, 女性40例, 平均为(51.16±12.10)岁; 双肺上叶分段异常96例, 男性62例, 女性34例, 平均为(54.72±14.49)岁。4种气管支气管变异类型与年龄差异均无统计学意义($P>0.05$)。气管憩室的CT定量参数LAA%-950、LAA%-910与其他3种气管支气管变异之间差异有统计学意义($P<0.05$), 其他3种气管支气管变异之间差异均无统计学意义($P>0.05$)。(表1、2)

2.2 CT定量参数及支气管参数 气管性支气管、副心脏支气管、双肺上叶分段异常变异侧与对侧的CT定量参数LAA%-950、LAA%-910及支气管参数LA、WT、WA%之间差异均有统计学意义($P<0.05$)。气管憩室LAA%-950、LAA%-910左右肺之间差异无统计学意义($P>0.05$)。(表3-6)

2.3 CT定量参数与支气管参数的相关性分析 气管性支气管、副心脏支气管、双肺上叶分段异常变异侧的LAA%-950与WT、WA%均呈正相关, 与LA呈负相关; LAA%-910与WT、WA%均呈正相关, 与LA呈负相关。(表7; 图2、3)

表2 LAA%-910气管支气管变异类型比较				
变异类型	气管性支气管	双肺上叶分段异常	副心脏支气管	
气管憩室	Z值	2.396	1.967	2.555
	P值	0.017	0.049	0.011
气管性支气管	Z值		1.534	0.727
	P值		0.125	0.467
双肺上叶分段异常	Z值			1.159
	P值			0.246

注: $P<0.05$, 差异有统计学意义。

表4 副心脏支气管各参数结果比较					
	LAA%-950	LAA%-910	LA	WT	WA%
变异侧	6.37±1.85	17.60±8.67	5.47±2.93	1.25±0.28	77.55±7.13
对侧	6.00±1.40	16.18±6.71	6.26±2.76	1.13±0.31	75.53±7.84
Z值	4.109	3.933	2.090	2.297	1.962
P值	0.000	0.000	0.037	0.022	0.050

注: 所有数据采用 $\bar{x} \pm s$ 表示。 $P<0.05$, 差异有统计学意义。

表6 气管憩室CT定量参数结果比较		
	LAA%-950	LAA%-910
左肺	7.35±2.01	20.03±8.15
右肺	7.31±2.10	19.99±8.27
Z值	0.938	0.027
P值	0.348	0.979

注: 所有数据采用 $\bar{x} \pm s$ 表示。 $P<0.05$, 差异有统计学意义。

表7 气管支气管变异的变异侧CT定量参数与支气管参数的相关性

	气管性支气管				副心脏支气管				双肺上叶分段异常			
	LAA%-950		LAA%-910		LAA%-950		LAA%-910		LAA%-950		LAA%-910	
	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P
LA	-0.667	0.009	-0.825	0.000	-0.265	0.039	-0.337	0.008	-0.441	0.001	-0.345	0.011
WT	0.709	0.005	0.847	0.000	0.301	0.018	0.367	0.004	0.351	0.010	0.396	0.003
WA%	0.515	0.049	0.602	0.023	0.330	0.009	0.325	0.011	0.406	0.003	0.362	0.008

