

支原体感染对成人肺功能及呼出气一氧化氮的影响

张如岗¹, 殷悦², 李岱云¹, 段梦琦¹, 刘桂莲¹, 王瑛¹

(1. 中国人民解放军联勤保障部队第960医院呼吸内科, 山东 济南 250022; 2. 中国人民解放军总医院研究生院, 北京 100853)

摘要: **目的** 探讨支原体感染对成人肺功能及呼出气一氧化氮(fractional exhaled nitric oxide, FeNO)的影响。

方法 选取成人支原体感染患者94例,依据肺部影像学检查分为急性气管-支气管炎组(支气管炎组)52例、肺炎支原体肺炎(*Mycoplasma pneumoniae pneumonia*, MPP)组42例,并随机选取同时期健康体检人群50位作为对照组。比较3组人群肺功能及FeNO的差异。**结果** 相较于对照组,支气管炎组与MPP组的肺功能均出现不同程度的下降,3组人群的肺功能差异有统计学意义($P<0.05$),而FeNO差异无统计学意义($P>0.05$);其中,MPP组与对照组在用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、第1秒用力呼气容积(forced expiratory volume in one second, FEV₁)、一秒率(FEV₁/FVC)、呼气峰值流量(peak expiratory flow, PEF)、最大呼气中段流量(maximal mid-expiratory flow curve, MMEF)及上述各值占预计值的百分比(%pred)差异有统计学意义($P<0.017$),支气管炎组与对照组在FEV₁、FEV₁/FVC、PEF、MMEF及上述各值占预计值的百分比差异有统计学意义($P<0.017$),MPP组与支气管炎组仅在FVC%pred、FEV₁%pred及MMEF%pred的差异有统计学意义($P<0.017$)。**结论** 支原体感染患者的肺功能均下降,大、小气道均受损,以阻塞性通气功能障碍为主;MPP患者肺功能下降更为显著,小气道受损更为明显;3组人群FeNO无明显差异。

关键词: 支原体;肺炎支原体肺炎;C-反应蛋白;肺功能;呼出气一氧化氮

中图分类号: R563.1

文献标志码: A

Impact of *Mycoplasma* infection on pulmonary function and fractional exhaled nitric oxide in adults

ZHANG Rugang¹, YIN Yue², LI Daiyun¹, DUAN Mengqi¹, LIU Guilian¹, WANG Ying¹

(1. Department of Respiratory Medicine, the 960th Hospital of the PLA Joint Logistics Support Force, Jinan 250022, Shandong, China; 2. Chinese PLA Medical School, Beijing 100853, China)

Abstract: Objective To investigate the effects of *Mycoplasma* infection on pulmonary function and fractional exhaled nitric oxide (FeNO) production in adults. **Methods** Based on the results of pulmonary imaging examination, a total of 94 adult patients with *Mycoplasma* infection were enrolled, in which 52 patients suffered from acute trachea-bronchitis (bronchitis group) and 42 patients suffered from *Mycoplasma pneumoniae pneumonia* (MPP group). Fifty healthy individuals who underwent physical examination during the same period were selected as a control group. The differences in pulmonary function and FeNO among the three groups were compared. **Results** The differences in lung function among the three groups were statistically significant ($P<0.05$). However, there was no statistically significant difference in FeNO among the three groups ($P>0.05$). Specifically, the MPP group and the control group showed statistically significant differences in forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in one second (FEV₁), FEV₁/FVC, peak expiratory flow (PEF), maximal mid-expiratory flow curve (MMEF), and the percentage of each value relative to the predicted value (%pred) (all $P<0.017$). The bronchitis group and the control group showed statistically significant differences in FEV₁, FEV₁/FVC, PEF, MMEF, and the percentage of each value relative to the predicted value (all $P<0.017$). The MPP group and the bronchitis group showed statistically significant differences only in FVC%pred,

FEV₁%pred, and MMEF%pred (all $P < 0.017$). **Conclusion** All patients with *Mycoplasma* infection have declined lung function, with damage to both large and small airways, and predominantly obstructive ventilation function impairment. Patients with MPP have even more significant decreases in lung function, with more pronounced damage to the small airways. There is no significant difference in FeNO among the three groups.

