

# 2020—2021 年新冠感染疫情期间烟台市公共场所集中空调通风系统卫生状况调查

于桂梅, 李芸, 于涛, 王松松, 丛静, 于树涛, 陈富讯, 阎西革

烟台市疾病预防控制中心, 山东 烟台 264003

**摘要:** **目的** 监测评估 2020—2021 年新冠感染疫情期间烟台市公共场所集中空调通风系统卫生状况。 **方法** 2020—2021 年对 116 家具有集中空调通风系统的公共场所进行了检测, 检测项目包括集中空调送风细菌总数、真菌总数、 $\beta$  溶血性链球菌, 风管内表面细菌总数、真菌总数和新冠病毒, 冷却水和冷凝水中的嗜肺军团菌等项目。 **结果** 2020—2021 年两年间公共场所集中空调通风系统检测的合格率分别为 39.0% (30/77)、56.4% (22/39), 差异无统计学意义 ( $\chi^2 = 3.187$ ,  $P = 0.074$ ); 不同场所的合格率差异有统计学意义 ( $\chi^2 = 11.86$ ,  $P < 0.05$ ), 其中商场的合格率最高 (65.0%), 而娱乐场所和医院合格率较低, 分别为 0.0%、33.3%; 送风和风管内表面的检测样品中均未检出  $\beta$  溶血性链球菌和新冠病毒。空调送风中细菌总数的检测合格率相对较高, 为 98.2%, 风管内表面细菌总数和真菌总数合格率比较低, 分别为 65.5% 和 71.6%。 **结论** 应加强公共场所集中空调通风系统清洗消毒的监管力度, 消除集中空调卫生安全隐患。

**关键词:** 新型冠状病毒感染; 公共场所; 集中空调通风系统; 细菌总数; 真菌总数

中图分类号: R563.1<sup>+</sup>4 文献标识码: A 文章编号: 1006-3110(2023)03-0287-04 DOI: 10.3969/j.issn.1006-3110.2023.03.008

## Hygienic status of centralized air conditioning and ventilation systems in public places in Yantai City during the SARS-CoV-2 infection epidemic period of 2020–2021

YU Gui-mei, LI Yun, YU Tao, WANG Song-song, CONG Jing, YU Shu-tao, CHEN Fu-xun, YAN Xi-ge

Yantai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Yantai, Shandong 264003, China

Corresponding author: YAN Xi-ge, E-mail: yjkgwk@yt.shandong.cn

**Abstract:** **Objective** To monitor and evaluate the sanitary status of centralized air conditioning and ventilation systems in public places in Yantai City during the SARS-CoV-2 infection epidemic from 2020 to 2021. **Methods** In 2020–2021, 116 public places with centralized air conditioning and ventilation systems were monitored, and the test items included the total number of bacteria, the total number of fungi and *Streptococcus hemolyticus* in blowing air of centralized air conditioners, the total number of

**基金项目:** 烟台市科技计划项目 (2021YD089); 2017 年度山东省医药卫生科技发展计划项目 (2017WS570)

**作者简介:** 于桂梅 (1970–), 女, 本科, 主任医师, 研究方向: 环境卫生。

**通信作者:** 阎西革, E-mail: yjkgwk@yt.shandong.cn。

- [1] Dereje N. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990–2019; a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 [J]. Lancet, 2020, 396 (10258): 1204–1222.
- [2] 石远凯, 孙燕, 刘彤华. 中国恶性淋巴瘤诊疗规范 (2015 年版) [J]. 中华肿瘤杂志, 2015, 37 (2): 148–158.
- [3] 庾吉好, 张敏, 郑荣寿, 等. 2015 年中国恶性淋巴瘤发病与死亡分析 [J]. 中国肿瘤, 2021, 30 (1): 35–40.
- [4] Liu W, Liu J, Song Y, et al. Burden of lymphoma in China, 2006–2016; an analysis of the Global Burden of Disease Study 2016 [J]. J Hematol Oncol, 2019, 12 (1): 1–9.
- [5] 王芳旭, 陶立波, 董咚, 等. 中国霍奇金淋巴瘤患者疾病负担调查—基于一项在线问卷调查的研究 [J]. 中国医疗保险, 2020, (1): 60–64.
- [6] 赵敏, 陈婷, 黄振光, 等. 1990—2019 年中国痛风疾病负担研究 [J]. 现代预防医学, 2021, 48 (21): 3974–3978.
- [7] Swerdlow SH, Campo E, Pileri SA, et al. The 2016 revision of the World Health Organization classification of lymphoid neoplasms [J]. Blood, 2016, 127 (20): 2375–2390.
- [8] Thyss A, Saada E, Gastaud L, et al. Hodgkin's lymphoma in older patients: an orphan disease? [J]. Mediterr J Hematol Infect Dis, 2014, 6 (1): e2014050.
- [9] Maggioncalda A, Malik N, Shenoy P, et al. Clinical, molecular, and environmental risk factors for Hodgkin lymphoma [J]. Adv Hematol, 2011; 736261.
- [10] Islami F, Chen W, Yu XQ, et al. Cancer deaths and cases attributable to lifestyle factors and infections in China, 2013 [J]. Ann Oncol, 2017, 28 (10): 2567–2574.
- [11] 丁贤彬, 焦艳, 毛德强, 等. 2016 年重庆市恶性肿瘤早死概率及疾病负担分析 [J]. 实用预防医学, 2019, 26 (2): 153–155.

