



中国临床医学

Chinese Journal of Clinical Medicine

ISSN 1008-6358

CN 31-1794/R

基于CT综合评分系统的非结核分枝杆菌肺病的影像学特征及影响因素

缪青, 王美霞, 潘珏, 屈虹, 鲍容, 姚雨, 米宏霏, 胡必杰

引用本文:

缪青,王美霞,潘珏,屈虹,鲍容,姚雨,米宏霏,胡必杰. 基于CT综合评分系统的非结核分枝杆菌肺病的影像学特征及影响因素[J]. 中国临床医学, 2022, 29(3): 409–414.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2022.20220331>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

结直肠癌腹膜转移瘤的¹⁸F-FDG PET/CT参数与其原发肿瘤位置及病理类型相关性分析

Correlation between ¹⁸F-FDG PET/CT parameters of colorectal peritoneal carcinomatosis and their primary tumor location and pathological type

中国临床医学. 2022, 29(3): 383–388 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2022.20212294>

结节型与团块渗出型肺隐球菌病的临床特征分析

Clinical characteristics of nodular and massive exudative pulmonary cryptococcosis

中国临床医学. 2021, 28(6): 969–973 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20212161>

不同麻醉方式对急性缺血性脑卒中患者行血管内机械取栓治疗影响的回顾性分析

Retrospective analysis of the influence of different anesthesia methods on mechanical thrombectomy in patients with acute ischemic stroke

中国临床医学. 2022, 29(2): 200–205 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2022.20211137>

宏基因二代测序技术对非结核分枝杆菌感染病原学诊断的价值

Etiological diagnostic value of metagenomic next-generation sequencing in non-tuberculous mycobacteria infection

中国临床医学. 2020, 27(4): 559–562 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20201289>

非瓣膜性房颤脑梗死无症状性出血转化患者抗栓治疗疗效分析

Study on anticoagulant treatment of asymptomatic hemorrhagic transformation after acute ischemic stroke with non-valve atrial fibrillation

中国临床医学. 2020, 27(2): 263–268 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20192088>

DOI: 10.12025/j.issn.1008-6358.2022.20220331

· 短篇论著 ·

基于CT综合评分系统的非结核分枝杆菌肺病的影像学特征及影响因素



缪青, 王美霞, 潘珏, 屈虹, 鲍容, 姚雨濛, 米宏霏, 胡必杰*

复旦大学附属中山医院感染病科, 上海 200032

引用本文 缪青, 王美霞, 潘珏, 等. 基于CT综合评分系统的非结核分枝杆菌肺病的影像学特征及影响因素[J]. 中国临床医学, 2022, 29(3): 409-414. MIAO Q, WANG M X, PAN J, et al. Composite CT score-based assessment for comparative analysis of radiological feature and clinical factor in pulmonary non-tuberculous mycobacterial disease[J]. Chinese Journal of Clinical Medicine, 2022, 29(3): 409-414.

[摘要] **目的** 通过CT综合评分系统, 探讨我国非结核分枝杆菌肺病影像学特征的影响因素。**方法** 回顾性选择2018年9月至2019年10月复旦大学附属中山医院收治的可疑非结核分枝杆菌肺病患者56例, 根据CT分值分为CT分值<10分组($n=27$)和CT分值 ≥ 10 分组($n=29$)。收集临床资料及影像学信息, 其中影像学评估采用支气管扩张、出芽征、结节影、实变影、空洞、曲霉球以及肺叶范围的综合评分系统。**结果** CT分值 ≥ 10 分组人群年龄高于CT分值<10分组[(65.63 $\pm$ 11.2) vs (56.21 $\pm$ 14.09)岁, $P=0.008$], 年龄和CT分值具有相关性($r=0.322$, $P=0.016$)。右上中叶、左舌段以及支扩出芽征和CT分值具有相关性, 差异有统计学意义(r 均 >0.7 , $P<0.05$), 其中, 左舌叶及支扩出芽征的相关性较强($r=0.73$, $P<0.05$)。CT分值影响患者病灶吸收率($P=0.037$), 但可能与年龄混杂因素有关($HR=0.416$, $P=0.084$)。**结论** 肺部严重病变主要与左舌段的支扩出芽病灶有关。高龄是影像学病变严重的危险因素, 且与不良预后有关。