Key words: *Mycoplasma*; *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia; C-reactive protein; Pulmonary function; Fractional exhaled nitric oxide

肺炎支原体(*Mycoplasma pneumoniae*, MP)是一种常见的病原微生物,主要引起儿童及青少年呼吸道感染,感染通常呈自限性,但有3%~13%发展为肺炎支原体肺炎(*Mycoplasma pneumoniae pneumoniae*, MPP)^[1]。MP每隔3~7年出现一次地区流行。在流行期间,MPP可占社区获得性肺炎的20%~40%^[2]。新型冠状病毒流行期间,MP感染患者数量曾出现下降^[3],但随着管控措施的调整,MP感染患者增加,2023年秋冬季北京地区门诊患儿MP阳性检出率高达25.4%,超过50%的住院患儿被诊断为MPP^[4-5],MP感染引起的顽固难愈的咳嗽及不同程度的喘息症状严重影响患者的工作和生活^[6]。目前关于MP感染的研究主要集中于儿童,成人相对较少。本研究探讨不同程度的MP感染对成人肺功能及呼出气一氧化氮(fractional exhaled nitric oxide, FeNO)的影响,为成人MP感染的治疗和疗效评估提供指导。

1 资料与方法

1.1 资料

1.1.1 研究对象

选取2023年11月至2024年10月于解放军第960医院就诊并明确诊断为MP感染的成人患者94例作为观察组,其中男70例,女24例,18~62岁。所有患者均符合《成人支原体肺炎诊治专家共识》^[7]中关于MP感染阳性的诊断标准:肺炎支原体特异性IgM抗体阳性,或颗粒凝集试验特异性抗体滴度 $\geq 1:160$,或补体结合试验特异性抗体滴度 $\geq 1:64$ 。依据是否出现肺部影像学改变,将观察组进一步分为急性气管-支气管炎组(支气管炎组, $n=52$)及MPP组($n=42$)。随机选取同时期健康体检人群50位作为对照组。

1.1.2 纳入标准与排除标准

纳入标准:①不限性别,年龄 >18 岁;②1周内出现咳嗽、咳痰、发热或喘息等呼吸道症状;③血清学支原体特异性IgM抗体阳性;④能配合完成肺功能、FeNO、肺部影像学及其他相关检查。排除标准:

①合并支气管哮喘、支气管扩张、慢性阻塞性肺病等可能出现肺功能、FeNO异常的疾病;②合并其他病原菌感染;③重症或难治性MPP。本研究符合《赫尔辛基宣言》基本原则,患者及其家属知情同意,并获得中国人民解放军联勤保障部队第960医院医学伦理委员会批准[(2023)科研伦理审查第(039)号]。

1.2 方法

1.2.1 肺炎支原体抗体、血常规及C-反应蛋白(C-reactive protein, CRP)的检测

采用江苏硕世生物科技股份有限公司生产的肺炎支原体IgM抗体检测试剂盒检测肺炎支原体抗体,血常规、CRP的检测依托中国人民解放军联勤保障部队第960医院检验科进行,血液标本由门诊或住院部护士在患者就诊或住院当日采集。血常规选取白细胞计数(white blood cell, WBC)、中性粒细胞绝对值(neutrophil, NEU)、淋巴细胞绝对值(lymphocyte, LYM)及嗜酸性粒细胞绝对值(eosinophils, EOS)作为主要分析指标。

1.2.2 肺功能检查

肺功能检查采用意大利科时迈Quark PFT3肺功能测试仪进行检测,选取用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、第1秒用力呼气容积(forced expiratory volume in one second, FEV₁)、一秒率(FEV₁/FVC)、呼气峰值流量(peak expiratory flow, PEF)和最大呼气中段流量(maximal mid-expiratory flow curve, MMEF)作为主要的分析指标,各指标的预计值通过受试者出生日期、性别、身高和体重由电脑软件自动生成。肺功能检查参照《中国常规肺功能检查基层指南(2024年)》^[8]标准执行。所有观察组患者的肺功能均在出现呼吸道症状的1周内完成。