注：r，相关系数；P<0.05，差异有统计学意义。

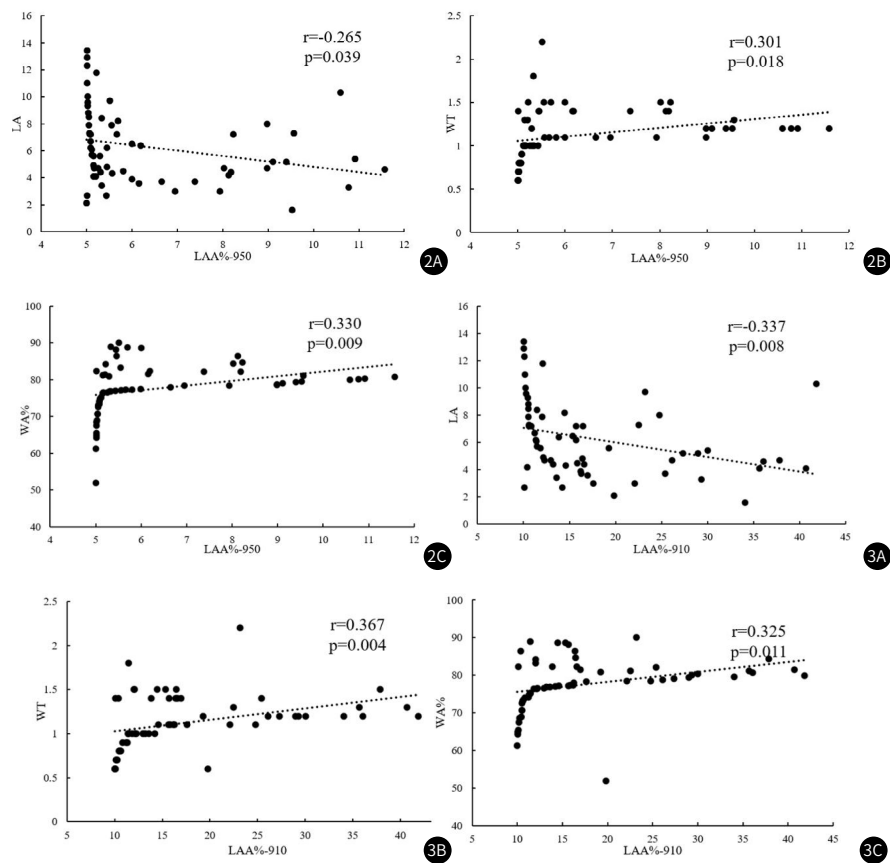


图2A-图2C 副心脏支气管LAA%-950与支气管参数的相关性散点图 A. LA; B. WT; C. WA%。
图3A-图3C 副心脏支气管LAA%-910与支气管参数的相关性散点图 A. LA; B. WT; C. WA%。

3 讨 论

COPD是一种进行性发展的慢性呼吸系统疾病，其特点在于持续的气流受限，并伴有肺部对有害颗粒或气体的异常炎症反应^[11]。由于COPD的病程往往较长且初期症状可能不明显，因此，实现疾病的早期诊断对于控制病情进展、改善患者生活质量及预后至关重要。在COPD的诊断体系中，肺功能检查(PFT)被认为是诊断的“金标准”。这一检查通过测量患者呼吸时气体流动的速率和容量，来评估肺部的整体功能状态，包括通气功能和换气功能，从而帮助医生判断是否存在气流受限及其严重程度。然而，肺功能检查虽然重要，但它主要反映的是整体肺功能的状况，对于局部病变的精准评估存在一定局限性^[12-13]。定量CT作为一种先进的影像学检查方法，以其独特的优势在COPD的诊断中发挥着重要作用。定量CT不仅能够清晰显示肺部的解剖结构，还能通过特定的软件算法，精准地评估肺气肿的程度以及气道参数的细微变化^[14]。Wang等人的研究^[15]通过LAA%细致量化肺气肿程度，特别是在-850~-1000HU的广泛阈值范围内，以10HU为间隔进行详尽对比，最终确认LAA%-950为肺气肿量化的最优参数。进一步地，黄晓旗等学者的研究^[16]揭示了LAA%-856、LAA%-910、LAA%-950与

COPD严重程度之间的微妙关联，其中LAA%-910不仅精准反映疾病严重程度，且与肺功能指标展现出良好的相关性。因此，本研究慎重选取了LAA%-950与LAA%-910作为评估肺气肿的核心指标，以期在COPD的早期诊断与病情监测中发挥重要作用。

