

论 著

基于临床特征、CT影像组学对稳定期慢性阻塞性肺疾病患者急性加重的预测价值*

张钦亮¹ 马赫^{2,*} 罗树育¹
刘大彬³ 郭爽¹ 赵国泰¹

1.齐齐哈尔建华医院影像科

(黑龙江 齐齐哈尔 161006)

2.齐齐哈尔市第一医院CT放射科

(黑龙江 齐齐哈尔 161005)

3.齐齐哈尔建华医院呼吸与危重症医学科

(黑龙江 齐齐哈尔 161006)

【摘要】目的 探讨基于临床特征、计算机断层成像(CT)影像组学对稳定期慢性阻塞性肺疾病(COPD)患者急性加重的预测价值。**方法** 选择2021年1月至2023年1月于我院确诊的稳定期COPD患者178例。所有研究对象临床资料、胸部CT检查和肺功能检测结果完整。对患者出院后进行1年随访,根据其急性加重是否发生将所有研究对象分为急性加重组(68例)和非急性加重组(110例)。比较两组之间临床特征、CT检查结果的差异。按照随机法以7:3比例将所有研究对象分为训练组(n=125)和验证组(n=53)。采用3D-slicer软件对所有研究对象CT图像中的肺窗进行影像组学特征提取。采用单因素分析患者基本临床特征和CT影像参数。将CT影像组学特征结合筛选出有统计学意义的临床特征、CT影像参数共同构建多元逻辑回归模型,应用独立的内部验证组验证上述预测模型。采用受试者工作特征曲线(ROC)评估其诊断效能。**结果** 在训练组和验证组中,急性加重组患者的CTA评分、肺总量(TLC)、残气量(RV)与TLC比值(RV/TLC)、右肺低衰减区比例(LAA%)、左肺LAA%、总肺LAA%、支气管的管壁面积百分比(WA%)、管壁内外径比值(T/D)显著高于非急性加重组,而第1s用力呼气量(FEV₁)、FEV₁与用力肺活量(FVC)比值(FEV₁/FVC)、肺活量(VC)、胸大肌面积(PMcsa)、胸大肌密度(PMD)、胸大肌指数(PMI)显著低于非急性加重组(P<0.05)。两位医师对所有受试者CT图像中选取影像组学特征的组间相关系数(ICC)为0.87,说明一致性较好(ICC≥0.8),共提取出1573个特征,经最大相关最小冗余(mRMR)算法及LASSO回归分析降维、筛选出特征总数为6个。通过计算ROC曲线下面积(AUC)发现,与单独的临床特征、CT影像组学特征比较,联合预测模型评估稳定期COPD患者急性加重的AUC、准确性、敏感度、特异度最高。**结论** 基于临床特征、CT影像组学对稳定期COPD患者急性加重的预测具有较好评估价值,对临床医师治疗方案的制定有一定提示作用,期望实现COPD患者个体化精准治疗。

【关键词】 临床特征; 计算机断层成像; 影像组学; 慢性阻塞性肺疾病; 急性加重; 预测价值

【中图分类号】 R563

【文献标识码】 A

【基金项目】 黑龙江省自然科学基金项目(LH2022C473)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.02.019

Predictive Value of Acute Exacerbation in Patients with Stable Chronic Obstructive Pulmonary Disease Based on Clinical Features and CT Radiomics*

ZHANG Qin-liang¹, MA He^{2,*}, LUO Shu-yu¹, LIU Da-bin³, GUO Shuang¹, ZHAO Guo-tai¹.

1.Department of Imaging, Qiqihar Jianhua Hospital, Qiqihar 161006, Heilongjiang Province, China

2.Department of CT Radiology, Qiqihar First Hospital, Qiqihar 161005, Heilongjiang Province, China