1.2.3 FeNO检查

FeNO检查使用无锡市尚沃医疗电子股份有限公司纳库伦呼吸分析仪SV-BSDE(V03)型进行检测,选取FeNO、肺泡一氧化氮(concentration of nitric oxide of the alveolar, CaNO)作为主要分析指标。FeNO检查参照《呼出气一氧化氮检测及其在

气道疾病诊治中应用的中国专家共识》^[9]标准执行。所有观察组患者的 FeNO 检查均在出现呼吸道症状的 1 周内完成。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 21.0 软件,计量资料符合正态分布,用 $\bar{x}\pm s$ 表示,多组间比较满足方差齐性采用单因素方差分析,两两比较采用 Wilcoxon 秩和检验;计量资料不符合正态分布或方差齐性时,用中位数(四分位间距) [$M(P_{25}, P_{75})$] 表示,多组间比较采用

表 1 对照组、支气管炎组及 MPP 组人群一般资料的比较

Table 1 Comparison of general information among the control group, bronchitis group and MPP group

变量	对照组(n=50)	支气管炎组(n=52)	MPP 组(n=42)	$\chi^2/H/F$	P
男/女	36/14	39/13	31/11	0.119	0.942
年龄/岁	29.0 (26.0, 35.5)	27.0 (24.0, 36.5)	26.0 (23.8, 34.3)	2.903	0.234
身高/cm	174.7±7.2	171.3±7.9	172.5±7.3	2.686	0.720
体质量/kg	72.0 (62.0, 80.0)	71.0 (65.0, 79.8)	69.0(65.0,75.0)	1.386	0.500

2.2 支气管炎组与 MPP 组血常规、CRP 的比较

支气管炎组和 MPP 组的 WBC、NEU、LYM 及 EOS 差异无统计学意义 ($P>0.05$); MPP 组的 CRP

Kruskal-Wallis H 检验,两两比较应用 Mann-Whitney U 检验,检验水准为 $\alpha/3$;分类资料用百分率表示,多组间比较采用卡方检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 一般情况

对照组、支气管炎组、MPP 组的一般资料差异无统计学意义 ($P>0.05$)。见表 1。

水平明显高于支气管炎组,差异有统计学意义 ($P<0.05$)。见表 2。

表 2 支气管炎组和 MPP 组血常规、CRP 的比较

Table 2 Comparison of blood routine and CRP between bronchitis group and MPP group

项目	支气管炎组(n=52)	MPP 组(n=42)	Z	P
WBC/($\times 10^9/L$)	6.46 (5.79, 8.06)	7.43 (5.69, 8.67)	-1.137	0.225
NEU/($\times 10^9/L$)	4.18 (3.05, 5.22)	4.87 (3.35, 5.85)	-0.631	0.528
LYM/($\times 10^9/L$)	1.81 (1.60, 2.45)	1.83 (1.43, 2.45)	-1.308	0.191
EOS/($\times 10^9/L$)	0.11 (0.06, 0.18)	0.15 (0.08, 0.33)	-1.633	0.103
CRP/(mg/L)	6.00 (4.40, 8.59)	10.99 (6.00, 19.90)	-3.106	0.002

2.3 3 组人群肺功能和 FeNO 的比较

支气管炎组患者出现阻塞性通气功能障碍 11 例、限制性通气功能障碍 4 例、混合性通气功能障碍 1 例、FeNO 升高 15 例、CaNO 升高 23 例, MPP 组分别为 19、3、6、11、13 例。3 组人群的 FVC、FEV₁、FEV₁/FVC、PEF、MMEF 及各值占预计值的百分比差异均有统计学意义 ($P<0.05$)。3 组人群的 FeNO、CaNO 差异无统计学意义 ($P>0.05$), 但 MPP 组的上述两项指标均低于支气管炎组。

标均有不同程度的下降,其中 FEV₁、FEV₁/FVC、PEF、MMEF 及各值占其预计值的百分比差异有统计学意义 ($P<0.017$)。与对照组相比, MPP 组患者肺功能 FVC、FEV₁、FEV₁/FVC、PEF、MMEF 及各值占预计值的百分比均出现明显下降,差异有统计学意义 ($P<0.017$)。

与支气管炎组相比, MPP 组患者肺功能有所下降,其中 FVC%pred、FEV₁%pred 及 MMEF%pred 差异有统计学意义 ($P<0.017$)。见表 3。

