

论 著

双气相CT参数对慢性阻塞性肺病严重程度的评估价值分析*

郝显华 刘永华* 马国强
校廷鑫 黄伟鹏 李 伟
宝鸡高新医院放射诊断科 (陕西 宝鸡 721000)

【摘要】目的 探究双气相CT参数对慢性阻塞性肺病(COPD)严重程度的评估价值分析。方法 选取2020年12月到2024年9月收治的145例COPD患者。根据慢阻肺全球倡议中的分级标准(GOLD), 将患者分为低风险组(n=87, GOLD1~2级)与高风险组(n=58, GOLD3~4级)。统计2组基线资料与临床指标, 对比2组双气相CT参数, 采用二元Logistic方程分析双气相CT参数与病情严重程度相关性, 采用ROC曲线分析双气相CT参数对高风险COPD的预测价值。结果 高风险组病程、吸烟史、NLR、hs-CRP显著高于低风险组(P<0.05), FEV1、FVC显著低于低风险组(P<0.05); 高风险组LV_{in}、LV_{ex}、EI、AT显著高于低风险组(P<0.05), 而MLD_{in}、MLD_{ex}显著低于低风险组(P<0.05); LV_{in}、LV_{ex}、MLD_{in}、MLD_{ex}、EI、AT均与患COPD严重程度相关(P<0.05); LV_{in}、LV_{ex}、MLD_{in}、MLD_{ex}、EI、AT预测患者COPD严重程度的AUC分别为0.699、0.880、0.796、0.738、0.891、0.779; 6项联合诊断患者严重程度的AUC、敏感度、特异度分别为0.990、89.47%及60.92%, 联合诊断价值更高。结论 双气相CT可有效评估COPD疾病进展情况, 其中LV_{in}、LV_{ex}、EI、AT异常升高, MLD_{in}、MLD_{ex}异常降低提示患者疾病进展加重。

【关键词】慢性阻塞性肺病; 双气相CT; 肺功能; 预测价值
【中图分类号】R322.3+5
【文献标识码】A
【基金项目】2023年省级继续医学教育项目
备案项目(2023-03-02-025)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.08.014

The Evaluation Value of Dual Meteorological CT Parameters for the Severity of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)*

HAO Xian-hua, LIU Yong-hua*, MA Guo-qiang, XIAO Yan-xin, HUANG Wei-peng, LI Wei.
Department of Radiological Diagnosis, Baoji High-tech Hospital, Baoji 721000, Shaanxi Province, China

ABSTRACT
Objective To explore the evaluation value of dual meteorological CT parameters for the severity of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). **Methods** 145 patients with COPD admitted from December 2020 to September 2024 were enrolled. According to the Global Initiative for Chronic Obstructive Pulmonary Disease (GOLD) classification criteria, the patients were divided into low-risk group (n=87, GOLD grade 1-2) and high-risk group (n=58, GOLD grade 3-4). The baseline data and clinical indicators of the two groups were statistically analyzed, and the biphasic CT parameters were compared. The correlation between biphasic CT parameters and disease severity was analyzed by binary logistic equation. ROC curve was used to analyze the predictive value of biphasic CT parameters on high-risk COPD. **Results** The course of disease, smoking history, NLR and hs-CRP in high-risk group were significantly higher than those in low-risk group (P<0.05) while the FEV1 and FVC were significantly lower than those in low-risk group (P<0.05). LV_{in}, LV_{ex}, EI and AT in high-risk group were significantly higher (P<0.05) while MLD_{in} and MLD_{ex} were significantly lower compared with those in low-risk group (P<0.05). LV_{in}, LV_{ex}, MLD_{in}, MLD_{ex}, EI and AT were correlated with the severity of COPD (P<0.05). The AUCs of LV_{in}, LV_{ex}, MLD_{in}, MLD_{ex}, EI and AT in predicting the severity of COPD were 0.699, 0.880, 0.796, 0.738, 0.891 and 0.779 respectively. The AUC, sensitivity and specificity of the combination of six indicators in the diagnosis of severity of patients were 0.990, 89.47% and 60.92%, and the combined diagnostic value was higher. **Conclusion** Biphasic CT related parameters can effectively evaluate the progress of COPD patients. The abnormal increases of LV_{in}, LV_{ex}, EI and AT and the abnormal decreases of MLD_{in} and MLD_{ex} indicate the aggravation of disease progression.
Keywords: Chronic Obstructive Pulmonary Disease; Biphasic CT; Lung Function; Predictive Value

慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)是临床常见呼吸系统疾病, 可发展为肺心病和呼吸衰竭等^[1]。临床研究发现, COPD发作多呈波动性与持续复发性, 临床症状持续时间长且难以有效控制, 病情易出现进行性加重, 严重影响患者生活质量^[2]。肺功能检查是COPD诊断“金标准”, 但该方法在COPD早期筛查诊断中存在一定误差, 易误诊漏诊, 且肺功能检查难以实现对不同病灶的定性定量评估, 应用范围与临床参考价值有限^[3]。随着影像学技术不断发展, 双气相CT应用范围逐渐增加, 该技术可以对肺部不同区域实现量化评估^[4]。既往研究显示, 小气道病变与肺气肿为COPD病理学改变的主要特征, 而双气相CT扫描能够较为有效地评估功能性小气道病变区域与肺气肿区域肺体积、肺密度、空气潴留等定量指标, 通过图像分析了解患者局部肺组织损伤情况, 有利于临床诊断筛查不同程度的COPD^[5]。为帮助临床了解不同严重程度COPD双气相CT扫描参数变化情况, 本文开展如下研究, 旨在为临床诊断、筛查、预防COPD提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 纳入2020年12月至2024年9月收治的145例COPD患者。

纳入标准: 符合《慢性阻塞性肺疾病基层诊疗指南(2018年)》^[6]诊断标准, 确诊为COPD; 患者配合度良好, 且检查影像清晰; 临床资料完整; 签署知情者同意书。排除标准: CT禁忌证; CT图像匹配失败或成像不清晰; 合并肺部其他疾病; 4周内COPD急性加重史; 4周内使用激素治疗史; 不配合检查。

根据慢阻肺全球倡议中的分级标准(GOLD), 见表1, 将患者分为低风险组(n=87, GOLD1~2级)与高风险组(n=58, GOLD3~4级)。本研究经我院伦理委员会批准。

表1 GOLD分级标准

分级	肺功能诊断标准
1级(轻度)	FEV1≥预估80%
2级(中度)	FEV1为预估50%~79%
3级(重度)	FEV1为预估30%~49%
4级(极重度)	FEV1<预估30%或FEV1/FVC<70%, 出现呼吸衰竭或右心衰竭等状况

【第一作者】郝显华, 男, 主治医师, 主要研究方向: 医学影像诊断。E-mail: 18590736380@163.com
【通讯作者】刘永华, 女, 主治医师, 主要研究方向: DR、CT及MR诊断。E-mail: 15289270094@163.com

1.2 方法 所有患者入院后均收集基线资料与临床指标,包括性别、年龄、身体质量指数(body mass index, BMI)、病程、吸烟史、白细胞计数(white blood cell, WBC)、中性粒细胞和淋巴细胞比值(neutrophil to lymphocyte ratio, NLR)、超敏C反应蛋白(hypersensitive C-reactive protein, hs-CRP)、降钙素原(procalcitonin, PCT)、第1秒用力呼气量(forced expiratory volume in one second, FEV1)、用力呼气量(forced vital capacity, FVC)等。WBC、NLR采用Hemaray 59CRP全自动血细胞分析仪(粤械注准20192221016,深圳雷杜生命科学股份有限公司)检测,hs-CRP、PCT采用酶联免疫试剂盒检测;FEV1、FVC采用VC-20 PRO肺功能仪(粤械注准20222070688,深圳麦科田生物医疗技术股份有限公司)检测。进行双气相CT扫描:采用Siemens SOMATOMD双源CT实施扫描,指导患者检查前机械深呼气末级深吸气末屏气训练,指导患者仰卧位,头部先进,扫描范围设定肺尖至肺底,设定参数管电压120kV,矩阵 1024×1024 ,准直40,视野 $35\text{mm} \times 35\text{mm}$,层厚1mm,螺距1.0877;检查完成后将数据导入分析系统进行处理分析,获取吸气相肺体积(inspiration Lung Volume, LV_{in})、呼气相肺体积(expiration Lung Volume, LV_{ex})、吸气相平均肺密度(inspiration mean lung density, MLD_{in})、呼气相平均肺密度(expiration mean lung density, MLD_{ex})、肺气肿指数

