

深圳某区医院室内空气微生物污染状况调查

刘庆成, 孙健, 吴志强, 曾艳萍, 何育玲, 潘海珊
深圳市宝安区疾病预防控制中心, 广东 深圳 518101

摘要: **目的** 了解深圳市某区医院室内空气微生物污染状况及其影响因素, 为改善医院室内空气质量提供科学依据。 **方法** 2019 年 7 月—2020 年 1 月用 Andersen 六级撞击式采样法对 2 家综合性医院不同区域的 76 份室内空气进行空气微生物采样监测, 并现场检测相关空气指标(气温、相对湿度、 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、CO、 CO_2)。 **结果** 夏季医院病区空气中细菌总数中位数为 117 (14~1 420) CFU/ m^3 , 空气中真菌总数均值为中位数 124 (14~827) CFU/ m^3 ; 冬季医院病区空气中细菌总数中位数为 195 (57~509) CFU/ m^3 , 空气中真菌总数中位数为 456 (127~678) CFU/ m^3 ; 研究发现室内空气微生物浓度的共同影响因素为季节、温度、相对湿度、 CO_2 、 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 。 **结论** 深圳某区医院室内空气微生物污染程度较轻, 仍需采取措施改善室内空气卫生质量。

关键词: 室内微生物; 医院; 影响因素; 调查研究

中图分类号: R181.3⁺4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-3110(2023)10-1211-04 **DOI:** 10.3969/j.issn.1006-3110.2023.10.013

Status of microbial contamination of indoor air in hospitals in a certain district of Shenzhen

LIU Qingcheng, SUN Jian, WU Zhiqiang, ZENG Yanping, HE Yuling, PAN Haishan

Baoan District Center for Disease Control and Prevention, Shenzhen, Guangdong 518101, China

Abstract: **Objective** To investigate the status of microbial contamination of indoor air and its influencing factors in hospitals in a certain district of Shenzhen City, and to provide a scientific basis for improving the quality of indoor air in hospitals. **Methods** From July 2019 to January 2020, Anderson six-stage impact microorganism sampler was used to collect 76 samples from indoor air of different districts of two comprehensive hospitals, and an on-site detection of the related air indexes (including temperature, relative humidity, PM_{10} , $PM_{2.5}$, CO and CO_2) was performed. **Results** The median of total amount of bacteria in indoor air of hospital wards in summer was 117 (14~1,420) CFU/ m^3 , and that of total airborne fungi was 124 (14~827) CFU/ m^3 . The median of total amount of bacteria in indoor air of hospital wards in winter was 195 (57~509) CFU/ m^3 , and that of total airborne fungi was 456 (127~678) CFU/ m^3 . The study revealed that the common factors influencing microbial concentration of indoor air were season, temperature, relative humidity, CO_2 , PM_{10} and $PM_{2.5}$. **Conclusion** The indoor airborne microbe pollution in the hospitals in a certain district of Shenzhen is slight, but countermeasures should be taken to improve the indoor air quality.

Keywords: indoor microorganism; hospital; influencing factor; investigation and study

2019 年 12 月以来的新型冠状病毒感染疫情让人们对于空气微生物污染有了新的认识, 室内空气微生物污染问题日益成为政府和社会各界关注的焦点。研究表明空气微生物污染与人体健康密切相关^[1-3], 是引发急性呼吸道疾病、哮喘、过敏、慢性肺部疾病和癌症等关键原因。医院是病人相对集中、人群密度高度聚集的场所, 极易受到微生物污染^[4-6]。本研究于 2019 年 7 月—2020 年 1 月以深圳市某区 2 家综合性

基金项目: 深圳市宝安区科技计划—社会公益(医疗卫生类)项目(2020JD136)

作者简介: 刘庆成(1984-), 男, 山东沂水人, 博士, 副主任医师, 研究方向: 环境卫生与健康。

医院为研究对象, 选用 Andersen 六级撞击式空气微生物采样仪对医院的不同区域室内环境微生物进行采样检测, 同时对采样点进行相关空气指标参数检测, 现将研究结果报告如下。

1 内容与方法

1.1 研究对象 以深圳市某区的 2 家综合性医院为研究对象, 在每家医院选择 2 个呼吸科候诊厅, 2 个普通候诊厅, 2 个呼吸科门诊诊室, 5 个普通门诊诊室, 3 间呼吸科病房, 3 间普通病房, 2 间医生护士值班室为检测点

