

DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20252608

· 论著 ·

## 医院候诊室感染性呼吸颗粒分布特征

张海霞,马建新,万博宇,艾丽艳,杨舒伊,李文静

(北京市朝阳区疾病预防控制中心环境卫生科,北京 100021)

**[摘要]** 目的 分析医院候诊室感染性呼吸颗粒(IRPs)分布特征,并探讨室内空气环境因素对细菌IRPs分布特征的影响。**方法** 2024年夏季和冬季选取北京市某区内三所三级医院9个非感染科室候诊室进行基本情况现场勘查,采用撞击法采集36份空气标本分析可培养细菌浓度及粒径分布;采用气旋法采集36份IRPs标本,使用荧光聚合酶链式反应(PCR)法分析呼吸道主要病原体。**结果** 夏季候诊室IRPs中细菌总数中位数为 $1\ 035\ CFU/m^3$ ,高于冬季(中位数为 $295\ CFU/m^3$ ),差异有统计学意义( $P<0.05$ )。夏季和冬季不同类型候诊室IRPs中细菌总数中位数均为急诊科候诊室<呼吸科候诊室<儿科候诊室<普通门诊候诊室,不同候诊室间细菌总数差异无统计学意义( $P>0.05$ )。夏季和冬季候诊室细菌IRPs粒径主要分布在 $<4.7\ \mu m$ ,占比分别为73.77%、69.44%。候诊室IRPs中细菌总数与室内空气温度、相对湿度、 $PM_{10}$ 和 $PM_{2.5}$ 均呈正相关(均 $P<0.01$ ),与室内风速呈负相关( $P<0.01$ )。夏季和冬季不同类型候诊室IRPs中呼吸道传染性和非传染性病原体检出种类不同。夏季检出病原体主要集中于呼吸道非传染性病原体(大肠埃希菌、肺炎克雷伯菌、金黄色葡萄球菌)。冬季有呼吸道传染性病原体(病毒和肺炎支原体)检出,且不同类型候诊室检出种类不同。冬季IRPs中检出呼吸道非传染性病原体主要集中在大肠埃希菌、肺炎克雷伯菌和金黄色葡萄球菌。**结论** 候诊室细菌IRPs粒径主要分布在 $<4.7\ \mu m$ ,可进入人体下呼吸道,对健康构成潜在风险。候诊室IRPs中检出呼吸道主要传染性和非传染性病原体,提示就诊者和医护人员存在一定的感染暴露风险。

**[关键词]** 候诊室; 感染性呼吸颗粒; 分布特征; 空气质量

**[中图分类号]** R181.3<sup>+</sup>4

## Distribution characteristics of infectious respiratory particles in hospital waiting rooms

ZHANG Haixia, MA Jianxin, WAN Boyu, AI Liyan, YANG Shuyi, LI Wenjing (Department of Environmental Health, Chaoyang District Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100021, China)

**[Abstract]** **Objective** To analyze the distribution characteristics of infectious respiratory particles (IRPs) in hospital waiting rooms, and explore the impact of indoor air environmental on the distribution characteristics of bacterial IRPs. **Methods** In the summer and winter of 2024, nine waiting rooms in non-infectious departments of three tertiary hospitals in a district of Beijing were selected for on-site investigation on basic conditions. Concentration and distribution of particle diameter of cultivable bacteria from 36 air specimens collected by the impacting method were analyzed. Cyclone method was employed to collect 36 IRPs specimens. Major respiratory pathogens were analyzed by fluorescence polymerase chain reaction (PCR). **Results** The median of the total bacterial count in IRPs in the waiting rooms in summer was  $1\ 035\ CFU/m^3$ , which was higher than that in winter ( $295\ CFU/m^3$ ), with statistically significant difference ( $P<0.05$ ). The orders of medians of the total bacterial count from IRPs of different types in the waiting rooms in both summer and winter were as follows: emergency department waiting room < respiratory department waiting room < pediatric waiting room < general outpatient waiting room. There was no sta-

[收稿日期] 2025-06-06

[作者简介] 张海霞(1984-),女(汉族),山西省介休市人,副主任医师,主要从事环境流行病学研究。

[通信作者] 李文静 E-mail: liwjcydc@163.com

tistically significant difference in the total bacterial count among different waiting rooms ( $P>0.05$ ). Particle diameter of bacterial IRPs in the waiting rooms in summer and winter mainly distributed in the range of  $<4.7\text{ }\mu\text{m}$ , accounting for 73.77% and 69.44%, respectively. The total number of bacteria in IRPs in the waiting rooms was positively correlated with indoor air temperature, relative humidity,  $\text{PM}_{10}$ , and  $\text{PM}_{2.5}$  (all  $P<0.01$ ), while negatively correlated with indoor wind speed (all  $P<0.01$ ). The types of respiratory infectious and non-infectious pathogens detected from IRPs in different types of waiting rooms were different between summer and winter. The pathogens detected in summer were mainly concentrated in respiratory non-infectious pathogens (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*). In winter, respiratory infectious pathogens (virus and *Mycoplasma pneumoniae*) were detected. The types of detected pathogens in different types of waiting rooms were different. Non-infectious respiratory pathogens detected from IRPs in winter were mainly *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Staphylococcus aureus*. **Conclusion** Particle diameter of bacterial IRPs in the waiting room is mainly  $<4.7\text{ }\mu\text{m}$ . These particles can enter the lower respiratory tract of human body, and pose potential risk to health. The detection of main infectious and non-infectious respiratory pathogens from IRPs in waiting rooms suggests risk of exposure to infection for patients and healthcare workers.