(emphysema index, EI)、空气滞留指数(Air Trapping, AT)。

1.3 观察指标 (1)比较低风险组与高风险组基线资料与临床资料;(2)比较低风险组与高风险组双气相CT参数;(3)二元Logistic方程分析双气相CT参数与病情严重程度相关性;(4)ROC曲线分析双气相CT参数对高风险COPD的预测价值。

1.4 统计学方法 运用SPSS 22.0分析本文数据。患者性别、吸烟史等计数资料以 $n(\%)$ 形式表示,进行 χ^2 检验;患者双气相CT参数等计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 形式表示,进行t检验;采用二元Logistic回归分析法分析双气相CT参数与病情严重程度相关性,采用受试者工作特征(ROC)曲线及计算曲线下面积(AUC)分析双气相CT参数对高风险COPD的预测价值。以 $P < 0.05$ 代表差异有统计学意义。

2 结果

2.1 双气相CT扫描COPD典型病例 男性,84岁,3年前诊断为慢性阻塞性肺病,咳嗽、气短10余天就诊。行双气相胸部CT扫描,肺窗提示两肺间隔旁型肺气肿,小叶中心型肺气肿,肺组织密度减低,小叶一致性破坏,可见多发融合囊状透亮区,形成全小叶型肺气肿,部分透亮区融合形成肺大疱。双肺透光度不均,呈“马赛克”征表现。对比吸气相、呼气相,见图1,示两肺多发肺叶空气滞留;部分支气管壁增厚,呈“印戒样”表现。

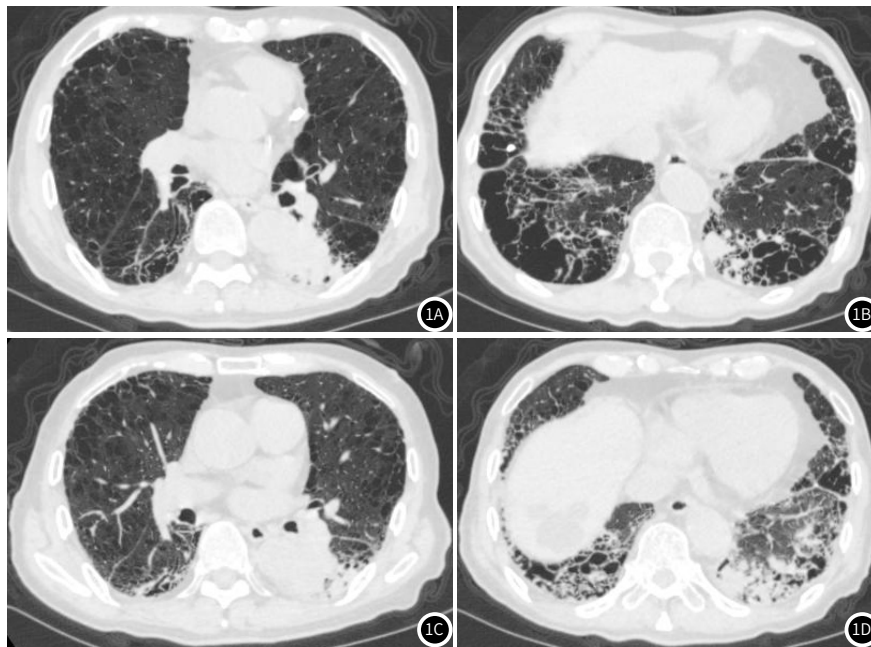


图1 COPD患者双气相CT扫描结果。图1A、1B: 吸气相;图1C、1D: 呼气相。

2.2 低风险组与高风险组基线资料与临床资料对比 高风险组病程、吸烟史、NLR、hs-CRP显著高于低风险组($P < 0.05$),FEV1、FVC显著低于低风险组($P < 0.05$),见表2。

2.3 低风险组与高风险组双气相CT参数对比 高风险组 LV_{in} 、 LV_{ex} 、EI、AT显著高于低风险组($P < 0.05$),而 MLD_{in} 、 MLD_{ex} 显著低于低风险组($P < 0.05$),见表3。

2.4 二元Logistic方程分析双气相CT参数与病情严重程度相关性 校正基线资料后进行Logistic回归分析(因变量赋值高风险组=1,低风险组=0)显示, LV_{in} 、 LV_{ex} 、 MLD_{in} 、 MLD_{ex} 、EI、AT均与患COPD严重程度相关($P < 0.05$),见表4。