1.2 方法

1.2.1 检测指标及仪器 2019 年 7 月—2020 年 1 月

对两家医院选择的检测点在夏冬两个季节进行空气微生物(细菌总数和真菌总数)采样,进行空气采样的同时开展现场检测相关空气指标(气温、相对湿度、PM₁₀、PM_{2.5}、CO、CO₂)。采用 SKC QT-30 六级筛孔撞击式微生物采样器对医院不同区域室内空气中的细菌和真菌进行采样。采用 Turnkey Dustmate 手持式粉尘检测仪检测环境中 PM₁₀ 和 PM_{2.5},采用 FLUKE971 温度湿度测量仪检测室内的温度、相对湿度,采用 GXH-3018 便携式红外线一氧化碳测定仪检测室内的 CO,采用 GXH-3019 便携式红外线二氧化碳测定仪检测室内的 CO₂,检测点高度与微生物采样的高度基本一致。

1.2.2 评价标准 本研究参照《公共场所集中空调通风系统卫生规范》(WS 394-2012)来评估宝安区建筑室内空气微生物污染情况,规范规定细菌总数不超过 500 CFU/m³,真菌总数不超过 500 CFU/m³。

1.3 质量控制 本研究项目人员均经过统一培训且具有丰富工作经验,采样检测严格按照《公共场所卫生检验方法 第 6 部分:卫生监测技术规范》(GB/T 18204.6—2013),检测仪器经计量检定,所有检验项目经过计量认证。每次采样的同时,保证有空白对照。为保证测量的准确性,有测量人员填写现场记录表并对采样现场的观察工作进行拍照记录。

1.4 统计学分析 采用 Epidata 对采样数据等情况进行双录入,使用 SPSS 26.0 和 Excel 2010 软件对检测结果统计分析,计量资料采用中位数和四分位数(P_{25} , P_{75})表示,对不满足正态分布的数据进行非参数检验,菌落总数与环境因素的相关关系采用 Spearman 相关分析, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 医院不同功能区域空气微生物浓度分布

2.1.1 夏季医院不同功能区域空气微生物浓度分布 夏季医院各功能区域室内空气细菌浓度分布范围为 14~1 420 CFU/m³,中位数为 117 CFU/m³,浓度最高的区域为普通门诊,浓度最低为呼吸科候诊厅。夏季医院真菌浓度分布范围为 14~827 CFU/m³,中位数为 124 CFU/m³,浓度最高的区域为普通病房,浓度最低为呼吸科值班室。采用 kruskal-Wallis 差异性检验的结果表明夏季医院各区域室内空气细菌浓度差异无统计学意义($Hc=9.265$, $P=0.159$),夏季医院各区域室内空气真菌浓度差异无统计学意义($Hc=3.385$, $P=0.759$),见表 1。

表 1 夏季医院各区域室内空气微生物浓度分布

功能区域	检测份数	细菌(CFU/m ³)		真菌(CFU/m ³)	
		检测值范围	中位数(P_{25} , P_{75})	检测值范围	中位数(P_{25} , P_{75})
呼吸科候诊厅	4	14~148	71 25, 132	64~269	149 69, 255
普通候诊厅	4	57~155	82 59, 141	106~254	120 108, 222
呼吸科门诊	4	14~205	106 37, 180	113~283	201 122, 276
普通门诊	10	57~1 420	248 118, 527	28~650	152 101, 294
呼吸科病房	6	64~975	117 69, 339	14~367	67 19, 208
普通病房	6	35~367	184 73, 320	35~827	198 67, 530
呼吸科值班室	4	99~177	103 99, 159	64~177	99 66, 165

2.1.2 冬季医院各病区空气微生物浓度分布 冬季医院各区域的空气细菌浓度分布范围为 57~509 CFU/m³,中位数为 195 CFU/m³,浓度最高的区域为呼吸科值班室,浓度最低为普通门诊。冬季医院各病区的医院真菌浓度分布范围为 127~678 CFU/m³,中位数为 456 CFU/m³,浓度最高的区域为呼吸科候诊厅,浓度最低为呼吸科门诊。采用 kruskal-Wallis 差异性检验的结果表明医院各场所内细菌浓度($Hc=4.276$, $P=0.639$)、真菌浓度($Hc=2.215$, $P=0.899$)差异均无统计学意义,见表 2。

