

哈尔滨市室内空气质量对学龄儿童肺功能的影响

康真¹, 刘晓波¹, 刘宝圣², 白宇娜¹, 王晓岑¹, 于天一¹, 洪千淇¹

1. 黑龙江省哈尔滨市疾病预防控制中心环境卫生科, 150001; 2. 哈尔滨市卫生监督所学校卫生科

【摘要】 目的 探索哈尔滨市及城郊室内空气质量, 并分析其对学龄儿童肺功能指数的影响, 为预防呼吸系统相关疾病的发生提供参考。**方法** 在采暖季对哈尔滨市及城郊 80 户学龄儿童室内环境中的 CO₂、甲醛、苯、PM₁₀、细菌总数进行监测, 应用层次分析模型 (IAAH) 对室内空气质量进行综合评价, 并分析室内空气质量与学龄儿童肺功能指数的相关性。**结果** 哈尔滨城郊室内监测空气污染物中 CO₂ 体积百分比、PM₁₀ 质量浓度及细菌总数高于市区 (t 值分别为 5.86, 4.92, 21.16, P 值均 < 0.05); 采用 IAAH 模型分析城郊家庭室内空气质量发现, 37.5% 家庭空气质量为中度污染, 20.0% 家庭空气质量存在严重污染。多重线性回归在排除混杂影响因素后, 室内空气质量 IAAH 值与小学生肺功能指数用力肺活量 (FVC%)、用力呼出 75% 肺活量的呼气流速 (FEF75%) 和用力呼出 25% 肺活量的呼气流速 (FEF25%) 均存有相关性 (β 值分别为 -0.17, -0.34, -0.43, P 值均 < 0.05)。**结论** 哈尔滨市采暖季城郊室内空气污染严重, 应引起重视, 以防学龄儿童呼吸系统相关疾病发生。

【关键词】 空气污染; 室内; 肺; 环境监测; 儿童

【中图分类号】 R 122 R 179 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2021)01-0139-03

Effects of indoor air quality on the pulmonary function of schoolchildren in Harbin/KANG Zhen^{*}, LIU Xiaobo, LIU Baosheng, BAI Yuna, WANG Xiaocen, YU Tianyi, HONG Qianqi.^{*} Department of Environmental Sanitation, Harbin Center for Disease Control and Prevention, Harbin(150001), China

【Abstract】 Objective To explore the indoor air quality of Harbin and its suburbs, and analyze the influence of indoor air quality on the pulmonary function indexes of schoolchildren, and to provide a reference for preventing the related respiratory diseases. **Methods** The concentration of CO₂, formaldehyde, benzene, PM₁₀ and total bacterial count in indoor of 80 residents in Harbin and its suburb were monitored. The IAAH model was used to evaluate the indoor air quality, and the correlation between the indoor air quality and the pulmonary function indexes of schoolchildren was analyzed. **Results** The levels of indoor air pollutant in suburb was higher than that in the urban of Harbin, and the concentration of CO₂, PM₁₀ and total bacteria count in the suburb of Harbin increase significantly during the heating season ($t=5.86, 4.92, 21.16, P<0.05$). Among the 40 households monitored by IAAH model in suburb during heating season, 37.5% had moderate air pollution, and 20.0% had severe air pollution. The IAAH was correlated with FVC, FEF75% and FEF25% after excluding the confounding factors by multiple linear regression ($\beta=-0.17, -0.34, -0.43, P<0.05$). **Conclusion** Indoor air pollution is very serious in the suburb of Harbin during heating season, which should be paid attention to by parents to prevent related respiratory diseases of schoolchildren.

【Keywords】 Air pollution, indoor; Lung; Environmental monitoring; Child

室内是人类活动的主要场所, 室内环境的优劣与健康状况密切相关, 我国每年由于室内污染引起的超额急诊数有 430 万人次, 超额门诊数是 22 万人次^[1]。学龄儿童正处于生长发育期, 对空气污染更为敏感。哈尔滨市作为北方高寒地区的典型城市, 冬季寒冷而漫长, 室内外空气流动性差, 同时采暖季室外空气污染较重, 还会加重室内空气污染。

本研究抽取哈尔滨市道里区以集中式供暖为主和以煤烟式供暖为主的各 40 户居住场所为研究对象, 在采暖季进行室内空气质量监测, 采用层次分析室内评价模型 IAAH 法 (Indoor Assessment by the Analytical Hierarchy) 进行室内空气质量评价^[2], 并分析其对学龄儿童肺功能的影响, 将为开展室内污染危害因子与人群健康的相关性研究提供有价值的理论依据。

