

北京市PM_{2.5}和PM₁₀对中老年人肺功能短期效应的定组研究

熊秀琴¹, 徐荣彬², 潘小川¹

1. 北京大学公共卫生学院劳动卫生与环境卫生学系, 北京 100191

2. 蒙纳士大学公共卫生与预防医学学院流行病与预防医学系, 澳大利亚 墨尔本 3000

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2019.18723

摘要:

[目的] 我国是世界上空气颗粒物污染最严重的地区之一, 而肺是大气颗粒物污染损害的主要靶器官。本研究拟探讨PM_{2.5}和PM₁₀对中老年人肺功能的短期效应。

[方法] 在北京某社区招募36名50~70岁志愿者, 每日三次测定其呼气峰流速(PEFR)作为反映肺功能的指标, 每人均连续随访测量30d; 同时从附近空气质量监测站点收集研究期间所在社区每日大气PM_{2.5}、PM₁₀浓度, 从北京市气象局获取气温; 通过问卷收集受试者其他基本信息。应用线性混合效应模型, 控制长期趋势、星期几效应、平均气温和个体的随机效应, 估计0~3d内的PM_{2.5}、PM₁₀暴露对中老年人PEFR的短期效应。

[结果] PM₁₀对PEFR的短期效应在0~3d的滞后天数内均无统计学意义($P>0.05$)。PEFR测量当天、前1日、前2日和前3日的PM_{2.5}质量浓度(后称“浓度”)每升高10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PEFR分别降低0.370、0.248、0.333、0.334 L/min, 均具有统计学意义($P<0.05$)。测量当天和前3日共4d的PM_{2.5}滑动平均浓度效应最强, PM_{2.5}浓度每升高10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PEFR减小0.592 L/min ($P<0.001$)。亚组分析显示这一效应在男性, 受教育程度高, 正常体重状态, 坐公交车、地铁、驾车等出行方式, 以及有吸烟史的人群中更强, 交互作用具有统计学意义($P<0.05$)。

[结论] 在中老年人群中, 0~3d内的PM_{2.5}短期暴露便可导致肺功能损害, 其中男性, 受教育程度高, 正常体重状态, 坐公交车、地铁、驾车等出行方式, 以及有吸烟史的人群属易感人群。而PM₁₀则无明显短期效应。

关键词: 颗粒物; PM_{2.5}; PM₁₀; 呼气峰流速; 呼吸功能; 短期效应; 中老年人; 定组研究

Short-term effects of PM_{2.5} and PM₁₀ on lung function of middle-aged and elderly group: A panel study XIONG Xiu-qin¹, XU Rong-bin², PAN Xiao-chuan¹ (1. Department of Occupational and Environmental Health, School of Public Health, Peking University, Beijing 100191, China; 2. Department of Epidemiology and Preventive Medicine, School of Public Health and Preventive Medicine, Monash University, Melbourne 3000, Australia)

Abstract:

[Objective] China is one of the countries with the worst air particulate pollution in the world, and lung is the target organ of such pollution. This paper is designed to study the short-term effects of PM_{2.5} and PM₁₀ on lung function among middle-aged and elderly residents.

[Methods] A total of 36 volunteers aged 50 to 70 years were recruited from a community in Beijing. Their peak expiratory flow rate (PEFR) was measured three times a day for consecutive 30 days as an index of lung function; daily average atmospheric PM_{2.5} and PM₁₀ concentrations were retrieved from nearby air quality monitoring stations, and temperature was retrieved from Beijing Meteorological Service; other basic information of the subjects was collected through questionnaires. The effects of exposure to PM_{2.5} and PM₁₀ within 0-3 days on PEFR in the middle-aged and elderly residents were estimated by linear mixed-effect models, adjusting for long-term trends, day-of-the-week effects, mean temperature, and individual random effects.

[Results] The short-term effects of PM₁₀ on PEFR were not statistically significant within 0-3 lag days ($P>0.05$). Each 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in PM_{2.5} concentration on the same day and 1, 2, or 3 days prior to PEFR measurement was associated with 0.370, 0.248, 0.333, and 0.334 L/min of PEFR reduction, respectively, all with statistical significance ($P<0.05$). The moving average of PM_{2.5} concentration from the day of measurement to previous 3 days showed the strongest effect,

作者简介

熊秀琴(1992—), 女, 硕士生;
E-mail: xiongxiuqin1992@163.com

通信作者

潘小川, E-mail: xcpan@bjmu.edu.cn

伦理审批 已获取

利益冲突 无申报

收稿日期 2018-11-01

录用日期 2018-12-28

文章编号 2095-9982(2019)04-0355-07

中图分类号 R122.7

文献标志码 A

引用

熊秀琴, 徐荣彬, 潘小川. 北京市PM_{2.5}和PM₁₀对中老年人肺功能短期效应的定组研究[J]. 环境与职业医学, 2019, 36(4): 355-361.