**[Key words]** waiting room; infectious respiratory particles; distribution characteristics; air quality

近年来,呼吸道传染病频繁暴发,给我国医疗卫生系统带来巨大挑战,目前仍面临传统和新发感染性疾病的双重威胁。2024年4月世界卫生组织(WHO)发布了《病原体空气传播建议术语的全球技术咨询报告》<sup>[1]</sup>,将包含感染病原体的各种大小的颗粒统一命名为“感染性呼吸颗粒(infectious respiratory particles, IRPs)”。IRPs 包括了之前按照颗粒直径大小区分的飞沫和气溶胶。IRPs 可通过感染者呼吸、说话、咳嗽或打喷嚏的方式,从其口腔和/或鼻腔排出,并随着呼出气流扩散至周围空气中,通过空气传播引发人类感染性疾病<sup>[1]</sup>。

医院候诊室是门诊的重要区域,属于特殊公共场所。该区域人群活动频繁,停留时间长,健康与非健康人群混杂,病种复杂,携带病原体多样,易造成交叉感染<sup>[2]</sup>。当就诊者持续接触环境中 IRPs 时,可能增加病原体感染和传播的风险。IRPs 中的致病成分主要包括具有活性或休眠的细菌和真菌(孢子),以及有活性的病毒。因此,医院候诊室空气微生物健康效应需引起重视。空气微生物的健康效应由其浓度、粒径和种类共同决定<sup>[3]</sup>。目前对空气微生物的风险评估主要基于浓度和粒径,而缺乏对其种类的研究。我国关于候诊室空气微生物的标准仅对空气细菌总数作出限制,未涉及具体病原体。这可能使风险评估结果出现偏倚,如 IRPs 中检测到的细菌浓度虽低,但若检出致病菌,则健康风险更高。因此,研究 IRPs 中的致病微生物可以更加全面地评估其对人体健康的影响。我国医院环境空气中 IRPs 浓度定量测量和呼吸道传染性与非传染性病原体的监测研究较少,特别是候诊室相关的报道。

本研究对北京市某区三所三级医院候诊室进行基本情况现场勘查,分析候诊室 IRPs 分布特征,探讨室内空气环境因素对细菌 IRPs 分布特征的影响,为医院加强候诊室室内空气质量管理和呼吸道传染病早期预警提供数据依据,并建立候诊室空气基线数据,为卫生行政部门建立候诊室相关空气标准提供科学依据。

## 1 对象与方法

### 1.1 调查对象

采用便利抽样法抽取北京市某区内三所三级医院 9 个非感染性科室的候诊室/区,包括 3 个呼吸内科候诊室、2 个儿科候诊室、1 个急诊候诊室、3 个非呼吸道疾病的普通门诊候诊室,于 2024 年夏季(即呼吸道疾病平峰期)和冬季(即呼吸道疾病高峰期)分别对每个候诊室进行基本情况现场勘查。每个候诊室设置 2 个检测点,采用撞击法采集 36 份细菌 IRPs 标本检测其中细菌总数;采用气旋法采集 36 份 IRPs 标本检测呼吸道主要病原体,并对空气环境因素进行检测。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 候诊室基本情况现场勘查及质量控制

候诊室现场勘查内容包括:室内布局、通风方式(通过门、窗自然通风或通过机械通风设备通风)、集中空调系统的类型及风口设置、空气净化设备和空气消毒设备的设置及使用情况等,并统计每个候诊室人员密度和个人防护情况。通过对候诊室的现场勘查,建立候诊室基本情况数据库,识别出空气流通区域与潜在的流通暗区,进行采样检测。质量控制措

施包括:(1)现场勘查前进行预调查,制定完善的调查问卷;(2)现场调查时与医院工程部负责人逐一对候诊室基本情况勘查并核实,确保调查内容的准确性。

**1.2.2 相关指标的定义** IRPs: 感染者在呼吸、说话、咳嗽或打喷嚏等情况下,向周围空气中排出的包含有感染病原体的各种大小(直径从微米到毫米)的颗粒。细菌 IRPs: 感染者在呼吸、说话、咳嗽或打喷嚏等情况下,向周围空气中排出的包含有细菌的各种大小的颗粒。

**1.2.3 候诊室细菌 IRPs 检测** 使用 Anderson 六级空气微生物采样器(型号 BY-300)对医院候诊室细菌 IRPs 进行采样检测。该采样器分为 6 级,模拟人体呼吸道结构和空气动力学特点,从 I 级至 VI 级孔径和有效截留粒径逐级减小,通过惯性撞击将空气中不同粒径大小的微生物粒子分别捕获在相应固体培养基上<sup>[4]</sup>。6 个级别的空气动力学切割尺寸直径分别为>7.0 μm(I 级)、4.7~7.0 μm(II 级)、3.3~4.7 μm(III 级)、2.1~3.3 μm(IV 级)、1.1~2.1 μm(V 级)和 0.65~1.1 μm(VI 级)。采样平皿为无菌条件下制作的 90 mm 培养皿中加入 25 mL 营养琼脂培养基,IRPs 撞击距离为 2~3 mm。采样