1 对象与方法

1.1 对象 在哈尔滨市道里区选择市区小学生家庭各 40 户进行室内环境监测, 要求家庭成员均不能吸烟且以集中供暖为主, 同时在道里区城郊选取 40 户小学生家庭进行室内环境监测, 要求使用室内燃煤或烧柴取暖为主且家庭成员均不能吸烟。根据调查问卷的

【基金项目】 黑龙江省卫生健康委科研课题项目 (2020-052, 2016-272)

【作者简介】 康真 (1981-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 博士, 副主任医师, 主要研究方向为公共卫生环境监测。

【通信作者】 洪千淇, E-mail: 541420903@qq.com

DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2021.01.034

回答排除近 1 个月曾患有呼吸系统疾病或近 1 周表现呼吸道疾病症状的学龄儿童,市区、城郊的小学生平均年龄分别为(11.2±2.5)(12.3±1.5)岁,身高分别为(142.1±6.8)(147.6±9.4)cm,体重分别为(45.1±13.2)(39.4±10.1)kg,差异均无统计学意义(t 值分别为-0.71,1.58,-3.16, P 值均>0.05)。在调查前征得调查对象及监护人同意,并填写知情同意书。本研究为国家疾控环境所“室内环境与健康调查”项目的子项目。

1.2 室内污染物监测 每个采样点室内面积约为 50~100 m²,设定 3 个检测点,点位避开通风口,离墙壁大约 0.5 m,离地 1 m,监测污染物浓度值,其平均值作为该采样点的浓度值。采样时间为 2018 年 12 月。监测室内污染物为 CO₂、甲醛、苯、PM₁₀、细菌总数。

仪器采用便携式甲醛现场检测仪(HTVPPM)、CO₂ 检测仪(TEAIRE)、PM₁₀ 现场检测仪(CW-HAT200)、空气微生物采样器(QUICK TAKE30)、热解析管(CAMSCO)、双路气体采样器。空气中苯含量采样器流量为 0.2 L/min,采样时间 15 min,分析方法按照《公共场所卫生检验方法第 2 部分:化学污染物》(GB/T 18204.2—2014)^[3]。

1.3 层次分析模型(IAAH) 应用 IAAH 法进行数据分析,将室内 5 种重要污染物超标倍数的相互对比值构成判断矩阵 P ,应用 MATLAB 求算 P 的最大特征值,找到最大特征值所对应的特征向量,把特征向量归一化后得到权矩阵 W_i ,带入式即可得到层次分析法评价指标值(IAAH)。

$$IAAH = \sum_{i=1}^n P_i \times W_i$$

P_i 代表第 i 种污染物的超标倍数; W_i 为第 i 种污染物超标倍数对应的权重。

IAAH 法将室内空气质量划分为 5 级,即清洁(IAAH≤0.5)、未污染(IAAH>0.5~1.0)、轻度污染(IAAH>1~2)、中度污染(IAAH>2~4)、严重污染(IAAH>4)。

1.4 肺功能测试 采用自动便携式肺功能检测仪 HI-801(CHEST M.I., 东京,日本)分别于 2018 年 7 月(非采暖季)和 12 月(采暖季)测定调查对象肺功能指数,测定指标包括用力肺活量(FVC)、1 s 用力呼气量(FEV1.0)、用力呼出 25% 肺活量的呼气流速(FEF25)、用力呼出 75% 肺活量的呼气流速(FEF75)。根据冯涛等^[4]建立的儿童肺功能指数预测方程计算预测值,然后计算实测值占预测值的比值,用于统计分析。

1.5 质量控制 建立哈尔滨市城区和郊区大气污染物浓度 Excel 数据库,每个采样点检测 3 次,求其平均值作为该污染物的浓度。保证肺功能检测的准确性,肺功能测试由专业医师完成。测量时,受试者取立