2.5 ROC曲线分析双气相CT参数对高风险COPD的预测价值 以患者COPD严重程度为状态变量,以 LV_{in} 、 LV_{ex} 、 MLD_{in} 、 MLD_{ex} 、EI、AT为检验变量,ROC曲线结果显示,当临界值分别为4.56、4.33、-868.78、-825.35、39.60、64.45时,其预测患者COPD严重程度的AUC分别为0.699、0.880、0.796、0.738、0.891、0.779,敏感度为63.79%、77.59%、67.24%、65.55%、79.31%、66.67%,特异度为62.07%、66.67%、65.52%、62.07%、67.82%、63.22%;6项联合诊断患者严重程度的AUC、敏感度、特异度分别为0.990、89.47%及60.92%,联合诊断价值更高。见表5、图2。

表2 低风险组与高风险组基线资料与临床资料对比[n, (%)]

指标	高风险组(n=58)	低风险组(n=87)	χ^2/t	P
性别(%)				
男	33(56.90)	48(55.17)	0.042	0.838
女	25(43.10)	39(44.83)		
年龄(岁)	58.45±12.53	56.60±11.04	0.936	0.351
BMI(kg/m ²)	21.82±2.23	22.17±2.09	0.962	0.338
病程(年)	10.52±2.48	7.84±1.57	7.971	<0.001
吸烟史(%)	36(62.07)	30(34.48)	10.679	0.001
WBC(×10 ⁹ /L)	6.75±1.34	6.34±1.20	1.923	0.056
NLR(%)	4.18±0.71	2.89±0.55	12.299	<0.001
hs-CRP(mg/L)	5.48±0.84	2.30±0.44	22.747	<0.001
PCT(μg/L)	0.24±0.06	0.25±0.07	0.891	0.374
FEV1(%)	50.86±10.18	71.25±13.25	9.925	<0.001
FVC(L)	2.04±0.41	2.54±0.49	6.415	<0.001

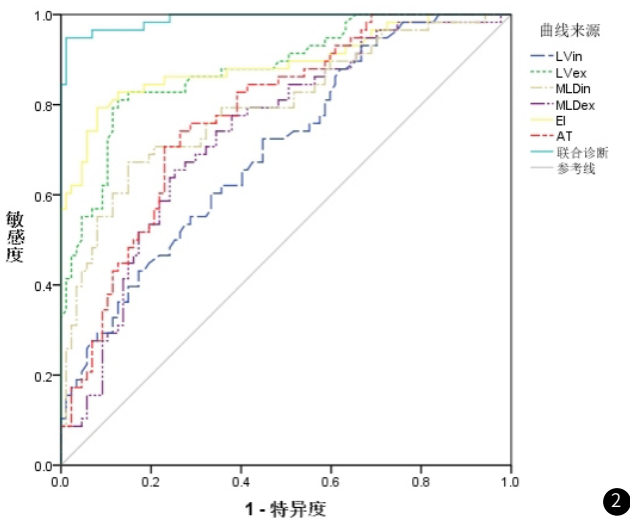


图2 ROC曲线分析双气相CT参数对高风险COPD的预测价值。

表3 低风险组与高风险组双气相CT参数对比

组别	例数	LV _{in}	LV _{ex}	MLD _{in}	MLD _{ex}	EI	AT
高风险组	58	5.04±1.07	4.93±0.78	-874.58±32.15	-831.01±46.12	45.72±8.80	71.50±11.72
低风险组	87	4.31±0.88	3.67±0.68	-843.81±30.18	-798.47±45.05	30.28±6.25	60.25±12.05
t		4.485	10.302	5.859	4.221	12.354	5.568
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表4 二元Logistic方程分析双气相CT参数与病情严重程度相关性

指标	β值	SE	Wald × ²	OR(95%CI)	P
LV _{in}	1.144	0.532	4.621	3.139(1.107~8.906)	0.032
LV _{ex}	2.770	0.761	13.236	15.959(3.591~70.921)	<0.001
MLD _{in}	0.069	0.023	8.988	1.071(1.024~1.121)	0.003
MLD _{ex}	0.024	0.014	3.002	1.024(0.997~1.053)	0.037
EI	0.204	0.073	7.766	1.226(1.063~1.415)	0.005
AT	0.093	0.045	4.317	1.097(1.005~1.199)	0.039