高度为人呼吸带(儿科诊室采样高度为 0.8 m,其他诊室采样高度为 1.2 m)。采样流量为 28.3 L/min,时长为 5 min。每次采样前后,均使用 75% 的医用乙醇对 Anderson 六级空气微生物采样器进行擦拭消毒。采样完成后,立即将营养琼脂培养基送实验室分离培养检测细菌总数。依据 GB/T 18204.3—2014《公共场所卫生标准检验方法 第 3 部分 空气微生物》<sup>[5]</sup> 检测细菌总数。细菌 IRPs 粒径分布以各级菌落数占六级菌落数的百分比表示。

**1.2.4 候诊室 IRPs 中呼吸道主要传染性和非传染性病原体的检测** 使用朗司生物气溶胶采样器对候诊室进行 IRPs 标本采集,采样高度为人呼吸带。采样流量为 300 L/min,采样时长为 10 min。采用实时荧光聚合酶链式反应(PCR)法,使用呼吸道病原体核酸多重联检试剂盒(北京卓诚惠生生物科技股份有限公司)对选取的 27 种呼吸道主要传染性和非传染性病原体进行检测,见表 1。每次试验均设立阴、阳性对照,阴性对照无扩增曲线且阳性对照各管对应的检测通道均有 S 型扩增曲线,试验成立,否则试验结果无效。

表 1 27 种呼吸道主要传染性和非传染性病原体目录<sup>[6-7]</sup>

Table 1 List of 27 major infectious and non-infectious pathogens in the respiratory tract<sup>[6-7]</sup>

类型	呼吸道传染性病原体	呼吸道非传染性病原体
病毒	甲型流感病毒通用型、甲 3 流感病毒、新甲型 H1N1 流感病毒、乙型流感通用型病毒、乙型流感病毒 V 型、新型冠状病毒 N 基因、新型冠状病毒 ORF1ab 基因、冠状病毒 NL63 型、冠状病毒 OC43 型、冠状病毒 229E 型、呼吸道合胞病毒、人鼻病毒、副流感病毒 2 型、副流感病毒 3 型、腺病毒、人博卡病毒、人偏肺病毒	-
细菌	化脓性链球菌、嗜肺军团菌、流感嗜血杆菌	肺炎克雷伯菌、肺炎链球菌、大肠埃希菌、金黄色葡萄球菌
真菌	-	曲霉
非典型病原体	肺炎支原体、肺炎衣原体	-

注: - 表示不存在所述情况。

**1.2.5 候诊室环境数据检测** 对候诊室进行空气采样的同时对相关空气指标(温度、相对湿度、室内风速、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、CO<sub>2</sub>)进行现场检测。相关空气指标依据 GB/T 18204.1—2013《公共场所卫生标准检验方法 第 1 部分 物理因素》<sup>[8]</sup> 和 GB/T 18204.2—2014《公共场所卫生标准检验方法 第 2 部分 化学因素》<sup>[9]</sup> 进行现场检测。

**1.3 统计学分析** 检测数据应用 SPSS 29.0 统计软件进行分析。候诊室 IRPs 中细菌总数经 Shapiro-Wilk 检验确认为非正态分布( $W = 0.733, P <$

0.05),故采用 Mann-Whitney U 检验比较季节差异(双尾检验),Kruskal-Wallis H 检验分析科室差异,辅以 Dunn's 事后检验。候诊室 IRPs 中细菌总数与环境因素相关性采用 Spearman 相关分析。应用 GraphPad Prism 5 绘图软件和 SPSS 29.0 软件进行绘图。以  $P \leq 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 候诊室现场勘查基本情况 9 个候诊室均主

要通过集中空调通风系统通风换气,均使用初效或中效过滤器对送回风进行净化,并定期更换过滤器,均未设置空气消毒装置。5个候诊室带有外窗,夏季检测时外窗均处于开启状态,辅助使用自然通风;

冬季检测时外窗均处于关闭状态。夏季对室内空气温度的调节,4个候诊室同时使用集中空调通风系统和多联机,其余候诊室均仅使用集中空调通风系统。见表2。

表 2 2024 年夏季和冬季医院候诊室现场勘查基本情况

Table 2 Basic condition of on-site investigation of hospital waiting rooms in summer and winter, 2024

监测医院	监测候诊室	夏季						冬季					
		室内温度(℃)	相对湿度(%)	室内温度调节装置	外窗设置情况	平均候诊人数	室内温度(℃)	相对湿度(%)	室内温度调节装置	外窗设置情况	平均候诊人数		
A 医院	呼吸内科	25.9	67.3	集中空调通风系统和多联机	有,开启	36	21.4	25.2	集中空调通风系统	有,关闭	33		
	儿科	25.3	60.2	集中空调通风系统和多联机	有,开启	84	22.3	28.8	集中空调通风系统	有,关闭	85		
	普通门诊	25.4	70.8	集中空调通风系统和多联机	有,开启	61	22.6	28.1	集中空调通风系统	有,关闭	23		
B 医院	呼吸内科	24.6	61.3	集中空调通风系统	无	11	25.7	23.5	集中空调通风系统	无	24		
	急诊	25.3	58.2	集中空调通风系统和多联机	无	20	23.6	21.7	集中空调通风系统	无	21		
	普通门诊	26.5	60.8	集中空调通风系统	无	54	22.1	19.4	集中空调通风系统	无	30		
C 医院	呼吸内科	25.5	64.6	集中空调通风系统	有,开启	59	21.7	23.0	集中空调通风系统	有,关闭	85		
	儿科	27.1	54.3	集中空调通风系统	无	15	22.1	24.2	集中空调通风系统	无	28		
	普通门诊	26.4	60.3	集中空调通风系统	有,开启	51	23.7	21.6	集中空调通风系统	有,关闭	40		