[关键词] 非结核分枝杆菌肺病; CT评分; 高龄

[中图分类号] R 563 **[文献标志码]** A

Composite CT score-based assessment for comparative analysis of radiological feature and clinical factor in pulmonary non-tuberculous mycobacterial disease

MIAO Qing, WANG Mei-xia, PAN Jue, QU Hong, BAO Rong, YAO Yu-meng, MI Hong-fei, HU Bi-jie*

Department of Infectious Diseases, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

[Abstract] **Objective** To explore the factors influencing the imaging characteristics of non-tuberculous *Mycobacterium* lung disease in China by CT composite scoring system. **Methods** A total of 56 patients were retrospectively collected during September 2018 to October 2019 in Zhongshan Hospital, Fudan University with suspicious nontuberculous mycobacteria pulmonary disease (NTM-PD), according to the CT score, it is divided into groups with CT score <10 ($n=27$) and groups with CT score ≥ 10 ($n=29$). Clinical and imaging information were collected, and imaging evaluation integrated bronchiectasis, tree-in-bud, nodular, consolidation, cavity, aspergilloma and lung segment into scoring system. **Results** Age was significantly increased in the CT score ≥ 10 group (65.63 $\pm$ 11.2 vs 56.21 $\pm$ 14.09, $P=0.008$). There was a correlation between age and CT score ($r=0.322$, $P=0.016$). CT scores of right upper middle lobe, left tongue segment and tree-in-bud sign were correlated with CT scores increase with significant difference (all $r>0.7$, $P<0.05$). The correlation between left tongue lobe and tree-in-bud sign was strongly correlated ($r=0.73$, $P=0.05$). CT score affected the absorption rate of lesions in patients ($P=0.037$), but it may be related to confounding factors ($HR=0.416$, $P=0.084$). **Conclusion** The severe pulmonary lesions are mainly related to the bronchiectasis and tree-in-bud of left tongue segment. Elderly patients had more severe lung imaging lesions, and the absorption of the lesion was not obvious.

[Key Words] non-tuberculous *Mycobacterium* pulmonary disease; CT score; aging patient

[收稿日期] 2022-02-23

[接受日期] 2022-05-10

[基金项目] 国家自然科学基金(81902107). Supported by National Natural Science Foundation of China (81902107).

[作者简介] 缪青, 博士生, 主治医师. E-mail: miao.qing@zs-hospital.sh.cn

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-64041990, E-mail: hu.bijie@zs-hospital.sh.cn

非结核分枝杆菌 (non-tuberculosis *Mycobacteria*, NTM) 作为除结核分枝杆菌以外的其他分枝杆菌类型, 亚洲人群发病率已升高至约 39.6 例/10 万人年, 并且仍以每年 19 例/10 万人年的速度增长^[1]。在我国, 随着工业化进程的不断加快及医疗卫生水平的持续提高, 非结核分枝杆菌肺病 (non-tuberculosis *Mycobacteria* pulmonary disease, NTM-PD) 的发病率已逐渐超过肺结核病 (pulmonary tuberculosis, PTB)。本团队已发表的临床数据^[2]表明, 在感染性疾病的患者中, 约 47% 为分枝杆菌感染, 而其中非结核分枝杆菌占约 50%, 发病率远远超出预期, 而本院 NTM-PD 的确诊率仅为 40% 左右。因此, NTM 病的诊断及治疗比结核病更为困难。

NTM-PD 的肺部影像学特征对于疾病的诊断、治疗决策及预后判断均有重要的临床意义。NTM-PD 的影像学表现主要有 2 种类型: 纤维空洞型和结节性支气管扩张型。国内外指南^[3-4]一致认为, 纤维空洞型预后较差, 建议早期干预, 但实际临床实践中发现, NTM-PD 的肺部影像学表现具有多样性及非特异性, 包括结节影、小斑片样实变影、树芽征、磨玻璃影、纤维条索影等, 且通常多种病变形态混杂存在。因此, 上述分类临床实用性不强, 需要更为详细客观的 CT 标准来定义影像学特征, 从而精确区分不同人群, 指导决策及预后。