与对照组相比,支气管炎组患者肺功能各项指

表 3 对照组、支气管炎组及 MPP 组人群肺功能及 FeNO 的比较

Table 3 Comparison of pulmonary function and FeNO among the control group, bronchitis group and MPP group

项目	对照组(n=50)	支气管炎组(n=52)	MPP 组(n=42)	H/F	P
FVC/L	4.71 (3.45, 5.22)	4.32 (3.48, 4.86)	4.08 (3.23, 4.37) *	10.348	0.006
FVC%pred/%	94.90±7.80	92.85±12.07	85.14±8.55 **	12.425	<0.001
FEV ₁ /L	4.03 (3.01, 4.48)	3.44 (2.94, 4.04) *	3.31 (2.62, 3.71) *	15.665	<0.001
FEV ₁ %pred/%	96.28±8.02	90.10±9.22 *	81.90±9.24 **	30.289	<0.001
FEV ₁ /FVC/%	88.90±3.57	82.64±6.91 *	81.15±6.49 *	6.747	0.002
FEV ₁ /FVC%pred/%	105.00 (100.75, 108.00)	100.00 (97.25, 107.00) *	98.00 (95.00, 103.00) *	19.025	<0.001
PEF/L	7.80±1.16	7.01±1.50 *	7.13±1.50 *	4.691	0.011

续表

项目	对照组(<i>n</i> =50)	支气管炎组(<i>n</i> =52)	MPP组(<i>n</i> =42)	H/F	<i>P</i>
PEF%pred/%	86.00(80.00,95.00)	76.50(70.00,87.00)*	78.00(68.75,86.50)*	21.742	<0.001
MMEF/L	4.36(3.51,4.82)	3.53(2.73,4.26)*	3.25(2.32,3.66)*	18.622	<0.001
MMEF%pred/%	92.50(82.00,102.50)	77.00(68.00,90.00)*	63.00(57.75,74.75)*#	41.449	<0.001
FeNO/ $\times 10^{-9}$	14.50(10.00,19.00)	16.00(11.00,25.75)	14.00(10.00,27.75)	3.808	0.149
CaNO/ $\times 10^{-9}$	3.00(2.28,5.08)	3.10(2.30,5.58)	2.40(1.57,4.20)	4.955	0.840

注:**P*<0.017 vs.对照组; #*P*<0.017 vs.支气管炎组。

3 讨论

新型冠状病毒流行之后,由于免疫负债,多种病原菌引起的呼吸道感染有所上升,尤其是2023年秋季出现了MP感染高峰^[5,10-11]。MP作为社区感染常见的病原体,多数仅累及上呼吸道,部分可引起MPP。MP感染后症状不典型,血常规结果无特异性,影像学检查是评估病情的常用手段。本研究发现支气管炎组和MPP组患者血常规差异无统计学意义,但CRP水平差异有统计学意义。CRP是炎症的生物标志物,MP通过表面PI蛋白在宿主细胞上黏附,诱发机体炎症反应,引起CRP水平升高。MPP组CRP水平更高,表明其可以作为成人MP感染后评估疾病严重程度的指标之一^[12-13]。

肺功能检查作为呼吸系统疾病筛查、诊断的一项技术,是评估支气管哮喘、慢性阻塞性肺病等患者呼吸功能损害程度及治疗效果的主要方法^[14]。目前国内外的研究表明,儿童或成人感染MP后,部分可出现喘息或呼吸困难症状,表现为阻塞性或限制性通气功能障碍^[15-19]。本研究中,46.8%的MP感染者出现了不同类型的肺功能障碍。MP通过黏附蛋白作用,黏附并侵入呼吸道上皮细胞,诱导对呼吸道上皮细胞的细胞毒性作用,这种细胞毒性会损伤呼吸道上皮细胞、破坏支气管黏膜屏障完整性并使黏膜纤毛清除机制受损^[20]。MP感染可诱导多种促炎细胞因子和趋化因子的释放,导致气道炎症和组织损伤^[21],还会引起宿主免疫反应失调,导致持续性气道炎症^[22]。上述过程可造成气管及细支气管管壁水肿、溃疡,严重者可有痰栓的形成和肺泡上皮的剥脱,从而影响大、小气道的功能。FEV₁/FVC和FEV₁/FVC%pred是判断气流阻塞的主要指标,该指标的下降提示气流阻塞的存在。本研究中,3组患者上述两项指标存在差异,说明MP感染者出现了通气功能下降。PEF反映大气道的功能,MMEF与小气道功能有关,两组MP感染者PEF、MMEF及两项指标占预计值的百分比均出现下降,说明MP感