收稿日期: 2022-05-30

bacteria, the total number of fungi and SARS-CoV-2 on the inner surface of air ducts, and *Legionella pneumophila* in cooling water and condensed water. **Results** The qualified rates of testing of centralized air conditioning and ventilation systems in public places in 2020 and 2021 were 39.0% (30/77) and 56.4% (22/39), respectively, showing no statistically significant difference ( $\chi^2 = 3.187$ ,  $P = 0.074$ ). There were significant differences in the qualified rates of different places ( $\chi^2 = 11.86$ ,  $P < 0.05$ ), among which the qualified rate of shopping malls was the highest (65.0%), but the qualified rates of entertainment places (0.0%) and hospitals (33.3%) were low. *Streptococcus hemolyticus* and SARS-CoV-2 were not detected in the samples collected from blowing air and the inner surface of air ducts. The qualified rate of the total number of bacteria in blowing air of centralized air conditioners was relatively high (98.2%), but the qualified rates of the total number of bacteria (65.5%) and the total number of fungi (71.6%) on the inner surface of air ducts were relatively low. **Conclusion** It is necessary to strengthen the supervision of cleaning and disinfection of centralized air conditioning and ventilation systems in public places so as to eliminate the hidden sanitary and safety hazards of centralized air conditioners.

**Keywords:** SARS-CoV-2 infection; public place; centralized air conditioning and ventilation system; total bacteria; total fungi

自 2019 年底新冠感染疫情以来,许多国家已经采取了诸如限制出行、封城等严格的管理措施,虽然这些干预措施已被证明在遏制病毒传播方面有效<sup>[1]</sup>,但对经济和社会影响较大<sup>[2]</sup>。因此一些政府开始逐步放松和放宽限制,重新开放部分企业和生产活动。一些国家正在恢复日常活动,在夏季需要在室内使用空调系统以确保舒适的工作环境。由此带来了一个新的问题:使用集中空调系统是否会导致新冠病毒在工作场所的进一步传播。

作为一种新型病毒,SARS-CoV-2 的确切传播方式和传播途径仍存在争议。SARS-CoV-2 被认为主要在人与人、人与物之间传播,通过密切接触以及感染者咳嗽、打喷嚏、说话时产生的直径  $>5 \sim 10 \mu\text{m}$  的呼吸道飞沫传播,通常在短距离内( $<1 \sim 2 \text{ m}$ )传播<sup>[3]</sup>。飞沫核(“直径 $<5 \mu\text{m}$  的雾化颗粒”)的“空中”传播,在长距离和长时间悬浮在空气中时是否具有传染性,仍然存在争议<sup>[4]</sup>。

在意大利和其他欧洲国家,已经发布了技术指南来限制集中空调系统的运行,不同的送风方式有其不同的局限性和解决方案<sup>[5]</sup>。安全措施,包括使用空调的措施,都有成本,必须与收益相平衡。评估与使用集中空调相关的感染风险对于政府相关部门做出正确的决定至关重要。因此,为了评估与集中空调系统存在相关的 COVID-19 传播风险,现对 2020—2021 年新冠感染疫情期间烟台市公共场所集中空调通风系统卫生状况进行了调查,结果如下。