COPD的发病机制复杂，其核心往往与长期暴露于空气中的有毒颗粒和有害气体紧密相关^[3]。这些有害因素不仅直接作用于肺部组织，还深刻影响着气道与肺泡的结构与功能。具体而言，气道和肺泡的异常变化，尤其是当它们与气管支气管的变异相结合时，可能显著加剧COPD的病理进程。气管支气管系统作为呼吸道的重要组成部分，承担着过滤、清除吸入空气中的有害颗粒物的重任^[17]，从而维护呼吸道的整体健康与完整性。然而，当气管支气管发生变异时，如支气管的缺失、移位或副起源等异常情况^[18]，其过滤功能可能受到损害，导致更多的有害颗粒物得以沉积在肺部，进而引发或加剧COPD等慢性呼吸道疾病。Sun等学者^[19]指出，支气管变异不仅是COPD的解剖基础，还促进了颗粒物在异常分叉处的积聚。Smith等^[10]的研究揭示，约四分之一健康人群存在支气管结构差异，这可能是COPD风险增加的一个因素。本研究

借助GE Thoracic VCAR技术,对COPD患者的支气管树进行了详尽分析,发现约23.50%的患者存在支气管变异,这一比例略低于先前报道,可能与种族差异及样本局限性有关。我们进一步将变异细分为四类:气管憩室、气管性支气管、副心脏支气管及双肺上叶分段异常。除气管憩室外,其余三类变异均显著影响了两侧肺的LAA%-950、LAA%-910、LA、WT、WA%等参数,表明变异侧肺气肿程度及气道壁厚度增加,与既有研究相符。这种变化可能与变异支气管的纤毛功能受损、病原体易定植及炎症反应增强有关,最终导致支气管壁增厚、管腔狭窄及气流受限^[20-21]。此外,气管憩室在左右肺间未显示显著的肺气肿差异,这可能与憩室多发于主气管、受COPD及慢性咳嗽引起的管腔内压增高影响有关^[22]。此发现提示,尽管存在支气管变异,其对肺功能的具体影响仍需结合变异类型及位置综合考量。

近年来,众多学者深入探索,揭示出肺气肿及支气管壁增厚程度与COPD患者的肺功能衰退、生活质量下滑、急性加重频率及致死率攀升等关键指标间存在密切关联^[23-26]。进一步的相关性分析显示,特定支气管结构如气管性支气管、副心脏支气管及双肺上叶分段的异常变异,其LAA%-950与LAA%-910指标均与WT、WA%呈负相关,而与LA呈正相关。这一发现不仅验证了LAA%-950与LAA%-910作为肺气肿评估指标的有效性,还凸显了气道状况量化指标LA、WT、WA%的重要性。气道炎症的频繁发作与修复过程,推动着气道重塑的进程,促使支气管壁日益增厚,管腔内径相应缩小,从而限制了气体的顺畅流通,加剧了肺气肿的病情。尤为值得注意的是,这种相关性在支气管变异侧表现更为显著,相较于对侧,其影响更为深远。这一系列发现强有力地说明了COPD与支气管结构变异之间存在着不可忽视的关联,且这种变异很可能是COPD症状加剧的潜在推手。

本研究尚存局限:其一,受限于研究时长,仅对吸气相胸部CT扫描进行探讨。其二,气管支气管变异的样本量偏少,可能影响结论的广泛适用性。未来作者将进一步完善这方面的研究。

综上所述,定量CT在精确评估肺气肿严重程度及支气管参数上展现出显著价值,其量化分析直观且精准地揭示了气管支气管变异侧相较于对侧肺气肿加剧与气道壁增厚更为显著的现象。此类变异的存在预示着患者可能面临更高的COPD风险,因此,早期识别气管支气管变异对于预示COPD的演进轨迹至关重要,不仅促进了COPD早期诊断率的提升,还有效助力了疾病进程的延缓、急性加重风险的降低以及患者生活质量的显著改善。

参考文献

- [1]葛均波,徐永健,王辰.内科学[M].9版.北京:人民卫生出版社,2018.
- [2]World Health Organization:Burden of COPD [EB/OL].[cited 2020-05-06]. Available from: <https://www.who.int/respiratory/copd/burden/en/>.
- [3]Adeloye D,Song P,Zhu Y,et al.Global,regional,and national prevalence of,and risk factors for,chronic obstructive pulmonary disease (COPD) in 2019:a systematic review and modelling analysis[J].Lancet Respir Med,2022,10(5):447-458.
- [4]Bhatt SP,Balte PP,Schwartz JE,et al.Discriminative accuracy of FEV1:FVC thresholds for COPD-related hospitalization and mortality[J].JAMA,2019,321(24):2438-2447.
- [5]周玉民,陈淑云,田佳,等.中国慢性阻塞性肺疾病筛查问卷的制定与验证[J].中华结核和呼吸杂志,2014,0(12):892.
- [6]陈亚宽,孙建新,植秋月.早期干预治疗对慢性阻塞性肺疾病预后的研究分析[J].中国实用医药,2022,17(5):155-158.
- [7]郑国利,刘艳,卜春红,等.多排螺旋CT定量测量对慢性阻塞性肺疾病病情诊断的临床价值[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(1):70-72.

