

北京市某养老院室内空气微生物气溶胶污染特征

周晓^{1,2},刘敏³,刘建伟^{1,2},崔方娜⁴,王玥玥^{1,2},朱芮^{1,2}

(1. 北京建筑大学 北京市可持续城市排水系统构建与风险控制工程技术研究中心,北京 100044;
2. 北京建筑大学 北京应对气候变化研究和人才培养基地,北京 100044;
3. 山东济宁市鱼台县环境保护局,山东 济宁 272300;
4. 北京东方炫辰科技发展股份有限公司,北京 100124)

摘要:以北京市西城区某养老院的休息室、康复中心、卧室和公共卫生间为对象,研究了不同功能区的空气微生物气溶胶浓度、粒径分布。结果表明:①该养老院4个功能区空气中的异养细菌平均浓度为 9.89×10^2 cfu/m³,其浓度变化范围为 $1.11 \times 10^2 \sim 4.93 \times 10^3$ cfu/m³;空气中的真菌平均浓度为 2.19×10^2 cfu/m³,浓度变化范围为 $9.83 \times 10^1 \sim 3.80 \times 10^2$ cfu/m³。②养老院4个功能区的空气微生物气溶胶污染程度不高,但存在一定的健康风险。③养老院内4个功能区的空气异养细菌粒径主要分布在第3~6级,真菌粒径则主要分布于3~5级。

关键词:微生物气溶胶;室内空气污染;养老院

中图分类号:X172; X831

文献标识码:A

文章编号:1674-9944(2016)10-0008-04

DOI:10.16663/j.cnki.lskj.2016.10.003

1 引言

近年来,室内空气质量问题备受人们广泛的关注。居室是人们日常生活的重要区域,人们有50%以上的时间生活在居室内,老年人更会花费高达70%以上时间的处在室内^[1,2]。随着中国人口老龄化的不断加剧,老年人的养老问题成为了社会各界关注的热点,养老院则成为老年人养老的主要选择之一^[3,4]。然而,由于老年人体质相对较弱,面对空气污染抵抗能力不强等原因,给养老院建筑室内空气质量提出了更高的要求^[5~7]。目前,国内学者对于养老院室内空气微生物气溶胶污染的研究较少,而国外则对养老院室内空气污染,尤其是微生物气溶胶污染进行了较多的相关研究^[8~10]。以北京市西城区某养老院为研究对象,于2015年4月中旬至6月初测定了该养老院内多个功能区的室内空气微生物气溶胶浓度,以了解春季该养老院中室内空气微生物气溶胶的污染水平,为养老院改善老人居住环境,提高老人健康水平提供支持。

2 材料与方法

2.1 研究对象

研究选取北京市西城区某养老院,该养老院成立于2005年是以自理、半护理、全护理、特殊护理为服务对象的专业化、特殊护养型养老服务机构。建筑面积为1000 m²,设计床位50余张,面向社会开放,场内设施齐全配置完善,具备空调、电视、休息室等硬件设备,周边设有老人健身、娱乐、休闲等设施。

收稿日期:2016-03-11

基金项目:北京市属高等学校青年拔尖人才培育计划(编号:CIT&TCD201404077);国家科技支撑计划(编号:2012BAC25B03);北京市教育委员会科技计划(编号:KM201210016003)

作者简介:周晓(1991—),男,北京建筑大学硕士研究生。

通讯作者:刘建伟(1979—),男,副教授,博士,主要从事环境工程方面的研究工作。

2.2 采样时间与地点

将被调查的养老院划分为4种类型的区域:休息室、康复中心、卧室、公共卫生间,其中,休息室和康复中心唯一,卧室调查数量为25个,公共卫生间调查数量为5个。采样点分别位于休息室、康复中心、卧室、公共卫生间4个区域的中央。在2015年4~6月间的营业时间段(上午8:00~11:00,下午13:00~16:00),对4处采样点进行采样,每次采样时间为10 min,共计采样6次。采样时,采样器距离地面1.5 m高,关闭室内门窗,避开老年人的活动。