## 1 对象与方法

**1.1 监测对象** 根据烟台市疾病预防控制中心 2020—2021 年的监测计划,对 116 家具有集中空调通风系统设置的公共场所进行了检测,其中,办公楼 11 家,宾馆 37 家,交通场站 10 家,商场 40 家,医院

12 家,娱乐场所 6 家。

**1.2 检测方法** 按照卫生部《公共场所集中空调通风系统卫生规范》<sup>[6]</sup>(简称《规范》)的方法进行采样、检测。使用六级筛孔撞击式空气微生物采样器采集空调送风微生物样品,积尘量和积尘中细菌总数和真菌总数样品的采集均使用机器人。检测项目包括集中空调送风细菌总数、真菌总数、 $\beta$  溶血性链球菌,风管内表面细菌总数、真菌总数和新冠病毒,冷却水和冷凝水中的嗜肺军团菌等项目。

**1.2.1 仪器和试剂** Quick Take 30 六级撞击式空气微生物采样器(SKC 公司 Quick Take 30),恒温培养箱;营养琼脂培养基平板,沙氏琼脂培养基平板,血琼脂培养基平板,GVPC 琼脂平板,BCYE 琼脂平板。

**1.2.2 标本采集** ①送风中细菌总数、真菌总数和  $\beta$  溶血性链球菌采用 Quick Take 30 六级撞击式空气微生物采样器无菌操作,在送风口下方(15~20)cm 处,水平方向向外(50~100)cm 处采样,28.3 L/min 采集 5 min;②采集风管内表面积尘量时,每套集中空调通风系统的风管选择 2 个采样断面,分别使用无纺布采集断面的上下面和 2 个侧面 50 cm<sup>2</sup> 的积尘。采样后无纺布末次质量减去采样前的初次质量的差值即为风管内表面积尘量;检测积尘中细菌总数、真菌总数和新冠病毒,采集完积尘的无纺布无需处理,从无纺布上刮拭 1 g 积尘样品进行微生物培养;③冷却水和冷凝水分别用无菌的广口玻璃瓶无菌操作,采集冷却水、冷凝水各约 500 ml,冷却水采样点设置在距冷却塔壁 20 mm 液面下 10 mm 处,冷凝水采样点设在冷凝水排水管道或冷凝水集水盘处。

**1.3 评价方法** 按《规范》的要求进行卫生学评价,送风中  $\text{PM}_{10} \leq 0.15 \text{ mg/m}^3$ ,风管内表面积尘量  $\leq 20 \text{ g/m}^2$ ,送风空气细菌总数和真菌总数均  $\leq 500 \text{ CFU/cm}^3$ ,风管内表面细菌总数和真菌总数均  $\leq 100 \text{ CFU/cm}^2$ ,冷却水

和冷凝水中不得检出嗜肺军团菌。

1.4 质量控制 现场检测的专业技术人员均经统一培训并且考核合格,在检测过程中要求严格按照仪器的操作规程进行无菌操作。质量监督员全程对现场检测规范性进行监督检查。仪器设备由专人负责,定期进行计量检定,所有样品在 4 h 内送至实验室。

1.5 统计学分析 采用 Excel 2007 进行数据的录入,SPSS 19.0 统计软件进行统计学分析,计数资料采用例数(%)表示,对分层资料进行 $\chi^2$ 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

表 1 2020—2021 年烟台市公共场所集中空调通风系统总体情况

场所类型	2020 年		2021 年		合计	
	检测场所数	合格率(%)	检测场所数	合格率(%)	检测场所数	合格率(%)
宾馆	27	7(25.9)	10	6(60.0)	37	13(35.1)
商场	27	18(66.7)	13	8(61.5)	40	26(65.0)
办公楼	7	0(0.0)	4	4(100.0)	11	4(36.4)
交通场站	10	5(50.0)	/	/	10	5(50.0)
医院	/	/	12	4(33.3)	12	4(33.3)
娱乐场所	6	0(0.0)	/	/	6	0(0.0)
合计	77	30(39.0)	39	22(56.4)	116	52(44.8)

2.2 公共场所集中空调通风系统不同部位各项指标检测情况 风管内表面的检测样品中未检出 $\beta$ 溶血性链球菌和新冠病毒,送风的检测样品中未检出 $\beta$ 溶血性链球菌。按照检测项目分析,风管内表面细菌总

2 结 果

2.1 2020—2021 年总体合格情况 2020—2021 年共检测不同类型的公共场所共 116 家,所有检测项目均符合标准的共 52 家,合格率为 44.8%(52/116)。其中 2020 年的合格率为 39.0%(30/77),2021 年为 56.4%(22/39),两年间公共场所集中空调通风系统检测的合格率差异无统计学意义( $\chi^2=3.187,P=0.074$ )。从 6 类场所的检测来看,以商场的合格率最高,为 65.0%,而娱乐场所最低,为 0.0%,不同场所的合格率差异有统计学意义( $\chi^2=11.86,P<0.05$ ),见表 1。