2018 年日本有研究^[5]将肺部以隆突及下肺静脉为界分为三区, 结合结节影、浸润影、空洞、支扩 4 种病变的范围综合评分结果发现, 肺部影像评分可能与 NTM-PD 预后有关。2018 年英国 Cowman 团队以及 2021 年韩国分别发表相关研究^[6-7], 根据各肺叶段的支扩、细支气管炎、结节、实变、空洞、曲霉球等影像学表现综合评分, 结果表明 CT 综合评分与预后存在相关性。本研究以上述影像学评估方法为基础, 统计分析我国 NTM-PD 人群的影像学特征与临床表现及宿主状态的相关性, 同时探讨影像学特征是否对预后有预测作用。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性选择 2018 年 9 月至 2019 年 10 月复旦大学附属中山医院感染病科收治的

NTM 培养阳性的肺部感染患者 76 例, 符合诊断标准的患者 71 例, 其中 8 例患者缺失质量合格的初始影像学资料; 3 例门诊患者临床资料不完善; 4 例患者首次就诊后失访。最终共 56 例患者纳入本研究。

收集患者年龄、性别、基础疾病、菌种信息、病程时长、培养阳性组织类型等临床信息。纳入标准: 符合《2020 年美国 NTM-PD 指南诊断标准》^[8]中 NTM 感染的患者; 影像学及关键临床资料齐全; 确诊后我院接受治疗并随访时间超过 2 个月。排除标准: 治疗前肺部 CT 缺失或 CT 质量较差; 临床资料严重缺失; 随访时间短于 2 个月。本研究通过复旦大学附属中山医院伦理委员会批准 (B2020-411R), 所有患者均知情并签署知情同意书。

1.2 影像学评分 影像学评分具体参考前述研究标准^[7]。由 2 名具有 5 年以上工作经验的感染病科主治医师独立读片, 将支扩的严重程度、支扩范围、出芽征、结节影、实变影用无、轻度、中度、重度表示, 赋值分别是 0 分、1 分、2 分、3 分; 另外, 结节空洞、严重空洞及曲霉球用有或无表示, 赋值分别为 0 分、1 分, 将上述影像学表现以评分形式列出, 形成综合 CT 评分结果 (CT 分值)。患者治疗后平均 2~3 个月随访 CT, 以影像学病灶开始吸收的时间作为预后指标。

1.3 分组标准 CT 分值的中位数为 10 分, 且分值大于 10 分时, 肺部影像学病变严重程度明显增加 (图 1), 因此, 本研究以 10 分作为分组标准, 分为 CT 分值 < 10 分组 ($n=27$) 和 CT 分值 ≥ 10 分组 ($n=29$)。

1.4 统计学处理 采用 Stata 16.0 统计学软件分析数据, 符合正态分布的连续型变量以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 采用 t 检验, 不符合正态分布的连续型变量以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示, 采用 Wilcoxon 秩和检验, 分类型变量以 $n(\%)$ 表示, 采用 Pearson χ^2 或 Fisher 检验。采用 Spearman 检验及线性回归分析进行变量之间的相关性分析。采用 R 3.6.1 绘制相关性分析矩阵图。采用 Kaplan-Meier 生存曲线进行预后分析, 并行 log-rank 及 Cox 模型检验。采用双侧检验, 检验水准 (α) 为 0.05。