2.3 采样和培养方法

采用Andersen空气微生物采样器(英国Westech国际科学仪器有限公司)进行采样,采样时的气体流量为28.3 L/min,空气微生物采样器共分为6级,每级均有400孔眼,随着级数的增加,孔的直径逐渐减少,捕集时的空气流速逐渐增加,使得空气中不同大小的带菌粒子被捕获于各级培养皿上。空气微生物采样器的捕集性能见表1所示。

表1 空气微生物采样器的捕集性能

级数	开孔孔径/mm	捕集粒子粒径/μm	空气流速/(m/s)
1	1.13~1.16	>7.00	1.05
2	0.88~0.89	4.70~7.00	1.76
3	0.68~0.69	3.30~4.70	2.98
4	0.50~0.52	2.10~3.30	5.30
5	0.31~0.33	1.10~2.10	12.79
6	0.22~0.24	0.65~1.10	23.31

研究采用直径9.0 cm的玻璃培养皿进行微生物采

集,选用牛肉膏蛋白胨培养基采集异养细菌,孟加拉红培养基采集真菌。玻璃培养皿和微生物培养基需预先灭菌。灭菌完成后,在无菌操作台前依次将培养基20 mL加入培养皿中,并于30℃条件下培养24 h,确认无生长杂菌。微生物的培养均在LRH-500F型恒温培养箱中进行,异养细菌的培养条件为37℃下培养24 h,真菌的培养条件为28℃下培养5 d。培养完成后记录各培养皿中的菌落数,并根据式(1)计算空气微生物浓度。

$$c = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_6}{Q_t} \times 1000 \quad (1)$$

表2 养老院不同功能区空气异养细菌和真菌浓度

功能区	异养细菌/(cfu/m ³)		真菌/(cfu/m ³)	
	浓度范围	平均值	浓度范围	平均值
休息室	3.42×10 ² ~7.93×10 ²	6.78×10 ²	1.98×10 ² ~5.80×10 ²	3.55×10 ²
康复中心	1.11×10 ² ~4.78×10 ²	3.33×10 ²	1.23×10 ² ~2.88×10 ²	1.58×10 ²
卧室	3.42×10 ² ~5.64×10 ²	4.14×10 ²	9.83×10 ¹ ~2.51×10 ²	2.80×10 ²
公共卫生间	1.87×10 ³ ~4.93×10 ³	2.53×10 ³	8.95×10 ² ~2.17×10 ³	1.25×10 ³
四个功能区	1.11×10 ² ~4.93×10 ³	9.89×10 ²	9.83×10 ¹ ~3.80×10 ²	2.19×10 ²

由表2可以看出,该养老院4个功能区空气中的异养细菌的平均浓度为9.89×10² cfu/m³,其浓度变化范围为1.11×10²~4.93×10³ cfu/m³;空气中真菌的平均浓度为2.19×10² cfu/m³,浓度变化范围为9.83×10¹~3.80×10² cfu/m³。与国外其他学者的研究成果相比,该养老院各区域空气中的异养细菌和真菌浓度平均值低于国外养老院,造成该差异主要与国内外养老院的建筑规模及老年人的生活方式不同有关^[11,12]。

该养老院4个区域空气中的异养细菌浓度和真菌浓度差异显著。4个区域空气中异养细菌和真菌浓度大小依次为:公共卫生间、休息室、卧室、康复中心。该养老院公共卫生间室内空间偏小,坐便式马桶中积存的污水含有较多异养细菌和真菌,在老人进行冲厕的同时,容易随着水流的翻滚搅动而从水中逸散至空气中同时,偏小的室内空间和较大的人流量也加剧了空气中异养细菌和真菌的积累。而休息室和康复中心环境开阔,卧室则经常开窗通风,3个功能区的通风条件均较好,有利于微生物气溶胶的扩散稀释。

3.2 不同功能区微生物气溶胶污染评价

目前,我国尚未制定与养老院室内空气微生物气溶胶浓度有关的标准,因此对于该养老院不同功能区微生物气溶胶污染的评价采用国内外研究学者广泛采用的波兰政府评价标准^[13,14],具体见表3所示。

表3 空气微生物气溶胶污染评价标准(波兰)