3.Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Qiqihar Jianhua Hospital, Qiqihar 161006, Heilongjiang Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the predictive value of acute exacerbation in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease(COPD) based on clinical features and computed tomography(CT) radiomics. **Methods** 178 patients with stable COPD diagnosed in our hospital from January 2021 to January 2023 were selected.The clinical data, chest CT examination and pulmonary function test results of all subjects were complete.The patients were followed up for 1 year after discharge.All subjects were divided into acute exacerbation group (68 cases) and non-acute exacerbation group (110 cases) according to whether acute exacerbation occurred or not.The differences in clinical features and CT findings between the two groups were compared.According to the random method,all subjects were divided into training group (n=125) and validation (n=53) at a ratio of 7:3.The 3D-slicer software was used to extract the radiomics features of lung windows in CT images of all subjects.The basic clinical characteristics and CT imaging parameters of the patients were analyzed by univariate analysis.The multivariate logistic regression model was constructed by combining CT radiomics features with statistically significant clinical features and CT imaging parameters, and the independent internal validation group was used to verify the above prediction model. The receiver operating characteristic curve (ROC) was used to evaluate its diagnostic efficacy. **Results** In the training group and the validation group,the CTA score, total lung volume (TLC), residual volume (RV) to TLC ratio (RV/TLC), proportion of low attenuation area of right lung (LAA%), left lung LAA%, total lung LAA%, percentage of bronchial wall area (WA%), and ratio of inner and outer diameter of tube wall (T/D) of patients with acute exacerbation were significantly higher than those of non-acute exacerbation,while the forced expiratory volume in the first second(FEV₁),FEV₁ to forced vital capacity (FVC) ratio (FEV₁/FVC), vital capacity (VC), pectoral major muscle area (PMcsa), pectoral major muscle density (PMD), and pectoral major muscle index (PMI) were significantly lower than those in non-acute exacerbation(P<0.05). The intraclass correlation coefficient(ICC) of the radiomics features selected by the two physicians in all subjects' CT images was 0.87,indicating good consistency (ICC≥0.8).A total of 1573 features were extracted,and 6 features were selected by maximum relevance and minimum redundancy (mRMR) algorithm and LASSO regression analysis.By calculating the area under the ROC curve (AUC),it was found that compared with the clinical features and CT radiomics features alone,the combined prediction model had the highest AUC, accuracy,sensitivity and specificity in evaluating the acute exacerbation of stable COPD patients. **Conclusion** Based on the clinical characteristics, CT radiomics has a good evaluation value for the prediction of acute exacerbation in patients with stable COPD,and has a certain prompt effect on the formulation of clinicians' treatment plans,hoping to achieve individualized and accurate treatment of COPD patients.

Keywords: Clinical Features; Computed Tomography; Radiomics; Chronic Obstructive Pulmonary Disease; Acute Exacerbation; Predictive Value

近年来,慢性阻塞性肺疾病(COPD)作为一种常见且不完全可逆的慢性呼吸道疾病,以慢性咳嗽、咳痰、气促、胸闷和呼吸困难等为主要临床症状^[1]。2023年发表的COPD全球倡议指南指出,全球慢阻肺患者预计超3.84亿^[2],而我国慢阻肺患者近1亿^[3]。随着全球老龄化的不断加剧,未来40年慢阻肺患病率将呈不断增长的趋势^[4]。胸部计算机断层成像(CT)是临床中常见的影像学检查方式,对COPD患者的评估有一定提示作用。但是传统CT影像诊断主要基于形态密度等方式,依赖于诊断医师的经验和水平,且带有一定主观性。虽然对COPD患者肺部情况有一定反映,但肉眼观察无法识别大部分生物学信息。影像组学作为一种新发展的辅助识别技术,主要是使计算机通过使用统计方法完成特定任务的自动化学习^[5],通过提取影像图像中的高通量特征,对病变的细微变化有一定提示作用,从而挖掘更多有用信息以协助临床诊疗方案的选择^[6-7]。因此,本研究主要基于稳定期COPD患者的临床特征以及CT影像组学建立联合预测模型,探讨模型对稳定期COPD患者急性加重的预测价值,以帮助临床医师制定更佳的治疗方案,以更好地实现COPD的个体化精准治疗。