2.2 2024年夏季和冬季医院候诊室IRPs中细菌总数分布 2024年夏季和冬季候诊室IRPs中细菌总数分别为1 035(450,2 325)CFU/m<sup>3</sup>、

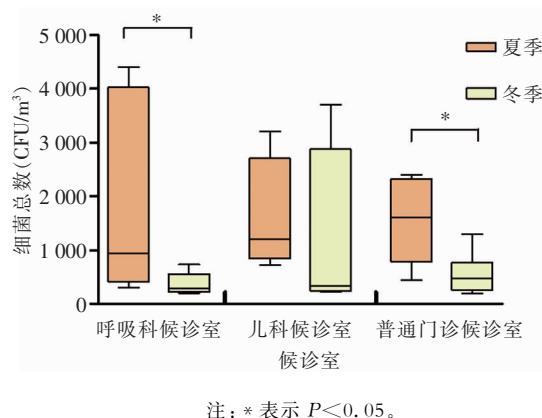
295(223,538)CFU/m<sup>3</sup>。Mann-Whitney秩和检验显示,夏季候诊室IRPs中细菌总数中位数高于冬季( $Z = -3.260, P = 0.001$ )。见表3。

表 3 2024 年夏季和冬季不同类型候诊室 IRPs 中细菌总数分布情况(CFU/m<sup>3</sup>)Table 3 Distribution of total bacterial count in IRPs in different types of waiting rooms in summer and winter, 2024 (CFU/m<sup>3</sup>)

季节	候诊室类别	最小值	P <sub>25</sub>	M	P <sub>75</sub>	最大值	H	P
夏季	呼吸科	300	413	945	4 025	4 400	4.647	0.200
	儿科	720	840	1 200	2 700	3 200		
	普通门诊	450	788	1 600	2 325	2 400		
	急诊科	260	-	315	-	370		
	合计	260	450	1 035	2 325	4 400		
冬季	呼吸科	200	223	280	550	730	5.740	0.125
	儿科	230	243	340	2 875	3 700		
	普通门诊	200	260	475	768	1 300		
	急诊科	170	-	180	-	190		
	合计	170	223	295	538	3 700		

注:-表示由于急诊科仅设置两个监测点,故不存在P<sub>25</sub>、P<sub>75</sub>值。

2024 年夏季和冬季不同类型候诊室 IRPs 中细菌总数中位数均为急诊科候诊室<呼吸科候诊室<儿科候诊室<普通门诊候诊室。Kruskal-Wallis H 秩和检验显示,不同类型候诊室 IRPs 中细菌总数夏季( $H = 4.647$ )和冬季( $H = 5.740$ )差异均无统计学意义(均  $P > 0.05$ )。见表 3。呼吸科候诊室、普通门诊候诊室夏季 IRPs 中细菌总数中位数均高于冬季,差异均有统计学意义(均  $Z = -2.082$ , 均  $P < 0.05$ );儿科候诊室夏季、冬季 IRPs 中细菌总数中位数差异无统计学意义( $Z = -1.162$ ,  $P > 0.05$ )。见图 1。



注: \* 表示  $P < 0.05$ 。

图 1 2024 年夏季和冬季不同类型候诊室 IRPs 中细菌总数分布比较

**Figure 1** Comparison of distribution of total bacterial count in IRPs in different types of waiting rooms in summer and winter, 2024

2.3 2024 年夏季和冬季候诊室细菌 IRPs 粒径分布 2024 年夏季和冬季候诊室细菌 IRPs 粒径主要分布在第Ⅲ~Ⅵ级( $<4.7 \mu\text{m}$ ),占比分别为 73.77%、69.44%。夏季和冬季候诊室细菌 IRPs 粒径 $<2.1 \mu\text{m}$ (V、VI 级)的占比分别为 36.44%、34.08%。见图 2。

呼吸科候诊室、儿科候诊室、普通门诊候诊室和急诊科候诊室夏季和冬季细菌 IRPs 主要分布在第Ⅲ~Ⅵ级( $<4.7 \mu\text{m}$ ),占比分别为 70.79%~76.14%、64.91%~80.39%。夏季候诊室粒径 $<2.1 \mu\text{m}$ (V、VI 级)范围内的细菌 IRPs 占比依次为:普通门诊候诊室>急诊科候诊室>儿科候诊室>呼吸科候诊室。冬季候诊室粒径 $<2.1 \mu\text{m}$ (V、VI 级)范围内的细菌 IRPs 占比依次为:儿科候诊室>急诊科候诊室>呼吸科候诊室>普通门诊候诊室。普通门诊候诊室夏季、冬季粒径 $<2.1 \mu\text{m}$ (V、VI 级)的细菌 IRPs 占比分别为 50.21%、30.17%。儿科

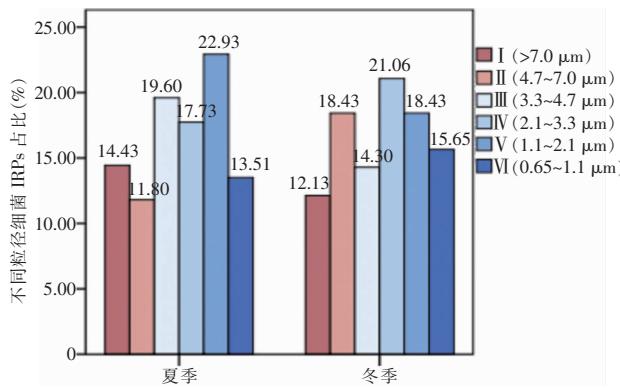


图 2 2024 年夏季和冬季候诊室不同粒径细菌 IRPs 分布

**Figure 2** Distribution of bacterial IRPs of different particle diameters in the waiting rooms in summer and winter, 2024