项目	评价标准		
异养细菌/(cfu/m ³)	<1000	1000~3000	≥3000
荧光假单胞菌/(cfu/m ³)	—	<50	≥50
葡萄球菌/(cfu/m ³)	—	<50	≥50
真菌/(cfu/m ³)	<5000	5000~10000	≥10000
空气污染等级	清洁	中等污染	强污染

根据表2、3可以得出,公共卫生间室内空气中的异养细菌平均浓度达到了中等污染等级,休息室、康复中

式中:c为微生物气溶胶浓度,单位cfu/m³;N₁~N₆为各级菌落数,单位cfu;Q为采样时的空气流量,单位L/min;t为采样时间,单位min。

3 结果与讨论

3.1 不同功能区空气微生物浓度分布

分别在养老院的休息室、康复中心、卧室和公共卫生间设置采样点,待微生物培养完成后,根据培养皿中的菌落数计算得出各区域空气中的异养细菌和真菌浓度,检测结果见表2所示。

心和卧室空气中的异养细菌平均浓度达到了空气清洁标准;4个功能区室内空气中的真菌平均浓度均达到了空气清洁标准。可以看出,虽然大部分功能区空气中的微生物气溶胶浓度不高,均达到了空气清洁标准,但仍可能含有影响老年人身体健康的有害致病因子,长期生活在此种环境下的老年人的身体健康可能遭受一定的威胁。综上所述,该养老院4个区域空气中的微生物气溶胶污染程度不高,但存在一定的健康风险,老年人的生活环境仍有待改善。

3.3 不同功能区微生物粒径分布

由图1可以得出,4个功能区中,休息室空气中的异养细菌粒径分布较均匀,康复中心、公共卫生间和休息室空气中的异养细菌粒径呈对数正态分布,且主要分布在第3~6级中,且分别占异养细菌总数的85.14%、85.57%和71.88%。由图2可以得出,各功能区空气中的真菌粒径分布不均匀,各级之间的真菌粒径差异较大。各功能区空气中的真菌粒径主要分布于3~5级,其中康复中心、公共卫生间、休息室和卧室分别占真菌总数的81.08%、82.61%、65.63%和78.26%。

国内众多学者的研究结果指出^[15~17],空气中异养细菌的粒径分布总体上呈现对数正态分布,第1~5级的空气异养细菌粒子百分比呈逐渐增加趋势,且空气异养细菌粒子主要分布于第1~5级,第6级的空气异养细菌粒子百分比急剧下降;空气中真菌的粒径分布总体上也呈现对数正态分布,第3、4级的空气真菌粒子百分比最大,第5、6级的空气真菌粒子百分比逐渐下降。可以看出,研究的结果与国内学者研究不同建筑物各功能区得出的空气微生物粒径分布有一定的差异,这主要是因为养老院内的休息室、康复中心和公共卫生间均为公共区域,人员流动较大且相对封闭,几乎室外环境的影响导致的。另一方面,由于室内地面相对外界较为清洁,大粒径粒子的相对比例较少,因此养老院各功能区