染者大、小气道均受到影响。而支气管炎组与MPP组的MMEF%pred差异有统计学意义,且MPP组MMEF%pred<65%,说明MPP组患者小气道功能较支气管炎组受损更为严重。FEV₁%pred是肺通气功能障碍严重程度的分级指标,支气管炎组与MPP组患者的FEV₁%pred差异有统计学意义,MPP组下降更明显,说明MPP组患者出现了更为严重的通气功能障碍。以上结果均表明,MP感染可引起成人肺功能的下降,而MPP患者因气管及细支气管的黏液分泌及肺泡炎性渗出更明显,引起的通气功能损害更严重,小气道功能受损更为明显。

FeNO水平与气道炎症及气道高反应性密切相关。气道NO主要产生于上皮细胞,支气管哮喘儿童感染MP后可引起FeNO升高,诱发支气管哮喘急性发作^[23-24]。但有研究发现,未合并支气管哮喘患儿感染MP后,FeNO反而出现了下降^[25]。MP感染者FeNO的下降可能与MP感染导致呼吸道上皮细胞的破坏和细胞免疫的失衡从而影响NO的生成有关。本研究结果表明,MPP组FeNO和CaNO的水平较支气管炎组有所下降,但3组人群上述两项指标差异无统计学意义,这可能与成人和儿童免疫功能的不同有关,也可能是研究入组人数较少而引起的偏差。

本研究分析了MP感染患者血常规、CRP、肺功能及FeNO的变化,表明MP感染者无论是否出现肺部影像学改变肺功能均会出现下降,但MPP患者肺功能下降更显著,小气道功能受损更为明显,提示在临床工作中不能仅仅以患者的临床症状和影像学的改变评估MP感染患者的病情,要重视肺功能检查,注意监测肺功能的变化;而MP感染患者FeNO的变化则提示,在成人MP感染患者出现肺功能改变后,对于激素的使用需要进一步的研究验证^[26]。

本研究存在局限性。①所在医院为军队医院,年轻患者中男性较多,研究结论不能代表所有人群;②纳入的病例数量较少,有必要在进一步的研究中增加样本量。

参考文献:

- [1] Saraya T. *Mycoplasma pneumoniae* infection: basics[J]. J Gen Fam Med, 2017, 18(3): 118-125.
- [2] Jacobs E, Ehrhardt I, Dumke R. New insights in the outbreak pattern of *Mycoplasma pneumoniae*[J]. Int J Med Microbiol, 2015, 305(7): 705-708.
- [3] Ma JY, Guo PB, Mei SY, et al. Influence of COVID-19 pandemic on the epidemiology of *Mycoplasma pneumoniae* infections among hospitalized children in Henan, China [J]. Heliyon, 2023, 9(11): e22213. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e22213
- [4] Tahmasebi H, Babaeizad A, Mohammadlou M, et al. Re-emergence of *Mycoplasma pneumoniae* disease: pathogenesis and new approaches[J]. Microb Pathog, 2024, 196: 106944. doi:10.1016/j.micpath.2024.106944
- [5] 刘凯,付红敏,陆权. 儿童肺炎支原体肺炎的流行病学新进展[J]. 中华儿科杂志, 2024, 62(7): 696-699. LIU Kai, FU Hongmin, LU Quan. Advancement in epidemiology of *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia in children in China[J]. Chinese Journal of Pediatrics, 2024, 62(7): 696-699.
- [6] 刘玉英. 肺炎支原体感染的临床表现及其治疗的研究进展[J]. 抗感染药学, 2021, 18(6): 777-780. LIU Yuying. Clinical manifestations of *Mycoplasma pneumoniae* infection and its research progress of medication [J]. Anti-Infection Pharmacy, 2021, 18(6): 777-780.
- [7] 中华医学会呼吸病学分会感染学组. 成人肺炎支原体肺炎诊治专家共识[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2010, 33(9): 643-645.
- [8] 宋元林, 郑劲平, 金美玲. 常规肺功能检查基层指南(2018年)[J]. 中华全科医师杂志, 2019, 18(6): 511-518. SONG Yuanlin, ZHENG Jinping, JIN Meiling. Basic guidelines for routine pulmonary function examination (2018) [J]. Chinese Journal of General Practitioners, 2019, 18(6): 511-518.
- [9] 中国医药教育协会慢性气道疾病专业委员会, 中国哮喘联盟. 呼出气一氧化氮检测及其在气道疾病诊治中应用的中国专家共识[J]. 中华医学杂志, 2021, 101(38): 3092-3114.
- [10] LYU TG, Chen J, Li HF, et al. Influenza A virus continues to circulate among children in Linyi, northern China, after the relaxation of COVID-19 control measures[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 30164. doi:10.1038/s41598-024-81542-4
- [11] Tian SF, Chen YL, Su QR, et al. Pertussis clinical profile shift, severity, prediction in a tertiary hospital: a comparative study before, during, and after COVID-19 in Southern China[J]. J Infect Public Health, 2025, 18(1): 102610. doi:10.1016/j.jiph.2024.102610
- [12] Zhang YX, Li Y, Wang Y, et al. Prospective cohort study on the clinical significance of interferon- γ , D-dimer, LDH, and CRP tests in children with severe *Mycoplasma pneumoniae* [J]. Medicine, 2024, 103(41): e39665. doi:10.1097/MD.00000000000039665
- [13] Chen P, Huang Z, Chen LM, et al. The relationships between LncRNA NNT-AS1, CRP, PCT and their interactions and the refractory *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia in children [J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 2059. doi:10.1038/s41598-021-81853-w
- [14] Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR, et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests[J]. Eur Respir J, 2022, 60(1): 2101499. doi:10.1183/13993003.01499-2021
- [15] Li JL, Zhang H, Guo J, et al. Clinical features of *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia in children without fever [J]. BMC Pediatr, 2024, 24(1): 52. doi: 10.1186/s12887-023-04512-1
- [16] 张海军, 董晓蕾, 蔺萃, 等. 支原体肺炎患儿的肺功能改变特点及其危险因素分析[J]. 天津医药, 2019, 47(11): 1166-1169. ZHANG Haijun, DONG Xiaolei, LIN Cui, et al. Characteristics and risk factors of pulmonary function changes in children with *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia[J]. Tianjin Medical Journal, 2019, 47(11): 1166-1169.
- [17] 汤艳芬, 王宇, 刘刚, 等. 成年肺炎支原体肺炎患者的肺功能特点分析[J]. 实用心脑血管肺血管病杂志, 2017, 25(5): 72-75. TANG Yanfen, WANG Yu, LIU Gang, et al. Pulmonary function features of adult patients with *Mycoplasma pneumoniae* pneumonia[J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2017, 25(5): 72-75.
- [18] 姜岱山, 卞婷婷, 李山峰, 等. 成人肺炎支原体感染患者的临床特征及治疗研究[J]. 中国全科医学, 2016, 19(S1): 200-202. JIANG Daishan, BIAN Tingting, LI Shanfeng, et al. Clinical characteristics and treatment of adult patients with *Mycoplasma pneumoniae* infection [J]. Chinese General Practice, 2016, 19(S1): 200-202.
- [19] Metsälä R, Ala-Korpi S, Rannikko J, et al. *Mycoplasma pneumoniae* may cause dyspnoea and hospitalisations in young healthy adults [J]. Eur J Clin Microbiol Infect Dis, 2021, 40(7): 1427-1431.
- [20] Guo ZQ, Gu SY, Tian ZH, et al. A comprehensive review of *Mycoplasma pneumoniae* infection in chronic lung diseases: recent advances in understanding asthma, COPD, and bronchiectasis [J]. Front Med, 2024, 11: 1437731. doi:10.3389/fmed.2024.1437731