候诊室夏季、冬季粒径 $<2.1 \mu\text{m}$ (V、VI 级)范围内的细菌 IRPs 占比分别为 38.85%、37.09%。见图 3。

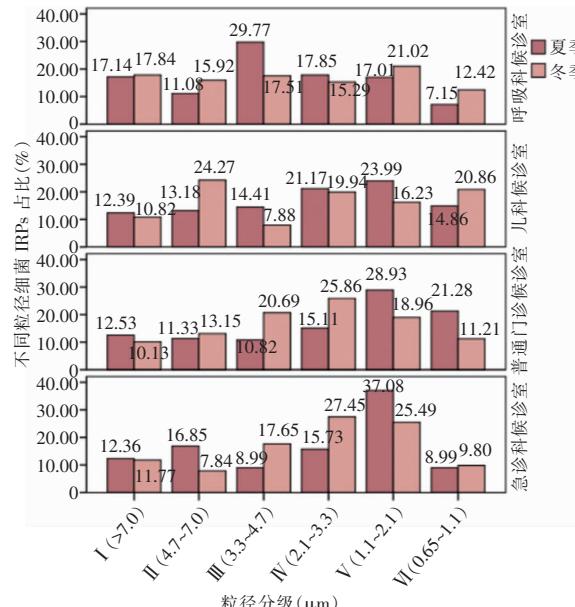


图 3 夏季和冬季不同类型候诊室不同粒径细菌 IRPs 分布

**Figure 3** Distribution of bacterial IRPs of different particle diameters in different types of waiting rooms in summer and winter

## 2.4 候诊室 IRPs 中细菌总数与环境因素相关性分析

2.4.1 候诊室环境空气检测结果 候诊室均使用集中空调系统调节温湿度。冬季候诊室相对湿度较低,为 23.0% (21.1%, 27.2%)。夏季候诊室  $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$  浓度分别为 0.037 (0.014, 0.046)、

0.029(0.011, 0.040) mg/m<sup>3</sup>, 冬季分别为 0.013(0.010, 0.019)、0.007(0.006, 0.011) mg/m<sup>3</sup>。见表 4。

**2.4.2 候诊室 IRPs 中细菌总数与环境因素相关性分析** Spearman 相关分析显示, 候诊室 IRPs 中

细菌总数与室内空气温度( $r = 0.481$ )、相对湿度( $r = 0.643$ )、PM<sub>10</sub>( $r = 0.533$ ) 和 PM<sub>2.5</sub>( $r = 0.576$ ) 呈正相关(均  $P < 0.05$ ), 与室内风速呈负相关( $r = -0.438, P = 0.007$ ), 与 CO<sub>2</sub> 无相关性( $r = -0.087, P = 0.614$ )。

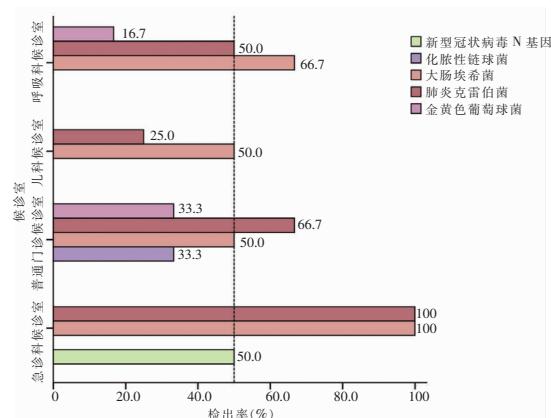
**表 4 2024 年夏季和冬季候诊室环境空气检测结果**

**Table 4** Detection results of air in waiting rooms in summer and winter, 2024

环境因素	季节	最小值	$P_{25}$	M	$P_{75}$	最大值
空气温度(℃)	夏	24.4	25.2	25.6	26.5	27.5
	冬	20.8	21.9	22.4	23.5	26.0
相对湿度(%)	夏	50.9	58.4	60.9	65.4	71.2
	冬	18.9	21.1	23.0	27.2	30.3
室内风速(m/s)	夏	0.02	0.03	0.12	0.13	0.13
	冬	0.12	0.13	0.15	0.19	0.29
PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	夏	0.008	0.014	0.037	0.046	0.454
	冬	0.007	0.010	0.013	0.019	0.026
PM <sub>2.5</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	夏	0.006	0.011	0.029	0.040	0.399
	冬	0.004	0.006	0.007	0.011	0.021
CO <sub>2</sub> (%)	夏	0.072	0.089	0.101	0.121	0.133
	冬	0.049	0.079	0.094	0.130	0.176

**2.5 2024 年夏季和冬季候诊室 IRPs 中呼吸道病原体检测结果** 不同类型候诊室夏季(即呼吸道疾病平峰期)和冬季(即呼吸道疾病高峰期)IRPs 中呼吸道传染性和非传染性病原体检出种类不同。夏季仅在急诊科候诊室 IRPs 中检出新型冠状病毒 N 基因, 其它诊室 IRPs 中未检出呼吸道传染性病毒。见图 4。夏季不同类型候诊室 IRPs 检出集中于呼吸道主要非传染性病原体(大肠埃希菌、肺炎克雷伯菌、金黄色葡萄球菌);4 个类型候诊室均有肺炎克雷伯菌检出, 其中, 急诊科候诊室检出率最高(100%), 其次为普通门诊候诊室(66.7%, 4/6)和呼吸科候诊室(50.0%, 3/6), 儿科候诊室检出率最低(25.0%, 1/4);仅普通门诊候诊室 IRPs 中检出呼吸道传染性细菌(化脓性链球菌), 检出率为 33.3%;不同类型候诊室 IRPs 中未检出肺炎支原体和曲霉。