1 资料与方法

【第一作者】 张钦亮,男,副主任医师,主要研究方向:医学影像。E-mail: 13763520520@163.com

【通讯作者】 马赫,男,副主任医师,主要研究方向:医学影像。E-mail: 2210944@163.com

1.1 一般资料 选择2021年1月至2023年1月期间于我院确诊的178例稳定期COPD患者。

纳入标准：年龄 ≥ 60 岁；COPD患者符合《慢性阻塞性肺疾病诊治指南(2021年修订版)》^[8]中的诊断标准；COPD患者均处于稳定期(临床症状稳定或轻微)。排除标准：胸部CT、肺功能检查无法完成者；临床资料不完整，CT图像质量差无法软件分析；合并其他呼吸系统疾病，如肺癌、哮喘、大量胸腔积液、肺梗死病史等；合并肌肉相关疾病、影响肌肉质量的消耗性疾病。本院伦理委员会审核并批准通过本研究，所有研究对象在检查前均签署知情同意书。从患者出院后开始计算，对所有患者进行1年时间随访，随访方式为电话或再次就诊于本院，根据患者急性加重情况是否发生将所有研究对象分为急性加重组(68例)和非急性加重组(110例)。其中COPD急性加重定义为14 d内以呼吸困难和/或咳嗽和咳痰增加为特征的事件，可伴有呼吸急促和/或心动过速。

1.2 仪器与方法 选择西门子SOMATOM Definition Flash双源CT扫描仪进行胸部CT扫描。嘱受试者双臂高举过头顶，并仰卧于检查床，头先进。扫描范围包括肺尖至肺底，CT扫描参数：管电流250mAs，管电压120kV，螺距0.915，层厚1.0mm，层间距0.625mm。



图1 CT后处理分析。图1A为肺气肿分析模块自动进行三维重建，图1B为电子标尺测量支气管管壁外径(D)、管壁内径(L)。

1.5 CT图像特征提取、筛选 按照随机法根据7:3比例将所有研究对象分为训练组(n=125)和验证组(n=53)。将训练集中所有研究对象肺窗CT图像的DICOM格式进行归一化和重采样处理后导入至3D-slicer软件中，由1名具有5年胸部CT诊断经验的放射科医生(医师3)使用该软件在肺窗图像中对肺的各个层面进行手动绘制感兴趣区(ROI)，随后将所有层面的ROI合并，构建病灶感兴趣体积区(VOI)。由另1名具有5年胸部CT诊断经验的放射科医生(医师4)随机抽取20%病例进行再次ROI勾画，评价2位医师(医师3、4)阅片的一致性及可重复性。采用选择最大相关最小冗余(mRMR)算法及LASSO回归分析降维、筛选训练组肺窗CT图像中提取影像组学特征。

1.6 预测模型构建及验证 采用单因素分析患者基本临床特征和CT影像参数，采用随机森林(random forest, RF)机器学习方法构建临床特征预测模型，然后将CT影像组学特征结合筛选有统计学意义的临床特征、CT影像参数共同构建多元逻辑回归模型，应用独立的内部验证组验证上述预测模型。

1.7 统计学分析 选择SPSS 25.0统计学软件进行统计分析，采用t检验、Mann-Whitney U检验或卡方检验对临床特征进行单因素分析。采用Kolmogorov-Smirnov检验对连续变量进行正态分布检验。正态分布变量采用t检验，非正态分布变量采用Mann-Whitney u检验。计数变量的差异采用卡方检验比较。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。采用组间相关系数(ICC)评价两位医师提取影

1.3 观察指标 肺功能检测：所有研究对象在CT检查完成1周内使用德国 Jaeger肺功能仪检测肺功能。测量以下肺功能参数：第1 s用力呼气量(FEV₁)、FEV₁与用力肺活量(FVC)比值(FEV₁/FVC)、肺总量(TLC)、肺活量(VC)、残气量(RV)与TLC比值RV/TLC。COPD评估测试(CAT)评分^[9]：分数范围为0~40分，其中轻微受影响记0-10分；中等受影响记11-20分；严重受影响记21-30分；非常严重受影响记31-40分。