- [8]杜颖,杨明夏.慢性阻塞性肺疾病早期诊断相关标志物研究进展[J].国际检验医学杂志,2021,42(23):2922-2926.
- [9]王文刚,杨馨艳,郑玉丽,等.MSCT三维重建及多平面重建对气管支气管发育变异的诊断价值.山东省,潍坊市人民医院,2021-09-03.
- [10]Smith BM,Traboulsi H,Austin JHM,et al.Human airway branch variation and chronic obstructive pulmonary disease [J].Proc Natl Acad Sci U S A,2018,115(5):E974-E981.
- [11]吴张立,吴振超,王雯婷,等.吸呼双相肺部CT在慢性阻塞性肺疾病诊断应用中的价值 [J].中国呼吸与危重监护杂志,2022,21(2):77-83.
- [12]张保朋,王道清,程留慧.慢阻肺气肿患者肺通气功能的CT评价[J].中国CT和MRI杂志,2017,15(8):59-61.
- [13]史维雅,杭晶卿,张志勇,等.呼吸气双相HRCT成像对不同COPD表型的定量评估[J].中国临床医学影像杂志,2018,29(5):329-332.
- [14]牛媛,雷禹,沈敏,等.基于双气相配准定量CT评估COPD患者小气道病变[J].放射学实践,2022,37(12):1516-1522.
- [15]Wang Z,Gu S,Leader JK,et al.Optimal threshold in CT quantification of emphysema [J].Eur Radiol,2013,23(4):975-984.
- [16]黄晓旗,闫苗苗,王雷,等.基于呼气相不同阈值分析慢性阻塞性肺疾病严重程度与肺功能的相关性[J].中国医学影像技术,2020,36(3):350-355.
- [17]Allinson JP,Hardy R,Donaldson GC,et al.Combined impact of smoking and early-life exposures on adult lung function trajectories[J].Am J Respir Crit Care Med,2017,196(8):1021-1030.
- [18]Wooten C,Patel S,Cassidy L,et al.Variations of the tracheobronchial tree:anatomical and clinical significance[J].Clin Anat,2014,27(8):1223-1233.
- [19]Sun XW,Lin YN,Ding YJ,et al.Bronchial variation:anatomical abnormality may predispose chronic obstructive pulmonary disease[J].Int J Chron Obstruct Pulmon Dis,2021,16:423-431.
- [20]Leung JM,Tiew PY,Mac Aog á in M,et al.The role of acute and chronic respiratory colonization and infections in the pathogenesis of COPD[J].Respirology,2017,22(4):634-650.
- [21]Richmond BW,Du RH,Han W,et al.Bacterial-derived neutrophilic inflammation drives lung remodeling in a mouse model of chronic obstructive pulmonary disease[J].Am J Respir Cell Mol Biol,2018,58(6):736-744.
- [22]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.
- [23]刘思宏,吕品,吴平.肺结核与肺结核合并慢阻肺患者CT诊断情况及影像学特征比较[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(9):60-62.
- [24]张真真.护理干预对慢性阻塞性肺疾病稳定期患者自我管理能力的研究[J].罕少疾病杂志,2017,24(6):11-12,17.
- [25]张晓燕,邓凯.慢性阻塞性肺疾病的影像学表型相关研究进展[J].影像技术,2022,34(5):66-70.
- [26]徐艳霞,王莉,贺静,等.基于双气相定量CT在慢性阻塞性肺疾病影像学表型的研究进展[J].临床荟萃,2020,35(2):189-192.

(收稿日期:2023-06-08)

(校对编辑:赵望淇)