表 2 冬季医院各区域室内空气微生物浓度分布

功能区域	检测份数	细菌(CFU/m ³)		真菌(CFU/m ³)	
		检测值范围	中位数(P_{25} , P_{75})	检测值范围	中位数(P_{25} , P_{75})
呼吸科候诊厅	4	57~346	187 78, 318	269~678	491 315, 641
普通候诊厅	4	99~473	219 106, 433	177~615	495 257, 585
呼吸科门诊	4	113~276	230 140, 267	127~537	375 173, 512
普通门诊	10	64~247	167 76, 233	240~643	399 279, 539
呼吸科病房	6	85~346	149 106, 309	360~657	470 387, 536
普通病房	6	113~382	276 118, 324	247~650	382 274, 534
呼吸科值班室	4	141~509	237 152, 454	325~650	502 336, 647

2.1.3 夏冬季节对微生物浓度分布的影响 本次调查研究结果表明:夏季医院室内空气细菌和真菌浓度最大值分别为 1 420 和 827 CFU/m³,空气细菌中位数为 117 CFU/m³,真菌中位数为 124 CFU/m³;冬季医院空气细菌和真菌浓度最大值分别为 509 和 678 CFU/m³,空气细菌的中位数为 195 CFU/m³,真菌为 456 CFU/m³。本研究表明夏季医院室内空气细菌浓度低于冬季,采用 Mann-Whitney 差异性检验的结果表明细菌浓度差异有统计学意义($Z=-2.235$, $P=0.025$);夏季医院室内空气真菌浓度小于冬季,采

用 kruskal-Wallis 差异性检验的结果表明真菌浓度差异有统计学意义 ($Hc=-5.830$, $P=0.000$) ,见表 3。

表 3 夏冬季节医院各功能区域微生物浓度分布

病原菌	季节	检测份数	检测值范围 (CFU/m ³)	中位数 (CFU/m ³)	(P_{25}, P_{75}) (CFU/m ³)	Z 值	P 值
细菌	夏	38	14~1 420	117	82, 216	-2.235	0.025
	冬	38	57~509	195	83, 258		
真菌	夏	38	14~827	124	113, 285	-5.830	0.000
	冬	38	127~678	456	309, 532		

2.2 环境因素相关性

2.2.1 环境因素的均值分布 医院室内长期使用空调维持温湿度,因而温度保持在 18℃~26℃;湿度维持在 58%~70%;PM₁₀和 PM_{2.5}浓度在夏季水平较低,冬季水平则较高;CO₂和甲醛等浓度在夏冬季节变化不明显,见表 4。

表 4 医院功能区域环境因素检测结果

环境因素	季节	检测份数	检测值范围	中位数	(P_{25}, P_{75})
温度(℃)	夏	38	25.0~26.0	25.4	25.1, 25.4
	冬	38	18.0~23.0	21.0	20.0, 21.0
相对湿度(%)	夏	38	66.0~70.0	68.0	67.0, 69.0
	冬	38	58.0~63.0	62.0	60.0, 63.0
CO ₂ (ppm)	夏	38	426.0~521.0	484.0	462.0, 509.0
	冬	38	510.0~570.0	550.0	540.0, 550.0
PM ₁₀ (μg/m ³)	夏	38	46.0~58.0	52.0	50.5, 56.0
	冬	38	181.0~192.0	190.0	188.0, 190.0
PM _{2.5} (μg/m ³)	夏	38	19.0~26.0	22.0	21.0, 24.0
	冬	38	104.0~109.0	108.0	105.8, 108.0
甲醛(μg/m ³)	夏	38	0.02~0.06	0.030	0.030, 0.030
	冬	38	0.03~0.07	0.060	0.050, 0.060

2.2.2 室内空气微生物与环境因素的关系 采用 Spearman 相关分析,结果表明医院室内空气细菌浓度与室内温度呈正相关($P<0.01$) ,与 CO₂、PM₁₀和 PM_{2.5}呈正相关($P<0.05$) ;医院室内空气真菌浓度与室内温度、相对湿度呈负相关($P<0.01$) ,与 CO₂、PM₁₀和 PM_{2.5}呈正相关($P<0.01$) ,见表 5。