1.4 CT图像后处理分析 在处理工作站中通过软件对CT图像进行分析，测量数值具体方式如下：①在横断位CT图像纵隔窗上，沿着左右侧胸大肌的边缘进行手动绘制，通过后处理软件自动计算出胸大肌面积(PMcsa)，胸大肌指数(PMI)计算公式： $PMI = PMcsa / \text{身高的平方}(m^2)$ ，胸大肌密度(PMD)定义为左右侧胸大肌的平均CT值相加后再取其平均值。②所有研究对象的CT薄层序列图像通过后处理软件中的肺气肿分析模块自动进行三维重建，对CT图像中肺低衰减区比例(LAA%)采用密度屏蔽法进行定量评估，自动显示各肺叶的体积信息以及各肺叶LAA%。③在横断位CT图像肺窗上，采用电子标尺测量支气管管壁外径(D)、管壁内径(L)；管壁厚度(T)=(D-L)/2，计算管壁内外径比值(T/D)、管壁面积百分比(WA%)= $\pi(D/2)^2 - \pi(L/2)^2 / \pi(D/2)^2 \times 100\%$ 。以上测量均进行3次，取平均值为最终结果。如图1所示。

像组学特征的一致性，以 $ICC \geq 0.90$ 定义一致性较好。通过计算受试者工作特征(ROC)曲线下面积(AUC)评价预测模型的诊断效能。

2 结果

2.1 急性加重组和非急性加重组临床特征、CT影像参数比较 在训练组和验证组中，急性加重组CTA评分、TLC、RV/TLC、右肺LAA%、左肺LAA%、总肺LAA%、支气管WA%及支气管T/D比值显著高于非急性加重组，而FEV₁、FEV₁/FVC、VC、PMcsa、PMD、PMI显著低于非急性加重组，且差异均具有统计学意义($P < 0.05$)，余参数差异均无统计学意义($P > 0.05$)，如表1所示。

2.2 预测模型建立及评价 两位医师对所有受试者CT图像中选取影像组学特征的ICC为0.87，说明一致性较好($ICC \geq 0.8$)，共提取出1573个特征，经最大相关最小冗余(mRMR)算法及LASSO回归分析降维、筛选出特征总数为6个(如图2所示)。采用单因素分析患者基本临床特征和CT影像参数。将CT影像组学特征结合筛选有统计学意义的临床特征、CT影像参数共同构建多元逻辑回归模型，应用独立的内部验证组验证上述预测模型，其ROC曲线如图3所示。联合模型在训练组和验证组中预测稳定期COPD急性加重的AUC为0.983(95%CI: 0.963~1.000)和0.835(95%CI: 0.625~1.000)，准确性为0.923和0.875，敏感性为0.895和0.813，特异性为0.912和0.863。

2.3 临床特征、CT影像组学单独及联合预测模型对稳定期COPD患者急性加重的诊断效能分析 采用单因素分析患者基本临床特

征和CT影像参数,其中CTA评分、TLC、RV/TLC、右肺LAA%、左肺LAA%、总肺LAA%、支气管WA%及支气管T/D比值以及FEV1、FEV1/FVC、VC、PMcsa、PMD、PMI具有显著差异(P<0.05)。将影像组学特征结合筛选有统计学意义(P<0.05)的临床特征、CT

影像参数共同构建多元逻辑回归模型,通过计算AUC发现,与单独的临床特征、CT影像组学特征比较,联合预测模型评估稳定期COPD患者急性加重的AUC、准确性、敏感度、特异度最高。如表2、图4所示。