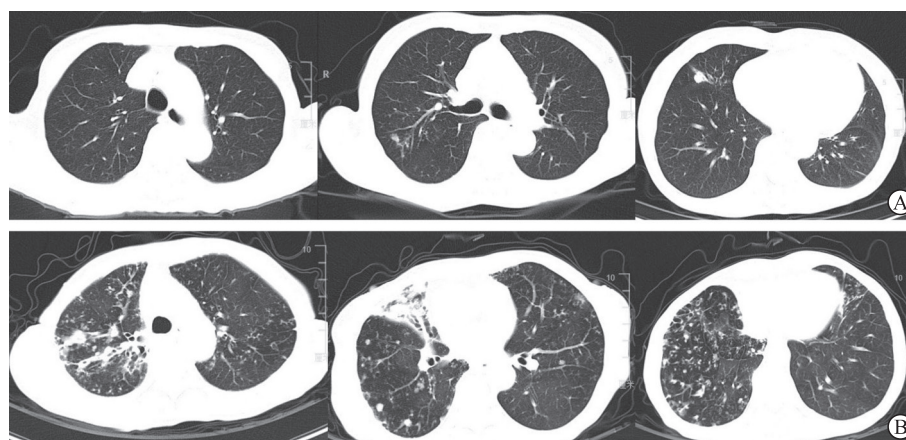


图1 以10分为界的CT值影像学典型表现

A:CT值<10分的影像学表现;B:CT值≥10分的影像学表现。

2 结果

2.1 一般资料分析 结果(表1)显示:CT分值≥10分组人群的平均年龄比CT分值<10分组高出约10岁($P=0.008$)。2组患者在性别比例、合并疾病(风湿、肿瘤、手术)、菌株类型等差

异无统计学意义。CT分值≥10分组人群的病程超过10年的比例较高,但差异无统计学意义。CT分值≥10分组人群的痰培养阳性比例高于<10分组($P=0.089$),而2组肺泡灌洗液及肺组织培养的阳性率差异无统计学意义。

表1 不同CT分值人群临床特征及影像学特征比较

指标	总计($n=56$)	CT分值<10分组($n=27$)	CT分值≥10分组($n=29$)	统计值	P 值
年龄/岁	60.75±13.51	56.21±14.09	65.63±11.15	-2.760	0.008
男性 $n(\%)$	20(35.71)	11(37.93)	9(33.33)	0.129	0.338
合并症 $n(\%)$	14(25.00)	8(27.59)	6(22.22)	2.217	0.529
风湿	6(42.90)	3(37.50)	3(50.00)		
肿瘤	1(7.10)	0(0.00)	1(16.70)		
手术史	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)		
合并多种合并症	7(50.00)	5(62.50)	2(33.30)		
病程>10年 $n(\%)$	10(17.86)	4(13.79)	6(22.22)	0.677	0.250
菌种分布 $n(\%)$				0.055	0.973
鸟胞分枝杆菌复合群	33(71.74)	17(70.83)	16(72.73)		
脓肿分枝杆菌	9(19.57)	5(20.83)	4(18.18)		
堪萨斯分枝杆菌	4(8.70)	2(8.33)	2(9.09)		
不详	10(17.85)	5(18.52)	5(17.24)		
阳性标本分布 $n(\%)$				8.048	0.089
痰	23(41.07)	8(27.59)	15(65.22)		
肺泡灌洗液	10(17.86)	8(27.59)	2(20.00)		
肺组织	1(1.79)	1(3.45)	0(0.00)		
多标本	22(39.29)	12(54.55)	10(45.45)		
血沉/(mm·h ⁻¹)	40.55±28.83	34.24±28.74	47.33±27.86	1.729	0.090
Th淋巴细胞数量/(个·μL ⁻¹)	480.18±295.71	530.01±320.83	426.35±261.71	1.271	0.210
C-反应蛋白/(mg·L ⁻¹)	5.5(1.35,26.6)	4.1(0.7,13.6)	6.3(1.7,54.4)	35.737	0.862
支扩及出芽征	5(2,10.5)	2(0,4)	12(8,18)	-5.611	<0.001
结节实变影	4(2,9)	3(2,4)	9(5,12)	-4.293	<0.001
空洞影	0(0,0)	0(0,0)	0(0,1)	-0.500	0.617
累及肺叶					
左上叶	0(0,2)	0(0,0)	2(1,4)	-4.516	<0.001
左舌段	0(0,3)	0(0,0)	3(1,5)	-4.935	<0.001
左下叶	2(0,4)	0(0,3)	3(1,5)	-3.268	0.001
右上叶	2(0,5)	1(0,2)	5(3,6)	-5.567	<0.001
右中叶	3(0,4)	1(0,3)	4(2,5)	-4.117	<0.001
右下叶	2(0,4.5)	1(0,2)	4(2,6)	-3.568	<0.001

2.2 CT评分与年龄的相关性分析 结果(表1)显示:CT分值 ≥ 10 分患者的平均年龄明显大于CT分值 < 10 分。进一步对CT分值及年龄进行Spearman相关性分析,结果提示两者存在相关性($r=0.322$, $P=0.016$)。如图2所示,对年龄及CT评分进行线性回归分析,发现年龄每增加1岁,CT分值增加0.223($R^2=0.093$, $P=0.022$)。引入单因素中可能的混杂因素包括性别、合并症、病程、菌种及阳性样本分布、血沉进行多元线性回归分析,CT评分与年龄线性相关检验校正后, $R^2=0.205$, $P=0.053$ 。