位,按医生指示完成吸气和呼气。

1.6 统计分析 采用 SPSS 18.0 对数据进行统计分析,采用 MATLAB 软件对监测数据进行层次模型分析,两组均数比较用 t 检验,采用多重线性回归对学龄儿童肺功能指数的影响因素进行分析,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 城郊和市区室内空气污染物浓度比较 采暖季哈尔滨市城郊室内监测空气污染物浓度高于市区,且城郊室内 CO₂ 体积百分比、PM₁₀ 质量浓度及细菌总数均高于市区[(0.16±0.08)%,(0.75±0.46)mg/m³,(2 241.83±430.51)cfu/m³;(0.05±0.03)%,(0.08±0.05)mg/m³,(386.42±142.17)cfu/m³](t 值分别为 5.86,4.92,21.16, P 值均<0.05)。

2.2 城郊和市区室内空气污染物浓度评价 根据 IAAH 法在采暖季市区监测的 40 户家庭中,55.0%(22 户)家庭空气质量为清洁,37.5%(15 户)为未污染,7.5%(3 户)为轻度污染;而在城郊监测的 40 户家庭中,仅 12.5%(5 户)家庭空气质量为未污染,30.0%(12 户)为轻度污染,37.5%(15 户)为中度污染,20.0%(8 户)存在严重污染。

2.3 城郊和市区小学生肺功能指数比较 在采暖季,城郊小学生肺功能指数 FVC%、FEV1.0%、FEF75%、FEF25%(82.39±12.36)(84.37±21.24)(67.04±18.41)(55.13±16.47)与市区小学生(91.01±15.74)(88.22±19.56)(79.21±14.82)(71.37±22.85)相比均有所下降,其中 FEF75%降低 12.17%,FEF25%降低 16.24%,差异均有统计学意义(t 值分别为 4.60,3.63, P 值均<0.05)。

2.4 小学生肺功能指数与 IAAH 值的多重线性回归分析 多重线性回归在控制了年龄、身高、体重影响因素后,室内空气质量 IAAH 值与小学生肺功能指数 FVC%、FEF75%和 FEF25%均存有相关性(P 值均<0.05),见表 1。

表 1 小学生肺功能指数与室内空气质量 IAAH 值的多重线性回归分析($n=80$)

Table 1 Multiple linear regression analysis of IAAH in air and pulmonary function indexes of primary school students($n=80$)

肺功能指数	B 值	B 值 95%CI	P 值
FVC%	-0.17	-0.26~-0.07	0.02
FEV1.0%	-0.13	-0.17~-0.08	0.08
FEF75%	-0.34	-0.47~-0.21	0.00
FEF25%	-0.43	-0.60~-0.26	0.00

注:IAAH 为层次分析法评价指标;FVC 为用力肺活量、FEV1.0 为 1 s 用力呼气量、FEF25 为用力呼出 25% 肺活量的呼气流速、FEF75 为用力呼出 75% 肺活量的呼气流速。

3 讨论

本研究发现在采暖季哈尔滨市城郊小学生家庭监测的空气质量指标明显高于市区,其中 20% 家庭空气质量存在严重污染。城郊小学生肺功能指数 FEF75%、FEF25% 与市区小学生相比显著下降,且小学生肺功能指数与室内空气质量 IAAH 值存在相关性。

城市人口每天约 50% 以上时间在居室内度过,儿童正处于生长发育期,呼吸系统各个器官发育尚未成熟,更易受到空气污染物的影响^[5]。PM₁₀ 表面积大且有较强的吸附能力,是多种污染物的“载体”,可随呼吸作用进入人体并引发多种疾病。由于冬季通风不良,室内空气气温较高并且潮湿,会引起微小气候情况下大量微生物繁衍,空气中的微生物通常附着在颗粒物上,以气溶胶的形式存在,通过呼吸道侵入身体,造成呼吸道感染^[6-8]。CO₂ 是标志室内空气清洁度的卫生学监测指标,与室内人员的症状如头痛、头晕、记忆力等病态建筑物综合征密切相关^[9]。同时季佳佳等^[10]研究发现空气污染暴露对小学生肺功能指数 FVC、FEV1/FVC、FEF75% 和 FEF25% 均有显著影响,滕克强等^[11]研究结果显示,空气污染使小学生肺功能指数 FVC、FEV1.0、PEF、FEF25%、FEF50%、FEF75% 均有不同程度的下降,易造成阻塞性障碍和/或限制性障碍。本研究表明采暖季城郊小学生家庭空气中细菌总数、PM₁₀、CO₂ 质量浓度显著升高,北方采暖季室内通风频次少,室内空气流通性差是导致室内空气污染的主要原因。在采暖季城郊小学生肺功能指数 FVC、FEV1.0、FEF75、FEF25 与市区小学生相比均有所下降,多重线性回归表明室内空气质量 IAAH 值与小学生肺功能指数 FVC、FEF75% 和 FEF25% 均存有相关性,提示应加强室内通风,预防呼吸系统相关疾病。