表1 急性加重组和非急性加重组临床特征、CT影像参数比较

项目	训练组(n=125)				验证组(n=53)			
	急性加重组 (n=48)	非急性加重组 (n=77)	t/ χ^2 /Z	P	急性加重组 (n=20)	非急性加重组 (n=33)	t/ χ^2 /Z	P
性别[例(%)]	男	28(58.33%)	1.252	0.263	11(55.00%)	17(51.52%)	0.061	0.805
	女	20(41.67%)			9(45.00%)	16(48.48%)		
年龄(岁)	71.37±9.96	72.63±10.59	6.732	0.395	71.37±9.96	72.63±10.59	6.732	0.395
BMI(kg/m ²)	22.67±1.63	22.83±1.51	2.371	0.179	22.55±1.57	22.72±1.49	2.251	0.183
吸烟[例(%)]	是	25(52.08%)	0.088	0.767	12(60.00%)	13(39.39%)	2.122	0.145
	否	23(47.92%)			8(40.00%)	20(60.61%)		
病程[月,M(Q ₁ ,Q ₂)]	58(34, 116)	59(37, 98)	1.569	0.083	55(32, 108)	56(36, 91)	1.312	0.073
CTA评分[分,M(Q ₁ ,Q ₂)]	19(14, 24)	15(10, 22)	0.207	0.001	19(13, 23)	15(9, 21)	0.213	0.000
白细胞计数[10×10 ⁹ /L,M(Q ₁ ,Q ₂)]	7.93(6.45, 9.73)	8.57(6.11,9.87)	1.205	0.152	7.92(6.43, 9.78)	8.59(6.14,9.81)	1.152	0.108
中性粒细胞计数[10×10 ⁹ /L,M(Q ₁ ,Q ₂)]	5.51(3.99,6.91)	5.32(3.67,7.23)	1.083	0.353	5.47(3.63,6.72)	5.39(3.57,7.31)	1.025	0.332
嗜酸性细胞计数[10×10 ⁹ /L,M(Q ₁ ,Q ₂)]	0.11(0.08,0.23)	0.09(0.03,0.21)	0.972	0.537	0.10(0.07,0.22)	0.09(0.03,0.21)	0.931	0.471
FEV ₁ (L)	41.65±10.32	51.92±11.36	0.876	0.016	41.87±10.51	51.87±11.78	0.863	0.000
FEV ₁ /FVC(%)	46.37±11.67	57.63±13.65	1.057	0.032	46.89±11.13	57.25±12.97	1.171	0.013
TLC(L)	6.75±1.21	5.41±1.29	0.732	0.001	6.16±1.19	5.19±1.07	0.693	0.000
VC(L)	4.52±0.73	3.12±0.68	1.603	0.001	4.15±0.91	3.07±0.85	1.207	0.000
RV/TLC(L)	56.75±8.73	48.51±9.73	7.825	0.000	55.39±8.21	49.21±9.26	7.753	0.000
PMcsa(cm ²)	12.39±6.97	19.58±6.53	3.269	0.000	12.25±6.53	19.31±6.75	3.152	0.000
PMD(Hu)	26.53±9.82	35.01±10.21	5.173	0.000	26.12±9.08	35.87±10.12	5.093	0.000
PMI(±s)	4.61±2.01	6.87±2.17	4.639	0.000	4.32±2.07	6.53±2.09	4.713	0.000
右肺LAA(%)	26.53±8.71	18.31±9.45	8.713	0.000	26.16±8.23	18.27±9.23	8.251	0.000
左肺LAA(%)	25.62±8.56	18.87±9.21	9.692	0.000	25.15±8.09	18.56±9.11	9.732	0.000
总肺LAA(%)	52.15±17.27	37.18±18.66	9.212	0.000	52.01±16.98	37.25±17.25	9.131	0.000
支气管WA(%)	80.21±6.01	75.62±5.87	7.157	0.000	79.89±6.17	74.36±5.21	7.273	0.000
支气管T/D(%)	24.39±2.68	22.37±2.01	8.416	0.000	24.16±2.37	22.25±2.21	8.362	0.000

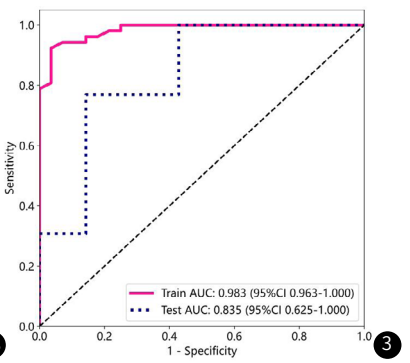
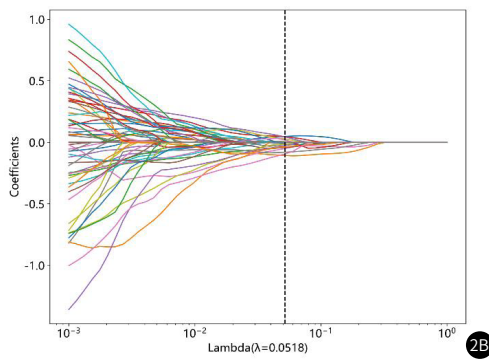


图2A 特征提取及图像三维重建。图2B 特征筛选及降维。图3 模型评价ROC曲线分析。

表2 临床特征、CT影像组学单独及联合预测模型
对稳定期COPD患者急性加重的诊断效能分析

模型	AUC	95%CI	准确性	敏感性	特异性
临床特征	0.887	0.801~0.963	0.815	0.820	0.809
CT影像组学特征	0.901	0.846~0.971	0.861	0.852	0.832
联合预测模型	0.938	0.912~1.000	0.926	0.898	0.923