表5 ROC曲线分析双气相CT参数对高风险COPD的预测价值

指标	AUC	SE	P	95%CI		临界值	约登指数	敏感度(%)	特异度(%)
				下限	上限				
LV _{in}	0.699	0.043	<0.001	0.615	0.784	4.56	0.259	63.79	62.07
LV _{ex}	0.880	0.029	<0.001	0.823	0.937	4.33	0.443	77.59	66.67
MLD _{in}	0.796	0.039	<0.001	0.719	0.872	-868.78	0.327	67.24	65.52
MLD _{ex}	0.738	0.042	<0.001	0.657	0.820	-825.35	0.276	65.55	62.07
EI	0.891	0.030	<0.001	0.832	0.951	39.60	0.471	79.31	67.82
AT	0.779	0.038	<0.001	0.704	0.853	64.45	0.299	66.67	63.22
联合诊断	0.990	0.006	<0.001	0.979	1.000	/	0.504	89.47	60.92

3 讨论

COPD气流受限是小气道病变以及肺实质损伤的结果,其中小气道病变对气道受限的影响更为明显^[7]。肺功能检查以及常规吸气末单相CT扫描虽有一定临床诊断价值,但难以区分空气潴留主要原因^[8]。随着CT定量技术的发展与应用,双气相CT可以利用呼气末与吸气末CT配准图快速显示并定量评估小气道与肺气肿病变区域病变情况,有助于临床评估COPD进展程度^[9]。本研究应用128螺旋CT,具有扫描快速、图像质量高、伪影少等优势,联合配准图可准确定量评估病变区域,结果显示,病变程度高的患者LV_{in}、LV_{ex}、EI、AT异常升高,MLD_{in}、MLD_{ex}异常降低。

既往研究发现,AT与MLD是测量空气潴留,了解小气道病变的重要指标,有学者认为AT<-856HU为空气潴留区,可有效评估COPD空气潴留;MLD也是检测肺功能损伤程度的有效指标,尤其是MLD_{ex}^[10]。本文对比发现,高风险组AT显著高于低风险组,而MLD_{in}、MLD_{ex}显著低于低风险组;二元Logistic回归分析显示,MLD_{in}、MLD_{ex}、AT均与患COPD严重程度相关,提示MLD_{in}、MLD_{ex}升高,AT下降为COPD加重CT表现。根据格嵒等^[11]报道,MLD_{ex}、AT差异可有效区分患病患者于正常人群,而MLD_{in}更易区分不同病情严重程度的患者,可能与COPD中重症患者伴有呼气性呼吸困难有关,对于重度症状患者,临床可以多考虑应用吸气相CT定量指标,结果或许更加准确,且患者更易于配合,具有良好重复性。相关研究认为,呼气吸气定量指标比值的诊断效能更高,根据牛媛等^[12]研究发现,不同病变程度患者MLD_{in}、MLD_{ex}比值差异显著(F=55.266, P<0.001),Person分析发现该指标与肺功能指标也具有显著负相关(均P<0.001),提示本文后续研究可以对比分析定量指标比值进一步完善结论。本研究进一步应用ROC曲线分析发现,MLD_{in}、MLD_{ex}、AT临界值分别为-868.78、-825.35、64.45时,其预测患者COPD严重程度的AUC分别为0.796、0.738、0.779,敏感度为67.24%、65.55%、66.67%,特异度为65.52%、62.07%、63.22%,提示MLD_{in}、MLD_{ex}、AT与COPD进展相关。

LV_{in}、LV_{ex}、EI被证实可量化及可视化显示患者肺气肿情况,相关研究显示,肺气肿区域面积与COPD病变程度具有相关性,经临床治疗恢复后,可延缓肺气肿造成的不可逆性肺损伤,EI下降^[13]。本文对比发现,高风险组LV_{in}、LV_{ex}、EI显著高于低风险组;二元Logistic回归分析显示,LV_{in}、LV_{ex}、EI均与患COPD严重程度相关,提示LV_{in}、LV_{ex}、EI升高为COPD加重CT表现。肺气肿是由于慢性炎症导致细支气管受损,引起过度膨胀和结构破坏。这会导致肺容积增加,影响肺部正常的通气功能。典型表现为持续性咳嗽、咳痰、呼吸困难等症状,严重时可能伴随体重下降、食欲减退等现象,通过双气相CT监测患者呼气与吸气时LV可以可视化肺部结构改变情况^[14]。据Shima等^[15]研究发现,CT上呼吸容量变化分布可以有效诊断肺气肿性COPD患者的亚型,LV_{in}、LV_{ex}比值较高患者的气流受限程度及死亡率更高,而EI仅反映患者肺气肿情况,与气道形态变化无关,提示临床可根据患者症状选择相应定量指标进行分析。本文进一步分析ROC发现,LV_{in}、LV_{ex}、EI临界值分别为4.56、4.33、39.60时,其预测患者COPD严重程度的AUC分别为0.699、0.880、0.891,敏感