室内空气各污染物间进行着交叉污染和复合作用,IAAH 法可将室内环境污染物的污染水平进行细化,对室内空气质量评价更具客观性。本研究通过了解哈尔滨市室内环境综合状况,把握室内主要健康危害因素,开展相关室内污染危害因子对学龄儿童肺功能指数的评价,可为科学制订大气污染对学龄儿童健康防护提供理论依据。

4 参考文献

[1] 陈纪元,徐桂华,高笑宇,等.室内空气污染对成人肺功能的影响[J].国际呼吸杂志,2018,38(16):1277-1280.
CHEN J Y, XU G H, GAO X Y, et al. Review of the effect of indoor air pollution on lung function[J]. Int J Respir, 2018, 38(16): 1277-1280.

[2] 汤红岩.室内空气质量与人体疾病及评价模型研究[D].长春:东北师范大学,2005.

TANG H Y. Relationship between indoor air quality and human disease and research about the model of indoor assessment[D]. Changchun: Northeast Normal University, 2005.

[3] 中国国家标准化管理委员会.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.
Standardization Administration of the People's Republic of China. National Standardization Administration of China. Examination methods for public places-part 2: chemical pollutants GB/T 18204.2—2014 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2014.

[4] 冯遼,陈莉,韩少梅,等.黑龙江省汉族儿童青少年肺通气功能正常值和预计方程式[J].基础医学与临床,2010,30(5):480-486.
FENG K, CHEN L, HAN S M, et al. Lung function reference values and prediction equations in children and adolescents of the Han nationality in Heilongjiang Province [J]. Basic Clin Med, 2010, 30(5): 480-486.

[5] MOLTER A, AGIUS R M, VOCHT F, et al. Long-term exposure to PM₁₀ and NO₂ in association with lung volume and airway resistance in the MAAS birth cohort [J]. Environ Health Perspect, 2013, 121(10): 1232-1238. DOI: 10.1289/ehp.1205961.

[6] 侯常春,冯利红,赵岩,等.室内空气质量对学龄儿童急性上呼吸道感染发病影响的前瞻性队列研究[J].公共卫生与预防医学,2019,30(2):9-13.
HOU C C, FENG L H, ZHAO Y, et al. The effect of indoor air pollution on acute upper respiratory infections in schoolchildren: a prospective cohort study [J]. J Pub Health Prev Med, 2019, 30(2): 9-13.

[7] CHEN F, LIN Z, CHEN R, et al. The effects of PM_{2.5} on asthmatic and allergic diseases or symptoms in preschool children of six Chinese cities, based on China, Children, Homes and Health (CCHH) project [J]. Environ Pollut, 2018, 232: 329-337. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.08.072.

[8] 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.
ZHANG Q, ZHANG X, ZHANG X H, et al. Distribution of different-sized microorganisms in indoor air and indoor environmental influencing factors in public places [J]. J Environ Health, 2018, 35(4): 340-342.

[9] 吴金贵,庄祖嘉,钮春瑾,等.室内污染物暴露对儿童呼吸道症状的影响研究[J].中华疾病控制杂志,2010,14(9):899-902.
WU J G, ZHUANG Z J, NIU C J, et al. Association of indoor air pollutants exposure with respiratory symptoms in children [J]. Chin J Dis Control Prev, 2010, 14(9): 899-902.

[10] 季佳佳,余淑菡,廖玉学,等.深圳市空气污染对学龄儿童肺功能的影响[J].环境与健康杂志,2016,33(6):532-535.
JI J J, YU S Y, LIAO Y X, et al. Effects of air pollution on pulmonary function of school children in Shenzhen, Guangdong [J]. J Environ Health, 2016, 33(6): 532-535.

[11] 滕克强,郑德生,冯月明.2016年北京市密云区小学生空气污染前后肺功能影响因素调查[J].职业与健康,2018,34(3):403-406.
TENG K Q, ZHENG D S, FENG Y M. A study on influencing factors of lung function before and after ambient air pollution among primary students in Miyun District of Beijing in 2016 [J]. Occup Health, 2018, 34(3): 403-406.