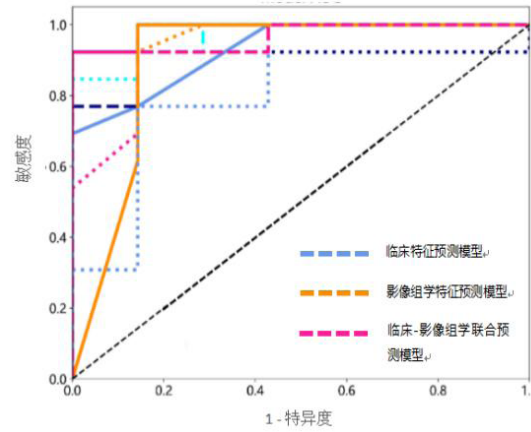


图4 临床特征、CT影像组学单独及联合预测模型对稳定期COPD患者急性加重诊断效能的ROC曲线。

3 讨论

COPD急性加重是指COPD患者短时间内发生呼吸困难加重等情况，病情急速进展，可导致肺功能恶化、COPD相关并发症发生率升高、死亡率升高，且患者预后较差^[10]。胸部CT检查作为临床中较为常规的检查方式之一，在稳定期COPD患者疾病诊断及病情评估等方面运用广泛。影像组学作为新发展的辅助技术之一，通过挖掘医学图像中大量的高维信息，以提高疾病诊断的准确性，有利于预测患者预后等情况^[11]。

本研究结果表明急性加重组CAT评分大于非急性加重组，与Jones P等^[12]的研究结果一致。然而，大部分情况下CAT评分仅适用于短期内COPD患者的预后预测，Lin L等^[13]研究学者研究表明，CAT评分与COPD患者未来急性加重情况发生的相关性较低。本次CAT评分结果仅在COPD患者就诊时收集，对预测患者一年内预后情况存在一定的局限性。本研究结果还显示，急性加重组TLC、RV/TLC对照组显著高于非急性加重组，而FEV1、FEV1/FVC、VC显著低于非急性加重组($P<0.05$)，分析其主要原因为稳定期COPD患者急性加重时，气体交换功能进一步受损，从而导致肺通气功能降低，肺泡过度充气引起肺泡破裂和毛细血管受压又进一步导致弥散功能减弱，使得其肺功能检测指标FEV1、FVC、FEV1/FVC均降低，而TLC、RV、RV/TLC均升高^[14]。此外急性加重组左肺LAA%、右肺LAA%、总肺LAA%显著高于对照组，说明肺叶及各肺叶的LAA%值很大程度可以预估COPD患者肺功能受损的严重程度，有助于临床医师判断无法做肺功能或者肺功能结果不可靠的COPD患者的肺功能^[15]。急性加重组支气管的WA%以及T/D比值增高的主要原因为，稳定期COPD患者因细菌或病毒感染导致咳嗽、咳痰的症状急性加重，可进入急性加重期，更多的炎症因子轻易进入主支气管并到达尖段支气管，由于中性粒细胞对管壁的浸润，进而引发支气管管壁的反应性增生加重，最终导致支气管的WA%、T/D值增大^[16]。而急性加重组PMCSA、PMD、PMI显著低于对照组($P<0.05$)，说明急性加重期COPD患者相比稳定期患者肌肉萎缩更严重，Zhou K等^[17]研究结果表明，影响COPD患者发病与死亡的独立预测因子是肌肉功能障碍，主要包括肌肉质量、肌肉无力的净损失，与患者运动耐力具有密切联系。将CT影像组学特征结合筛选有统计学意义的临床特征、CT影像参数共同构建多元逻辑回归模型，通过计算AUC发现，与单独的临床特征、CT影像组学特征比较，联合预测模型评估稳定期COPD患者急性加重的AUC、准确性、敏感度、特异度最高，说明基于临床特征、CT影像组学对预测稳定期COPD患者急性加重具有巨大的价值和潜力。