空气异养细菌和真菌的粒径主要分布于3~6级。

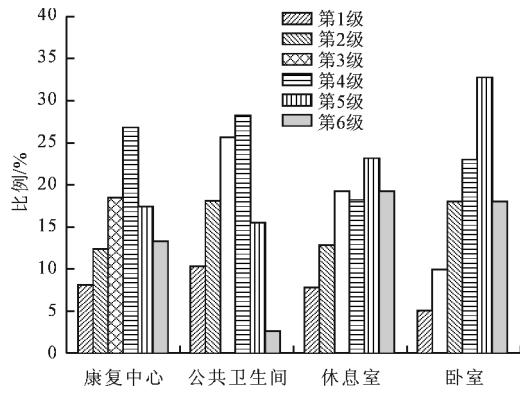


图1 不同功能区空气中异养细菌粒径分布

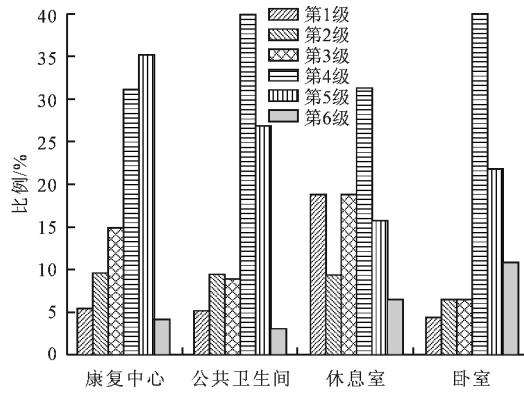


图2 不同功能区空气中真菌粒径分布

4 结论

(1) 该养老院4个功能区空气中异养细菌的平均浓度为 $9.89 \times 10^2 \text{ cfu}/\text{m}^3$ ，其浓度变化范围为 $1.11 \times 10^2 \sim 4.93 \times 10^3 \text{ cfu}/\text{m}^3$ ；空气中真菌的平均浓度为 $2.19 \times 10^2 \text{ cfu}/\text{m}^3$ ，浓度变化范围为 $9.83 \times 10^1 \sim 3.80 \times 10^2 \text{ cfu}/\text{m}^3$ 。该养老院4个区域空气中的异养细菌浓度和真菌浓度差异显著。4个区域空气中异养细菌和真菌浓度大小顺序为：公共卫生间、休息室、卧室、康复中心。

(2) 公共卫生间室内空气中的异养细菌平均浓度达到了中等污染等级，休息室、康复中心和卧室空气中的异养细菌平均浓度达到了空气清洁标准；4个功能区室内空气中的真菌平均浓度均达到了空气清洁标准。该养老院4个区域空气中的微生物气溶胶污染程度不高，但存在一定的健康风险，老年人的生活环境仍有待改善。

(3) 4个功能区中，休息室空气中的异养细菌粒径分布较均匀，康复中心、公共卫生间和休息室空气中的异养细菌粒径呈对数正态分布，且主要分布在第3~6级中，且分别占异养细菌总数的85.14%、85.57%和71.88%。各功能区空气中的真菌粒径分布不均匀，各

级之间的真菌粒径差异较大。各功能区空气中的真菌粒径主要分布于3~5级，其中康复中心、公共卫生间、休息室和卧室分别占真菌总数的81.08%、82.61%、65.63%和78.26%。

参考文献：

- [1] SIMONE, M, JAAKKOLA M S, CARROZZI L, et al. Indoor Air Pollution and Respiratory Health in the Elderly [J]. Eur. Respir., 2003, 21 (40): 15~20.
- [2] KLEPEIS NE, NELSON. The National Human Activity pattern Survey (NHAPS): A Resource for Assessing Exposure to Environmental Pollutants [J]. Expo. Anal. Environ., 2001, 11: 231~252.
- [3] 吕新萍. 养老院老人的需求与养老机构专业化[J]. 人口与经济, 2004, 14(1): 65~68.
- [4] 左冬梅, 李树苗, 宋瑞娟. 中国农村老年人养老院居住意愿的影响因素研究[J]. 人口学刊, 2011, 185(1): 24~31.
- [5] 马福党, 范红娟. 室内空气污染净化技术的研究进展[J]. 广东化工, 2008, 35(3): 36~39.
- [6] CORSI R, KINNEY K, LEVIN H. Microbiomes of built environments: 2011 symposium highlights and work—group recommendations [J]. Indoor Air, 2012, 22: 171~172.
- [7] KEMBEL S W. Architectural design influences the diversity and structure of the built environment microbiome [J]. ISME, 2012, 6 (8): 1469~1479.
- [8] HOOF V J, HENSEN J L M. Thermal comfort and older adults [J]. Gerontechnology, 2006, 4 (4): 223~228.
- [9] HWANG R L, CHEN C P. Field study on behaviors and adaptation of elderly people and their thermal comfort requirements in residential environments [J]. Indoor Air, 2010, 20 (3): 235~245.
- [10] YOON H I. Exposure to volatile organic compounds and loss of pulmonary function in the elderly [J]. EurRespir, 2010, 36(6): 1270~1276.
- [11] MENDES A, BONASSI S, AGVIAR L, et al. Indoor Air Quality and Thermal Comfort in Elderly Care Centers [J]. Urban Climate, 2014, 7(5): 1~14.
- [12] MADVREIRA J, PACIENCIA I, RUFO J C, et al. Assessment and determinants of airborne bacterial and fungal concentrations in different indoor environments: Homes, child day-care centres, primary schools and elderly care centres [J]. Atmospheric Environment, 2015, 109: 139~146.
- [13] KRUCZAL K, OLANCZUK N K. Microorganisms in the air over wastewater treatment plants [J]. Polosh Journal of Environmental Studies, 2014, 13(5): 537~542.
- [14] 方治国, 欧阳志云, 胡利锋, 等. 北京市三个功能区空气微生物中值粒径及粒径分布特征[J]. 生态学报, 2005, 25 (12): 3220~3224.
- [15] 方治国, 孙平, 欧阳志云, 等. 北京市居家空气微生物粒径及分布特征研究[J]. 环境科学, 2013, 34(7): 2526~2532.
- [16] 胡庆轩, 徐秀芝, 陈梅玲. 大气微生物的研究: 大气细菌粒子中值直径及粒径分布[J]. 中国环境监测, 1994, 19(6): 37~39.