冬季不同类型候诊室 IRPs 中呼吸道传染性病原体检出种类不同, 其中呼吸科候诊室检出最多, 包括 5 种病毒和 1 种非典型病原体(肺炎支原体);儿科候诊室检出 1 种病毒(新型冠状病毒 ORF1ab 基因)和 1 种非典型病原体(肺炎支原体);呼吸科候诊室检出甲 3 流感病毒、新型冠状病毒 N 基因、人鼻病毒、腺病毒和人偏肺病毒, 检出率均为 16.7%。



**图 4 夏季不同类型候诊室 IRPs 中呼吸道病原体检出结果**

**Figure 4** Detection results of respiratory pathogens from IRPs in different types of waiting rooms in summer

呼吸科候诊室和儿科候诊室 IRPs 中肺炎支原体检出率较高, 均为 50.0%。冬季不同类型候诊室 IRPs 中呼吸道主要非传染性病原体检出主要集中在大肠埃希菌、肺炎克雷伯菌和金黄色葡萄球菌。4 个类型候诊室均有肺炎克雷伯菌检出, 其中呼吸内科候诊室检出率最高(83.3%, 5/6), 其次为普通门诊候诊室(66.7%, 4/6)和急诊科候诊室(50.0%, 1/2), 儿科候诊室检出率最低(25.0%, 1/4)。IRPs 中肺

炎链球菌仅在冬季呼吸科候诊室和儿科候诊室检出, 检出率分别为 33.3%、25.0%。IRPs 中曲霉仅

在冬季普通门诊候诊室和急诊候诊室检出, 检出率分别为 16.7%、100%。见图 5。

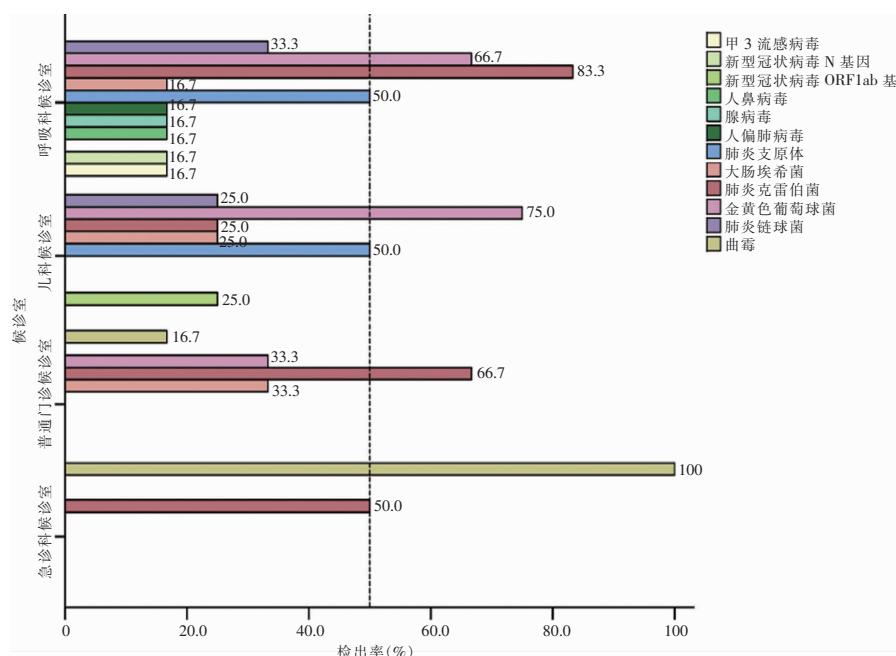


图 5 冬季不同类型候诊室 IRPs 中呼吸道病原体检出情况

**Figure 5** Detection of respiratory pathogens from IRPs in different types of waiting rooms in winter

### 3 讨 论

本研究发现, 冬季候诊室两个检测点 IRPs 中细菌总数远高于其它检测点, 这可能与候诊室区域无新风口有关。新风来自候诊区域两侧就诊室, 导致候诊区域新风量有限, 且候诊人数较多, 使 IRPs 中细菌总数增高。建议医院在候诊室空气滞留区域安装空气净化设备。夏季候诊室 IRPs 中细菌总数指标合格率低于冬季。夏季候诊室 IRPs 中细菌总数中位数为  $1\ 035\ CFU/m^3$ , 高于冬季 ( $295\ CFU/m^3$ ) , 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。分析候诊室 IRPs 中细菌总数与环境因素相关性发现, 候诊室 IRPs 中细菌总数与室内空气温度、相对湿度、 $PM_{10}$  和  $PM_{2.5}$  呈正相关, 与室内风速呈负相关。细菌存活受室内温度和相对湿度影响。相对湿度可以间接影响 IRPs 中细菌的生长, 过高时有利于室内空气中细菌的生长繁殖, 尤其是当相对湿度  $>65\%$  时, 细菌等微生物繁殖较快, 病原菌传染概率增加<sup>[10]</sup>。本研究中, 夏季候诊室相对湿度为 60.9% (58.4%, 65.4%) , 远高于冬季 [23.0% (21.1%, 27.2%)] , 有利于细菌生长繁殖, 从而导致污染加剧。因此, 建议加强对候