数和真菌总数合格率比较低,分别为 65.5%、71.6%;空调送风中细菌总数的检测合格率相对较高,为 98.2%,见表 2。

表 2 不同公共场所集中空调通风系统不同部位各项指标检测情况

场所类型	送风细菌总数		送风真菌总数		风管内表面细菌总数		风管内表面真菌总数	
	范围(CFU/m <sup>3</sup> )	合格率(%)	范围(CFU/m <sup>3</sup> )	合格率(%)	范围(CFU/m <sup>3</sup> )	合格率(%)	范围(CFU/m <sup>3</sup> )	合格率(%)
办公楼	77~240	100.0	180~360	100.0	0~3 000	72.7	0~1 100	72.7
宾馆	7~130	100.0	0~208	100.0	0~5 200	43.2	0~4 100	56.8
交通场站	0~64	100.0	0~14	100.0	1~4 800	50.0	1~4 800	50.0
商场	5~850	96.3	0~410	100.0	0~800	92.5	0~3 300	97.5
医院	—	—	—	—	0~2 800	83.3	0~800	83.3
娱乐场所	—	—	—	—	930~5 000	0.0	0~176	0.0
合计	0~850	98.2	0~410	100.0	0~5 200	65.5	0~4 100	71.6

3 讨 论

目前,并没有充足的关于集中空调系统造成新冠病毒传播的案例。事实上,集中空调系统引发病毒传播的证据,更多地是在中东呼吸综合征流行期间收集到的<sup>[7]</sup>,目前尚不清楚新冠病毒是否具有同样的传播潜力,气溶胶被集中空调系统捕获并重新排放的可能性尚不明确。然而,从目前的新冠病毒流行中获得的信息来看,不排除集中空调系统传播新冠病毒的可能性。有研究表明某些医疗程序可能会产生气溶胶,并且他们是导致冠状病毒在医疗机构中传播的原因<sup>[8]</sup>。环境调查表明,在呼吸道飞沫难以到达的表面上发现存在有新冠病毒颗粒,这是发生气溶胶传播的间接证据<sup>[9]</sup>。

有研究表明,在合唱团练习期间<sup>[10]</sup>、健身场所运动<sup>[11]</sup>等过程中,均证实了在拥挤和通风不足的室内空间中,气溶胶传播与飞沫传播相结合可能是造成新冠病毒传播的重要原因,在此期间,集中空调系统可能促成了气溶胶的产生。在实验室控制环境中进行的实验研究表明,雾化的新冠病毒颗粒(<5 μm)在空气中保持悬浮至少 3 h,在空气中存活至少 1 h,并在物体表面上长达数天<sup>[12]</sup>。病毒颗粒的半衰期可能因气象条件(例如温度、相对湿度和紫外线辐射)而有所不同<sup>[13]</sup>。本研究中,在 116 家单位中的所有样品中,均未发现新冠病毒核酸阳性样品,这与采样期间烟台本地未发生本土疫情有关。因此,这些数据并不能否定烟台地区集中空调系统与新冠病毒传播有关联的可能性。



调查结果显示,2020—2021 年烟台市公共场所集中空调监测各项指标的合格率均较低,2020、2021 年的合格率差异无统计学意义,说明烟台市相当比例的公共场所集中空调存在一定程度的污染,与张健等<sup>[14]</sup>报道的广州市 2012—2014 年公共场所集中空调监测的合格率 55.8%相比,烟台市公共场所集中空调通风系统的卫生状况不容乐观。

本研究的 6 类场所检测结果分析,商场的合格率最高,为 65.0%,娱乐场所合格率为 0.0%,医院合格率较低(33.3%),医院是人流量大、人群免疫力低、且逗留时间长的场所,在新冠病毒流行期间,做好医院内集中空调通风系统的清洗消毒工作显得尤为重要。据了解,医院集中空调不属于公共场所常规监测的范围,医院集中空调的监管处于自行委托形式,事实上,医院主动委托监测的较少。

本次研究中所采集的样品中均未检出  $\beta$  溶血性链球菌,冷却水中嗜肺军团菌检出率远低于南方城市<sup>[15]</sup>,可能跟气候因素有很大关系,烟台市为北方滨海城市,高温天气较少,不适合嗜肺军团菌在自然环境中生长。