2.3 影像学特征的相关性分析 结果(表1)显示:CT分值 ≥ 10 分人群中,支扩出芽征、结节实变影2类病变的程度明显重于CT分值 < 10 分,而空洞病变在2组人群中的严重程度差异无统计学意义。CT分值 ≥ 10 分人群累及的肺叶区域均明显增多。

结果(图3)显示:随着CT分值升高,支扩出芽征的分值的例升高(图3A),左舌段的受累

比例亦有升高,见图3B。对病变类型及累及肺叶分值的相关性分析发现,随着CT分值升高,右上叶($r=0.84$)、右中叶($r=0.72$)、左舌叶($r=0.70$)受累以及支扩出芽征($r=0.90$)的病变分值均升高,且差异均具有统计学意义($P<0.05$)。另外,左舌叶及支扩出芽征分值增长的相关性较强($r=0.73$, $P<0.05$),见图3C。

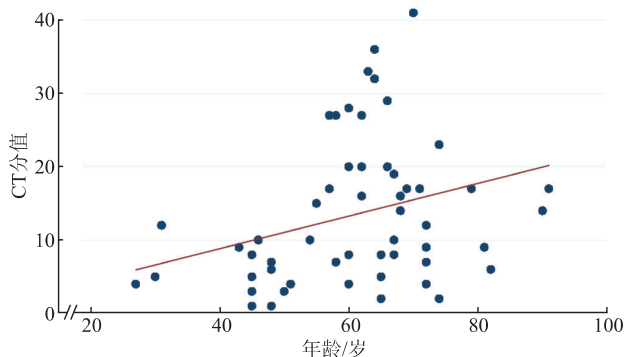


图2 年龄及CT分值的线性回归分析

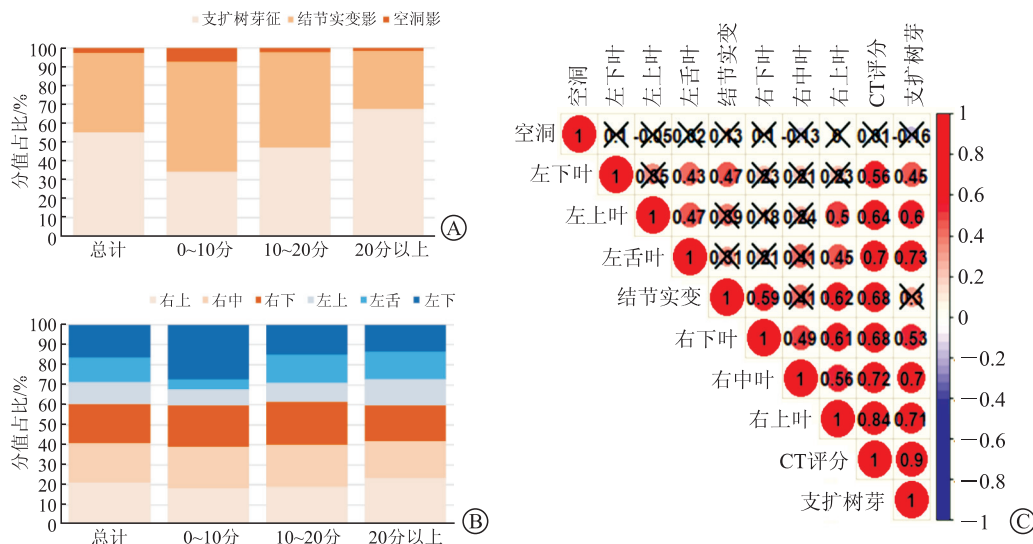


图3 影像学特征的相关性分析

A:病变类型构成比随CT分值升高变化情况;B:受累肺叶构成比随CT分值升高变化情况;C:病变类型及受累肺叶的相关性矩阵分析图。

2.4 CT分值与病灶吸收时间的预后分析 患者的CT随访中位时间为5.5个月,Kaplan-Meier生存分析及log-rank检验结果(图4)表明,以CT病灶吸收率及吸收时间作为预后指标,CT分值 ≥ 10 分人群的预后相对较差($P=0.037$)。但是,将单因素中具有统计学意义的年龄、血沉及CT分值同时