诊室相对湿度的监测和调节, 保持相对湿度为 40%~65%, 最大限度地减少细菌等微生物经空气传播的能力。

细菌气溶胶在人体呼吸道中沉积部位不同, 对人体健康的危害也不同<sup>[11]</sup>, 且与其粒径大小(即空气动力学直径)直接相关。 $<2\ \mu m$  的颗粒在肺泡中滞留量最大。Anderson 六级空气微生物采样器模拟呼吸道的构造, I 级和 II 级细菌 IRPs 多沉积在上呼吸道(口腔、鼻腔、咽部)。III 级、IV 级和 V 级细菌 IRPs 可进入人体下呼吸道气管与主支气管、次级支气管和终末支气管, 并输送到肺, VI 级细菌 IRPs 能直接进入肺泡或更深的部位<sup>[4]</sup>。Kim 等<sup>[12]</sup>指出, 空气中第 III~VI 级细菌吸入并沉积在肺部时, 可导致免疫功能低下人群患呼吸系统疾病。本研究发现, 2024 年夏季和冬季候诊室细菌 IRPs 粒径分布主要为第 III~VI 级, 提示候诊室细菌 IRPs 主要进入人体下呼吸道, 并对健康构成潜在风险, 与王智<sup>[13]</sup>研究结果一致。夏季和冬季候诊室粒径为  $<2.1\ \mu m$  (V 和 VI 级) 细菌 IRPs 占比分别为 36.44%、34.08%。夏季该粒径细菌 IRPs 在普通门诊候诊室占比最高, 可达 50.21%; 冬季为儿科候诊室占比最高, 为 37.09%, 提示候诊室细菌 IRPs 更容易深入呼吸道

并沉积在肺泡中,增加患肺部疾病的风险。

引起呼吸道感染的主要病原体包括病毒、细菌、真菌、非典型病原体<sup>[14]</sup>。本研究发现,不同类型候诊室夏、冬季 IRPs 中呼吸传染病原体检出种类不同。夏季,急诊科候诊室 IRPs 中检出新型冠状病毒 N 基因,普通门诊候诊室 IRPs 中检出化脓性链球菌,其他诊室未检出呼吸传染病原体。冬季,呼吸内科候诊室和儿科候诊室均检出传染性病毒和肺炎支原体,其中呼吸内科候诊室检出最多(5 种病毒),其他诊室 IRPs 中未检出呼吸传染病原体。候诊室 IRPs 中检出呼吸传染病原体,提示候诊过程中存在感染风险。冬季呼吸内科候诊室和儿科候诊室候诊人数多,等候时间长,且儿科陪诊家长较多,监测时段内约 50% 的候诊人员佩戴一次性口罩。Beggs 等<sup>[15]</sup>发现,候诊时间从 30 min 增加到 60 min 时,感染流感的风险增加为原来的 2.5 倍。口罩能减少感染呼吸道病原体患者呼气中的活病毒向环境释放,也可保护健康人员不受感染<sup>[16]</sup>。因此,建议医院优化诊疗流程,缩短就诊时间,加强对就诊者的健康宣教,做好个人防护,降低感染风险。

本研究发现,不同类型候诊室夏季和冬季 IRPs 中检出的呼吸道非传染性病原体主要为大肠埃希菌、肺炎克雷伯菌、金黄色葡萄球菌,均为可引起不同程度呼吸系统感染的条件致病菌。肺炎克雷伯菌在夏季和冬季呼吸科、儿科、普通门诊和急诊科候诊室均有检出,检出率可达 100%。肺炎克雷伯菌是常见的条件致病菌,可引起社区及医院获得性感染,导致肺炎、泌尿系统感染等疾病。中国细菌耐药监测网([www.chinets.com](http://www.chinets.com))发布的《2024 年全年全国细菌耐药监测结果》<sup>[17]</sup>显示,临床分离菌种的前 3 位依次为大肠埃希菌、肺炎克雷伯菌、金黄色葡萄球菌。本研究结果与其一致。因此,需关注候诊室 IRPs 中检出的呼吸道非传染性病原体的耐药性监测,检测 IRPs 中细菌是否为耐药菌及其含量。

综上所述,候诊室空气质量对就诊者和医护人员健康至关重要。候诊室细菌 IRPs 粒径主要 <4.7 μm,可进入人体下呼吸道,带来潜在健康风险。检测到候诊室 IRPs 中含有呼吸道主要传染性和非传染性病原体,提示就诊者和医护人员存在一定的暴露感染风险。本研究存在一定局限性,由于采样周期较短且样本量有限,未能全面考虑影响候诊室 IRPs 的因素。因此,后续研究应扩大采样范围(包括不同区域、季节及人流量时段),以便全面掌握医