本研究各监测指标中,风管内表面细菌总数、真菌总数样品合格率较低,这是造成烟台市集中空调通风系统样品合格率较低的重要原因,与山东省相邻的河北省<sup>[16]</sup>抽检结果一致。说明,风管内表面微生物污染较重,应加强清洗、消毒。本研究使用了采样机器人,能够深入集中空调通风管道内部进行风管内表面积尘量和积尘细菌总数等指标的样品采集,这可能是本次研究风管内表面细菌总数、真菌总数样品合格率较低的一个不可忽视的原因。

由于清洗费用高昂、专业规范的清洗机构较少,加之安装设计的缺陷,事实上,大部分使用单位从未对集中空调进行彻底清洗消毒,仅对送风口、回风口和过滤网进行清洗、消毒,这可能是造成公共场所集中空调通风系统卫生状况不佳的主要原因,成为集中空调管理和使用的卫生安全隐患。

通过本次研究,建议卫生行政部门对新建、改建、扩建的公共场所进行预防性审查时,将集中空调通风系统纳入卫生审查范围,在预防性设计审查和竣工验收的卫生监督和评价上下功夫,尽量改善不良的通风系统构造,力争将其污染室内空气的可能性降到最低,同时把集中空调清洗、消毒常态化、制度化;另一方面,执法单位应加大日常监督监测力度,定期对公共场所

集中空调进行监测和卫生学评价,尤其是对医院、交通站台等与人群健康息息相关的单位,执法者需加强经营者对集中空调的清洗消毒意识,并健全卫生管理制度。

## 参考文献

- [1] Nussbaumer SB, Mayr V, Dobrescu AI, et al. Quarantine alone or in combination with other public health measures to control COVID-19: a rapid review [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2020, 4(4): 32267544.
- [2] Smith GD, Spiegelhalter D. Shielding from COVID-19 should be stratified by risk [J]. *BMJ*, 2020, 369:m2063.
- [3] Bourouiba L. Turbulent gas clouds and respiratory pathogen emissions: potential implications for reducing transmission of COVID-19 [J]. *JAMA*, 2020, 323:1837-1838.
- [4] World Health Organization. Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications for IPC precaution recommendations [R]. Geneva: WHO, 2020:1-20.
- [5] Yang B, Melikov AK, Kabanshi A, et al. A review of advanced air distribution methods-theory, practice, limitations and solutions [J]. *Energy Build*, 2019, 202:109359.
- [6] 中华人民共和国卫生部.公共场所集中空调通风系统卫生规范: WS 394-2012 [S].北京:中国标准出版社,2012:1-20.
- [7] Francesco C, Angelo S, Nicola LB. Can Air-conditioning systems contribute to the spread of SARS/MERS/COVID-19 infection [J]. *Int J Environ Res Public Health* 2020, 17(17):6052.
- [8] Guo ZD, Wang ZY, Zhang SF, et al. Aerosol and surface distribution of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 in hospital wards, Wuhan, China, 2020 [J]. *Emerg Infect Dis*, 2020, 26(7):1583-1591.
- [9] Tellier R, Li Y, Cowling BJ, et al. Recognition of aerosol transmission of infectious agents: a commentary [J]. *BMC Infect Dis*, 2019, 19(1):101.
- [10] Hamner L, Dubbel P, Capron I, et al. High SARS-CoV-2 attack rate following exposure at a choir practice—Skagit County, Washington, March 2020 [J]. *Morb Mortal Wkly Rep*, 2020, 69(19):606-610.
- [11] Jang S, Han SH, Rhee JY. Cluster of coronavirus disease associated with fitness dance classes, South Korea [J]. *Emerg Infect Dis*, 2020, 26(8):1917-1920.
- [12] Fears AC, Klimstra WB, Duprex P, et al. Persistence of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 in aerosol suspensions [J]. *Emerg Infect Dis*, 2020, 26(9):2221.
- [13] Chan KH, Peiris JS, Lam SY, et al. The effects of temperature and relative humidity on the viability of the SARS coronavirus [J]. *Adv Virol*, 2011, 734690.
- [14] 张健,刘俊华.2012—2014 年广州市公共场所集中空调通风系统微生物污染状况调查 [J]. *实用预防医学*, 2016, 23(1):43-45.
- [15] 刘卫艳,斯国静,徐珊珊,等. 2013—2014 年杭州市公共场所集中空调军团菌污染特征 [J]. *环境与职业医学*, 2016, 33(2):163-166.
- [16] 郭菲菲,马哲,杨锋,等. 2015 年河北省公共场所集中空调通风系统污染情况分析 [J]. *河北医科大学学报*, 2017, 38(1):62-65.

收稿日期:2022-05-16