表 5 医院功能区域微生物浓度与其他指标结果的相关性分(r)

检测指标	温度	相对湿度	CO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}
细菌总数	0.238 ^b	0.132	0.257 ^a	0.269 ^a	0.244 ^a
真菌总数	-0.655 ^b	-0.509 ^b	0.487 ^b	0.706 ^b	0.541 ^b

注:经 Spearman 相关分析, a 为 $P<0.05$;b 为 $P<0.01$ 。

3 讨论

本次调查研究结果表明:夏季调查的医院室内空气细菌浓度中位数为 117 CFU/m³ ,室内空气真菌浓度中位数为 124 CFU/m³ ;冬季调查的医院室内空气细菌浓度中位数为 195 FU/m³ ,室内空气真菌浓度中位数为 456 CFU/m³ 。结果表明夏季医院室内空气细菌浓度小于冬季,夏季医院室内空气真菌浓度小于冬季,差异有统计学意义,这与方子梁^[4]和诸葛阳^[8]研究结果较为一致。统计分析发现,夏冬季医院不同功能区域的微生物浓度不同,但差异无统计学意义,这可能由于医院经常对各功能区域进行清洁打扫和消毒,卫生情况良好,这与方子梁^[4]研究结果较为一致。

温度、湿度、CO₂、PM₁₀、PM_{2.5}和甲醛等对室内空气微生物水平有重要影响^[9-12]。王智^[13]、张金萍等^[14]和张琦等^[15]研究发现细菌总浓度与温度、CO₂和 PM₁₀呈正相关;张琦等^[15]和李婉欣等^[16]研究发现真菌浓度与相对湿度和 CO₂呈正相关。本研究发现,医院室内空气细菌浓度与室内温度呈正相关,空气真菌浓度与室内温度、相对湿度呈负相关,本研究结果与重庆、北京^[4, 7-8, 17]等地的研究结果较为一致。很多研究^[12, 17-18]表明室内空气细菌浓度和真菌浓度与 CO₂、PM₁₀和 PM_{2.5}呈正相关。

本研究调查了深圳市某区的 2 家综合性医院,检测了 7 个功能区域室内空气的微生物(真菌和细菌)浓度。鉴于本次调查 2 家综合性医院的室内空气存在一定程度微生物污染,有必要针对开展进一步的研究调查,积极寻找其可能影响因素,进一步降低医院室内空气微生物浓度,改善医院室内空气卫生质量,保障广大市民身心健康。本次调查局限之处:①为了便于开展工作,调查仅 2 家大型综合医院,样本数量较少,代表性不足;②本次仅调查医院室内微生物浓度及影响因素,下一步应该深入评估其对辖区人群的健康危害风险。

针对宝安区医院室内空气存在一定的微生物污染问题,建议:①门诊、候诊大厅应该加强通风换气,保持室内空气流通,有效地稀释空气微生物浓度^[15];②医院各区域要及时清理生活垃圾和医疗垃圾,保持清洁卫生;③按照相关要求定期采取紫外线消毒和空气喷雾消毒。

参考文献

[1] 唐小兰. 空气微生物污染的危害与防护技术发展[J].中国消毒学杂志,2015,32(12):1288-1240.

[2] Kai W, Yun H, Zheng J, et al. Microbial aerosol characteristics in highly polluted and near-pristine environments featuring different climatic

油基顶空-气相色谱-质谱法测定 化妆品中甲醛研究

李欣,李帮锐,李谭瑶,范翔,冯家力,曾栋,陈东洋

湖南省疾病预防控制中心,湖南 长沙 410005

摘要: 目的 开发油基顶空-气相色谱-质谱联用技术,用于测定化妆品中甲醛的含量。方法 N,N-二甲基甲酰胺经净化去除甲醛本底后作为样本分散提取剂,顶空-气相色谱-质谱法测定化妆品中的甲醛。结果 通过对色谱条件、顶空条件和样本分散溶剂进行优化,甲醛在 1~400 mg/L 范围内,峰面积与浓度线性关系良好,回归方程相关系数 $r=0.9993$;甲醛在不同剂型化妆品中低、中、高 3 个浓度水平的加标回收率在 90.1%~105.2%之间,相对标准偏差在 1.8%~3.7%之间;方法检出限为 5 mg/kg,定量限为 10 mg/kg。对市售 6 种不同类型共 8 批次的化妆品样本进行了测定,其中 6 份样本检出甲醛,含量在 15.1~49.7 mg/kg 之间。结论 本法采用 N,N-二甲基甲酰胺作为分散剂,利用对脂溶、水溶性化合物均有较强的溶解能力,达到对各种基质化妆品样本较好的分散效果;同时利用其沸点高,通过控制顶空温度,采用顶空-气相色谱质谱法测定,有效降低了基质干扰。该方法操作简单,抗干扰能力强,灵敏度高,准确可靠。