院候诊室 IRPs 分布的动态变化,为医院控制候诊室空气微生物污染和空气质量管理提供数据依据。

**利益冲突:**所有作者均声明不存在利益冲突。

## [参考文献]

- [1] World Health Organization. Global technical consultation report on proposed terminology for pathogens that transmit through the air[EB/OL]. (2024-04-18)[2025-04-15]. <https://www.who.int/publications/m/item/global-technical-consultation-report-on-proposed-terminology-for-pathogens-that-transmit-through-the-air>.
- [2] 周超群, 沈月, 李真, 等. 医疗机构微生物气溶胶传播及健康风险分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2018, 28(5): 790-794.  
Zhou CQ, Shen Y, Li Z, et al. Transmission and health risk analysis of microbial aerosol in medical institutions[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2018, 28(5): 790-794.
- [3] 郭康旗. 室内空气微生物的健康效应及影响因素分析——以南京为例[D]. 南京: 东南大学, 2021.  
Guo KQ. Indoor airborne microbial health effects and influencing factors—a case study of Nanjing[D]. Nanjing: Southeast University, 2021.
- [4] 雒月云, 毛怡心, 庄思琪, 等. 北京市不同季节室外细菌气溶胶分布特征及其环境影响因素分析[J]. 环境科学研究, 2022, 35(2): 556-565.  
Luo YY, Mao YX, Zhuang SQ, et al. Seasonal distribution characteristics of bacterial aerosols and their correlations with environmental factors in Beijing, China[J]. Research of Environmental Sciences, 2022, 35(2): 556-565.
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国标准化管理委员会. 公共场所卫生检验方法 第 3 部分: 空气微生物: GB/T 18204.3—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Examination methods for public places—part 3: airborne microorganism: GB/T 18204.3-2013[S]. Beijing: Standards Press of China, 2013.
- [6] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 国家卫生健康委关于印发人间传染的病原微生物目录的通知: 国卫科教发〔2023〕24 号[EB/OL]. (2023-08-28)[2024-12-01]. <https://www.nhc.gov.cn/qjjys/c100016/202308/57f94fa7e121475ab87ff0ea14a92f6c.shtml>. National Health Commission of the People's Republic of China. Notice from the National Health Commission on issuing the catalogue of pathogenic microorganisms for human to human transmission: national health science and education development [2023] No. 24[EB/OL]. (2023-08-28)[2024-12-01]. <https://www.nhc.gov.cn/qjjys/c100016/202308/57f94fa7e121475ab87ff0ea14a92f6c.shtml>

- fa7e121475ab87ff0ea14a92f6c.shtml.
- [7] 李兰娟, 李刚. 感染病学[M]. 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 2014.  
Li LJ, Li G. Infectious diseases[M]. 2nd ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2014.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国标准化管理委员会. 公共场所卫生检验方法 第 1 部分: 物理因素: GB/T 18204. 1—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Examination methods for public places—part 1: physical parameters: GB/T 18204. 1—2013[S]. Beijing: Standards Press of China, 2013.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国标准化管理委员会. 公共场所卫生检验方法 第 2 部分: 化学污染物: GB/T 18204. 2—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Examination methods for public places—part 2: chemical pollutants: GB/T 18204. 2—2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2014.
- [10] 姚孝元, 程义斌. 公共场所卫生系列标准实施指南[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2022.  
Yao XY, Cheng YB. Implementation guide for the public place hygiene standards series[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2022.
- [11] Jones AM, Harrison RM. The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations – a review[J]. Sci Total Environ, 2004, 326(1–3): 151–180.
- [12] Kim KY, Kim YS, Kim D. Distribution characteristics of airborne bacteria and fungi in the general hospitals of Korea[J]. Ind Health, 2010, 48(2): 236–243.
- [13] 王智. 不同功能建筑室内微生物浓度水平及相关参数影响研究[D]. 北京: 北京建筑大学, 2019.  
Wang Z. Study on influence of indoor microbial concentration level and related parameters in different functional buildings [D]. Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2019.
- [14] 中国医院协会临床微生物实验室专业委员会. 新发突发呼吸道传染性病原微生物分级检测专家共识(2024)[J]. 协和医学杂志, 2025, 16(1): 109–124.  
Chinese Hospital Association Clinical Microbiology Laboratory Specialized Committee. Expert consensus on tiered detection of newly emerging and outbreak respiratory infectious pathogens (2024)[J]. Medical Journal of Peking Union Medical College Hospital, 2025, 16(1): 109–124.
- [15] Beggs CB, Shepherd SJ, Kerr KG. Potential for airborne transmission of infection in the waiting areas of healthcare premises: stochastic analysis using a Monte Carlo model[J]. BMC Infect Dis, 2010, 10: 247.
- [16] Hu J, Lei CF, Chen Z, et al. Distribution of airborne SARS-CoV-2 and possible aerosol transmission in Wuhan hospitals, China[J]. Natl Sci Rev, 2020, 7(12): 1865–1867.
- [17] 丁丽, 郭燕, 吴湜, 等. CHINET2024 年细菌耐药监测结果 (2024 年 1—12 月) [EB/OL]. [2025—04—14]. <https://www.chinets.com/Content/File/CHINET 2024 年全年细菌耐药监测结果.pptx>.
- Ding L, Guo Y, Wu S, et al. CHINET 2024 bacterial resistance monitoring results (January December 2024) [2025—04—14]. <https://www.chinets.com/Content/File/CHINET2024 年全年细菌耐药监测结果.pptx>.

(本文编辑:翟若南)

**本文引用格式:**张海霞,马建新,万博宇,等.医院候诊室感染性呼吸颗粒分布特征[J].中国感染控制杂志,2025,24(10):1443–1451. DOI:10.12138/j.issn.1671–9638.20252608.

**Cite this article as:** ZHANG Haixia, MA Jianxin, WAN Boyu, et al. Distribution characteristics of infectious respiratory particles in hospital waiting rooms[J]. Chin J Infect Control, 2025, 24(10): 1443–1451. DOI: 10.12138/j.issn.1671–9638.20252608.