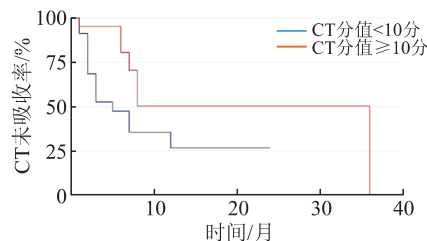


图4 CT未吸收率的Kaplan-Meier生存曲线分析

引入Cox回归模型的结果表明,CT分值对预后的影响,差异无统计学意义($HR=0.948$, $P=0.067$)。

3 讨论

目前,国内外普遍认为,对于NTM-PD患者,影像学表现为纤维空洞病变是干预的指征,且预后较差,但在临床实践过程中,这种影像学分类较为简单,无法客观评估NTM-PD的多种影像学特征,临床实用性不强^[9]。本研究收集56例NTM-PD患者的临床资料,影像学评估包括支扩、空洞、结节、实变、出芽征、曲霉菌等病变,联合肺叶受累范围,形成CT综合评分系统,同时通过相关性分析,寻找引起影像学不同特征及严重程度的影响因素,并比较不同CT评分的预后差异,研究结果对基于影像学资料的干预决策及预后评估具有重要的临床意义。

本研究结果表明,CT分值较大的人群中,平均年龄高10岁[(65.63 ± 11.2) vs (56.21 ± 14.09)岁, $P=0.008$],痰培养阳性率约高出20%(85.19% vs 65.5% , $P=0.089$)。既往研究^[3]及指南^[4]表明,痰培养阳性患者病情进展概率高,高龄患者的痰培养转阴率较低。本研究进一步发现,除了与以上预后转归相关,痰培养阳性和高龄因素还和CT影像学分值具有相关性,多元回归模型分析表明,在纳入菌种类型、宿主合并症等可能影响CT分值的因素后,年龄和CT分值正相关。因此,高龄是引起NTM-PD肺部影像学病变广泛且严重的危险因素。但是,本研究的年龄与CT评分的线性相关性不强($r=0.322$),可能由于样本量原因、影像学特征评判的复杂性及影响因素众多等原因导致,尽管本研究中CT分值与年龄具有相关性这一结论相对可靠,但是线性相关性并未发现确凿证据,需要今后更高质量的研究将这一因素作为影像学影响因素的重要指标之一,值得继续深入分析。

既往研究^[3]表明,CT病变严重,特别是空洞病变患者的治疗失败率较高;另外,CT评分可能与微生物培养转阴及死亡率有关。本研究采用CT病灶吸收作为预后指标,生存曲线及Cox模型分析表明,CT病变重的患者病灶吸收率较低,但此结果可能和年龄这一混杂因素有关($HR=0.416$,

$P=0.084$)。这一结论和前述研究有出入。本研究推测,主要的原因可能与回顾性研究的混杂偏倚有关,目前越来越多研究表明,与PTB相比,NTM-PD有不同的特点,PTB的预后与微生物本身的毒力有关,而NTM作为环境中广泛存在的病原体,其发病机制主要和宿主免疫状态有关^[10],由此推论,本研究结果提示CT病变的基线特征、严重程度以及影像学转归,与宿主年龄有关,年龄每增长1岁,CT分值增长0.223,这一结论有合理性。

关于NTM-PD的胸部影像学特点,目前普遍共识认为:两肺多叶或单叶均可受累,一般多叶多于单叶、上叶多于下叶,以右肺上叶受累最多见;肺部病灶形态复杂,并常为数种病变形态同时多发混杂存在^[11]。本研究对以上特点进行量化,形成客观指标,并进行内部相关性分析结果发现,随着肺部影像学病变的加重,支扩出芽征的占比增加,另外,右上叶、中叶、左舌叶受累的占比亦增加,同时发现,支扩及出芽征在左舌叶的加重趋势较明显(r 均 >0.70 , $P<0.05$)。本研究结论支持共识观点,即NTM-PD多以右肺中叶及左肺舌段的支扩出芽征病变为特征,同时进一步发现,对于严重的肺部病变,以左肺舌段的支扩出芽征病变进展为主。