关键词: 甲醛;化妆品;油基顶空;气相色谱-质谱

中图分类号:R155.6 文献标识码:A 文章编号:1006-3110(2023)10-1214-04 DOI:10.3969/j.issn.1006-3110.2023.10.014

Determination of formaldehyde in cosmetics by oil based headspace-gas chromatography-mass spectrometry

LI Xin, LI Bangrui, LI Tanyao, FAN Xiang, FENG Jiali, ZENG Dong, CHEN Dongyang

作者简介:李欣,男,主管技师,研究方向:化妆品、食品分析。

通信作者:李帮锐,E-mail:bangrui_li@126.com。

- conditions[J]. Sci Bull, 2015, 60(16):1439-1447.
- [3] Fung F, Hughson WG. Health effects of indoor fungal bioaerosol exposure [J]. Appl Occup Environ Hyg, 2003, 18:535-544.
- [4] 方子梁. 病房室内空气微生物污染研究[D]. 重庆:重庆大学, 2015.
- [5] 袁雪峰,刘激扬,范小艳,等. 半污染区、清洁区环境及医护人员新型冠状病毒污染调查[J]. 实用预防医学, 2021, 28(4):476-478.
- [6] 张华玲,张娟,方子梁. 空调病房室内浮游细菌浓度与粒径分布特征[J]. 土木建筑与环境工程, 2018, 40(4):1-6.
- [7] Zhen Q, Deng Y, Wang Y, et al. Meteorological factors had more impact on airborne bacterial communities than air pollutants[J]. Sci Total Environ, 2017, 601-602(dec.1):703-712.
- [8] 诸葛阳. 典型建筑室内微生物污染现状及影响因素分析[D]. 南京:东南大学, 2019.
- [9] Zhu H, Phelan P, Duan TH, et al. Characterizations and relationships between outdoor and indoor bioaerosols in an office building [J]. China Part, 2003(3):119-123.
- [10] Marc S, Nathalie S, Frédéric Dalle AB, et al. Profiles and seasonal distribution of airborne fungi in indoor and outdoor environments at a French hospital [J]. Sci Total Environ, 2009, 407(12):3766-3771.
- [11] Hwang SH, Kim IS, Park WM. Concentrations of PM₁₀ and airborne bacteria in daycare centers in Seoul relative to indoor environmental factors and daycare center characteristics[J]. Air Qual Atmos Hlth, 2016, 10(2):1-7.
- [12] Mirhoseini SHNM, Satoh K. Assessment of airborne particles in indoor environments; applicability of particle counting for prediction of bioaerosol concentrations [J]. Aerosol Air Qual Res, 2016, 16(8):1903-1910.
- [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.
- [14] 张金萍,张翠林,王智,等. 北京地区医院建筑冬季室内微生物气溶胶浓度水平及暴露评价[J]. 建筑科学, 2020, 36(8):180-186.
- [15] 张琦,张熙,张旭辉,等. 公共场所室内空气微生物粒径分布及其与环境因素相关性研究[J]. 环境与健康杂志, 2018, 35(4):340-342.
- [16] 李婉欣,路瑞,谢铮胜,等. 西安市秋冬季不同空气质量下可培养微生物气溶胶浓度和粒径分布[J]. 环境科学, 2017, 38(11):4494-4500.
- [17] Karbowska-Berent J, Górny RL, Strzelczyk AB, et al. Airborne and dust borne microorganisms in selected Polish libraries and archives [J]. Bulid Environ, 2011, 46(10):1872-1879.
- [18] 崔春晓,张佳星. 秋季高校室内空气微生物污染的检测与评价[J]. 智库时代, 2020, 4(3):182-183.