度为63.79%、77.59%、66.67%,特异度为62.07%、66.67%、63.22%;6项联合诊断患者严重程度的AUC、敏感度、特异度分别为0.990、89.47%及60.92%,提示联合诊断价值更高。

综上所述,双气相CT可有效评估COPD疾病进展情况,其中LV_{in}、LV_{ex}、EI、AT异常升高,MLD_{in}、MLD_{ex}异常降低提示患者疾病进展加重。

参考文献

- [1] 杨俊英,张伟华,张春玲,等.经鼻高流量氧疗与无创正压通气治疗COPD合并II型呼吸衰竭的临床疗效对比[J].罕少疾病杂志,2025,32(3):57-59.
- [2] 刘欣,高婧,杨美菊.COPD稳定期外周血IL-17、IL-8、CRP表达及其与BODE指数的相关性分析[J].罕少疾病杂志,2024,31(9):54-56.
- [3] Abraham RA,Brinker SK.Chronic obstructive pulmonary disease and the physical examination[J].Med Clin North Am,2022,106(3):423-435.
- [4] 黄晓旗,牛媛,雷禹,等.基于CT双气相定量研究吸烟合并慢性阻塞性肺疾病患者的肺叶小气道病变及肺气肿损伤程度[J].中华放射学杂志,2022,56(5):536-541.
- [5] 阴玮灵,沈敏,牛媛,等.双气相定量CT的肺空气体积比值对吸烟者慢性阻塞性肺病的诊断价值[J].影像诊断与介入放射学,2023,32(1):43-48.
- [6] 中华医学会,中华医学会杂志社,中华医学会全科医学分会,等.慢性阻塞性肺疾病基层诊疗指南(2018年)[J].中华全科医师杂志,2018,17(11):856-870.
- [7] 朱彦瑾,杨丹凤,牛媛,等.基于双气相配准定量CT在无症状吸烟者肺小气道病变中的应用[J].中国医学影像学杂志,2022,30(1):23-28.
- [8] 周立娟,林晓明,毛海霞,等.双相CT空气潴留征与半定量评分预测新型冠状病毒肺炎患者血气指标异常及进展为重症的价值[J].中华放射学杂志,2022,56(3):241-247.
- [9] 胡苏衡,张浩,谢东升,等.肺CT联合血清Copeptin、sTREM-1检测对COPD合并II型呼吸衰竭患者疗效评估及预后价值[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(11):70-73.
- [10] Murata Y,Hirano T,Doi K,et al.Computed tomography lung density analysis:an imaging biomarker predicting physical inactivity in chronic obstructive pulmonary disease:a pilot study[J].J Clin Med,2023,12(8):2959-2970.
- [11] 格嵒,杨学东,罗萍,等.应用呼吸双相CT定量评估COPD患者肺气肿及空气潴留状况[J].中国医疗设备,2022,37(10):83-87.
- [12] 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.
- [13] Pompe E,Moore CM,Mohamed Hoessein FAA,et al.Progression of emphysema and small airways disease in cigarette smokers[J].Chronic Obstr Pulm Dis,2021,8(2):198-212.
- [14] 徐志富,张燕妮,沈占贤,等.CT肺密度和肺气肿体积对肺癌患者术后肺功能及肺部并发症的相关性分析[J].临床肺科杂志,2023,28(12):1793-1797.
- [15] Shima H,Tanabe N,Oguma A,et al.Subtyping emphysematous COPD by respiratory volume change distributions on CT[J].Thorax,2023,78(4):344-353.

(收稿日期:2025-01-09)

(校对编辑:江丽华、赵望淇)