(下转第14页)

众认知度调研[J]. 环境保护, 2006(24): 65~67.
[20]付永川, 杨海蓉. 对重庆市次级河流水污染综合整治的思考[J].

安徽农业科学, 2007, 35(18): 5536~5596.

Investigation and Analysis on Medical College Students' Understanding of the Heavy Metal Pollution of Water Sources

Zhou Peng¹, Chen Zhiliang¹, Luo Xiaoyu¹, Wang Yiwei²

(1. School of Clinical Medical, Southwest Medical University, Luzhou 646000, China;

2. College of Preclinical medicine, Southwest Medical University, Luzhou 646000, China)

Abstract: This article aims to investigate the current situation of medical college students' understanding about heavy metal pollution of water sources, to provide the basis for further improving the medical college students' understanding of the related issues, and to develop prevention and control work of heavy metal pollution of water sources. In the investigation, 200 students in Sichuan Medical University were surveyed by the self-designed questionnaire. A total number of 200 questionnaires were collected (100%). The results showed that the medical college students have a good understanding of the heavy metal pollution of water sources. But there are still problems. They lack the initiative to offer the advice to related departments. We should promote the education and guidance of the understanding about the heavy metal pollution of water resources among medical college students, develop their strong social responsibility, and stimulate them the enthusiasm to solve related issues.

Key words: medical college students; water source; heavy metal pollution; understanding

(上接第 10 页)

Characteristics of Indoor Air Micro-organisms Aerosol in Certain Elderly Care Centers in Beijing

Zhou Xiao^{1,2}, Liu Min³, Liu Jianwei^{1,2}, Cui Fangna⁴, Wang Yueyue^{1,2}, Zhu Rui^{1,2}

(1. Beijing Research Center of sustainable urban drainage system and risk control, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China;

2. Beijing Climate Response Research and Education Center, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China;

3. Yutai Environmental Protection Agency, Shandong Jining 272300, China;

4. Beijing DongFangXuanChen Technology Co., Ltd, Beijing 100124, China)

Abstract: The lounge, rehabilitation center, bedroom and toilet in certain elderly care center in Beijing were chosen as research objects to study the pollution characteristics of microbial aerosol in elderly care center. The concentration and distribution characteristics of airborne microorganisms in different areas were studied. Results showed that: (1) The concentrations of heterotrophic bacteria in the four different areas were in the range of $1.11 \times 10^2 \sim 4.93 \times 10^3$ cfu/m³, with an average of 9.89×10^2 cfu/m³. And the concentrations of fungi in the four different areas were in the range of $9.83 \times 10^2 \sim 3.80 \times 10^2$ cfu/m³, with an average of 2.19×10^2 cfu/m³. (2) The concentrations of heterotrophic bacteria and fungi in the four different areas in the elderly care center weren't very high, but each area has different degrees of pollution by heterotrophic bacteria and fungi. (3) The highest proportion of the size distribution for heterotrophic bacteria in different areas were mainly in stage 3 to stage 6, and fungi was in the stage 3 to stage 5.

Key words: micro-organisms aerosol; indoor air pollution; elderly care centers