综上所述，基于临床特征、CT影像组学对稳定期COPD患者急性加重的预测具有较好评估价值，对临床医师治疗方案的制定有一定提示作用，期望实现COPD患者个体化精准治疗。本次研究存在一定不足，首先稳定期COPD急性加重的影响因素还有存在其他指标，本研究未能一同加入模型构建，可能会对结果产生

一定的偏倚，今后将进一步扩大指标的纳入，以期模型更加完善和精准；其次本研究为单中心的回顾性研究，外部数据验证存在缺乏。今后将进一步扩大样本容量，并采用多中心研究以及增加外部验证，有望减少结果偏倚，避免过拟合现象。

参考文献

- [1] 李芳, 张春玲. 多索茶碱与噻托溴铵粉联合治疗慢阻肺对肺功能的影响研究[J]. 罕少疾病杂志, 2023, 30(12): 49-51.
- [2] Agustí A, Celli BR, Criner GJ, et al. Global initiative for chronic obstructive lung disease 2023 report: GOLD executive summary[J]. Eur Respir J, 2023, 61(4): 2300239.
- [3] 刘敏, 高笑宇, 杨海丽, 等. AECOPD合并II型呼吸衰竭患者发生营养风险的影响因素分析及其预测模型构建[J]. 现代生物医学进展, 2024, 24(10): 1883-1887.
- [4] 慢性阻塞性肺疾病中西医结合管理专家共识工作组. 慢性阻塞性肺疾病中西医结合管理专家共识(2023版)[J]. 中国全科医学, 2023, 26(35): 4359-4371.
- [5] 曹军英, 李玥. 超声人工智能在肿瘤诊疗的应用进展[J]. 锦州医科大学学报, 2023, 44(4): 1-4.
- [6] 包陈政任, 张榕, 陈新杰, 等. 基于临床、影像组学开发并验证用于预测肺磨玻璃结节浸润性的Nomogram模型[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(11): 40-43.
- [7] Cui J, Zhang D, Gao Y, et al. CT-based radiomics combined with hematologic parameters for survival prediction in locally advanced esophageal cancer patients receiving definitive chemoradiotherapy[J]. Insights Imaging, 2024, 15(1): 87.
- [8] 中华医学会呼吸病学分会慢性阻塞性肺疾病学组, 中国医师协会呼吸医师分会慢性阻塞性肺疾病工作委员会. 慢性阻塞性肺疾病诊治指南(2021年修订版)[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2021, 44(3): 170-205.
- [9] 刘阿茹, 魏华, 邓永红. HRCT肺气肿定量分析与COPD患者疾病相关性分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(8): 74-76.
- [10] 熊志华, 张秋彬. COPD患者左心功能及其与系统性炎症标志物的关系[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29(6): 68-69, 98.
- [11] 罗敏, 高鹏, 谢秋霞, 等. 慢性阻塞性肺疾病影像组学研究进展[J]. 国际医学放射学杂志, 2022, 45(2): 168-173.
- [12] Jones P, Soutome T, Matsuki T, et al. Health status progression measured using weekly telemonitoring of COPD assessment test scores over 1 year and its association with COPD exacerbations[J]. Chronic Obstr Pulm Dis, 2024, 11(2): 144-154.
- [13] Lin L, Song Q, Cheng W, et al. Comparison of predictive value of CAT and change in CAT in the short term for future exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease[J]. Ann Med, 2022, 54(1): 875-885.
- [14] 杨晓娜, 高婷, 周嘉鑫, 等. 慢性阻塞性肺疾病CT定量参数改变及其与肺功能指标的关系[J]. 中国医学影像技术, 2024, 40(1): 62-67.
- [15] 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(05): 536-541.
- [16] 管宇, 周秀秀, 张迪, 等. 不同表型慢性阻塞性肺疾病患者功能小气道及肺小血管的CT定量分析研究[J]. 中华放射学杂志, 2023, 57(10): 1061-1067.
- [17] Zhou K, Wu F, Zhao N, et al. Association of pectoralis muscle area on computed tomography with airflow limitation severity and respiratory outcomes in COPD: a population-based prospective cohort study[J]. Pulmonology, 2023, S2531-0437(23) 00039-9.

(收稿日期: 2024-07-12)

(校对编辑: 韩敏求)