影像学评分相关的这类研究也具有一定的局限性,最主要是肺部多种病变合并存在,往往重叠表现,在评估时具有难度,另外,空洞病变需要进一步细化,如厚壁空洞、薄壁空洞、纤维空洞等,我国有研究^[12]通过智能抓取空洞数据,旨在寻找较客观的空洞分类方法。对于NTM-PD这类影像学表现较为复杂的疾病,联合智能化方法以更客观准确得评估病灶特征,是今后研究的趋势。

综上所述,本研究发现,左舌段的支扩出芽病灶不断进展可能是肺部病变加重的主要原因;高龄是影像学病变严重的危险因素,且与不良预后有关,但这一结论还需要今后的大样本前瞻研究,去除宿主本身的混杂因素后进一步验证。对于NTM-PD患者,基于CT评分的影像学严重度评估,与传统人工读片相比具有明显的优势。

利益冲突: 所有作者声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] RATNATUNGA C N, LUTZKY V P, KUPZ A, et al. The rise of non-tuberculosis mycobacterial lung disease [J]. *Front Immunol*, 2020,11:303.
- [2] MIAO Q, MA Y, WANG Q, et al. Microbiological diagnostic performance of metagenomic next-generation sequencing when applied to clinical practice[J]. *Clin Infect Dis*, 2018, 67(suppl_2):S231-S240.
- [3] DALEY C L, IACCARINO J M, LANGE C, et al. Treatment of nontuberculous mycobacterial pulmonary disease: an official ATS/ERS/ESCMID/IDSA clinical practice guideline[J]. *Eur Respir J*, 2020,56(1): 2000535.
- [4] 中华医学会结核病学分会. 非结核分枝杆菌病诊断与治疗指南(2020年版)[J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2020,43(11):918-946. Tuberculosis branch of Chinese Medical Association Guidelines for the diagnosis and treatment of non-tuberculous *Mycosis* (2020 Edition) [J] *Chinese Journal of Tuberculosis and Respiration*, 2020,43(11):918-946.
- [5] FURUUCHI K, ITO A, HASHIMOTO T, et al. Clinical significance of the radiological severity score in *Mycobacterium avium* complex lung disease patients[J]. *Int J Tuberc Lung Dis*, 2017, 21(4):452-457.
- [6] PARK J, YOON S H, KIM J Y, et al. Radiographic severity and treatment outcome of *Mycobacterium abscessus* complex pulmonary disease[J]. *Respir Med*, 2021,187:106549.
- [7] COWMAN S A, JACOB J, OBAIDEE S, et al. Latent class analysis to define radiological subgroups in pulmonary nontuberculous mycobacterial disease[J]. *BMC Pulm Med*, 2018,18(1):145.
- [8] DALEY C L, IACCARINO J M, LANGE C, et al. Treatment of nontuberculous mycobacterial pulmonary disease: an official ATS/ERS/ESCMID/IDSA clinical practice guideline[J]. *Eur Respir J*, 2020, 56(1):2000535.
- [9] JHUN B W, MOON S M, JEON K, et al. Prognostic factors associated with long-term mortality in 1445 patients with nontuberculous mycobacterial pulmonary disease: a 15-year follow-up study[J]. *Eur Respir J*, 2020,55(1):1900798.
- [10] ABE Y, FUKUSHIMA K, HOSONO Y, et al. Host immune response and novel diagnostic approach to NTM infections[J]. *Int J Mol Sci*, 2020,21(12):4351.
- [11] 张静波, 褚海青. 非结核分枝杆菌肺病临床特征及其影像学特点[J]. *中国感染与化疗杂志*, 2016,16(1):86-91. ZHANG J B, ZHU H Q. Clinical and imaging features of non-tuberculous mycobacterial lung diseases [J]. *Chinese Journal of Infection and Chemotherapy*, 2016,16(1):86-91.
- [12] YAN Q, WANG W, ZHAO W, et al. Differentiating nontuberculous *Mycobacterium* pulmonary disease from pulmonary tuberculosis through the analysis of the cavity features in CT images using radiomics[J]. *BMC Pulm Med*, 2022,22(1):4.

[本文编辑] 翟铖铖