本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2019.18723

Correspondence to

PAN Xiao-chuan, E-mail: xcpan@bjmu.edu.cn

Ethics approval Obtained

Competing interests None declared

Received 2018-11-01

Accepted 2018-12-28

To cite

XIONG Xiu-qin, XU Rong-bin, PAN Xiao-chuan. Short-term effects of PM_{2.5} and PM₁₀ on lung function of middle-aged and elderly group: A panel study[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2019, 36(4): 355-361.

Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2019.18723

with PEFR decreasing by 0.592 L/min ($P < 0.001$) for each $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in $\text{PM}_{2.5}$ concentration. The subgroup analysis results showed stronger effects in males and people with higher educational level, of normal body mass index, traveling by bus, subway, or car, and with smoking history, and the interaction effects were all statistically significant ($P < 0.05$).

[Conclusion] Among the middle-aged and elderly people, short-term exposure to $\text{PM}_{2.5}$ within 0-3 days can cause damage to respiratory health, and males and people with higher educational level, of normal body mass index, traveling by bus, subway, or car, and with smoking history are more vulnerable to the effect of $\text{PM}_{2.5}$. PM_{10} has no obvious short-term effects.

Keywords: particulate matter; $\text{PM}_{2.5}$; PM_{10} ; peak expiratory flow rate; respiratory function; short-term effect; middle-aged and elderly people; panel study

大气污染是影响人类健康的主要危险因素之一。2015年,大气细颗粒物在死亡风险因素中排名第五^[1]。肺是大气颗粒物污染损害的主要靶器官之一,我国是世界上慢性阻塞性肺部疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)负担最为严重的国家之一,20岁以上COPD患者约有1亿,并主要集中在中老年人群。同时我国也是世界上大气颗粒物污染最严重的地区之一,且暴露于轻度以上空气污染($\text{PM}_{2.5} \geq 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$)可使COPD患病风险翻倍^[2-3]。COPD的主要表现之一是肺功能下降,研究 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 对肺功能的短期效应,可有助于探讨颗粒物污染对肺部疾病的早期效应,为COPD等肺部疾病的早期预防提供证据支持,也可提示 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 健康影响的中间环节。但现有的相关研究^[4-11]大多集中在学生群体,或者关于心肺疾病门诊人次的研究,对肺功能进行具体测量的研究较少,对中老年这一COPD高发人群肺功能的研究更少。本研究在相对健康的中老年人群中开展定组研究,探讨 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 对中老年人群肺功能的影响,以弥补该领域证据上的不足。

1 对象与方法

1.1 研究对象

通过张贴小海报的方式在北京某社区招募中老年人志愿者,志愿者的纳入标准包括:①实际年龄50~70岁;②现无吸烟习惯。排除标准包括:①现患COPD、哮喘等影响肺功能的疾病;②现患有3级高血压(收缩压 $\geq 180 \text{ mmHg}$ 或舒张压 $\geq 110 \text{ mmHg}$),或现服用高血压药物;③患有进行性疾病,不便参与研究,如免疫系统疾病、肾衰、心梗、糖尿病,或安装有起搏器或除颤器等。志愿者均知情同意。

1.2 PEFR测量

本研究采用的肺功能指标为呼气高峰流速(peak expiratory flow rate, PEFR),即深吸气末用力呼气时的最初10s内最大瞬时流速,PEFR正常值为约330 L/min

(5.5 L/s),主要反映大气道的阻力及其阻塞程度。本研究选取PEFR的原因:第一、这项指标方便测量,参与者可以自行在家测量,而其余肺功能指标一般需要到医院由专业人员用专业仪器测量;第二、既往有研究^[12-14]用PEFR研究大气污染对肺功能的影响;第三、这项指标的测量工具简单,不昂贵,可以节约科研成本。研究开始时,发给每位研究对象一支呼气峰值流速计(Armstrong Medical Industries Inc, 美国)及填写30d测试结果、身体状况、用药情况的表格,由研究人员解释并指导该仪器的使用及记录PEFR值的方法。研究对象连续30d每天测量自己早、中、晚的PEFR值,时间分别在9:00、12:00和20:00左右。考虑可行性,纳入的中老年人每次测量只需吹一次气,若发现有漏气或其他严重失误则重新吹气测量。每日的PEFR值为早、中、晚三次测量的平均值。志愿者们开始测量的日期不完全一致(由于个人原因),连续测量满30d即可。

1.3 暴露评估

以2016年3月19日至2016年5月8日为监测时间段。 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 数据来自距研究所在社区5 km内的三个环保部空气质量监测站点(万柳、奥体和西直门),由于三个站点与该社区距离接近(均在3~4 km),故采取三站点简单平均的方式估计所在社区每日 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 平均质量浓度(后称“浓度”)。每日平均温度、最高温度、最低温度来自北京市气象局。

1.4 其他相关因素调查

在首次入户时使用调查问卷,一对一询问个人信息如年龄、家庭收入、身高、体重、吸烟、饮酒、二手烟暴露、饮食、运动、家族史、既往病史、特定药物使用等情况。问卷通过EpiData 3.1软件编制录入库,双人双录完成。

1.5 质量控制

采用的质量控制措施包括:①研究执行人员均客观、真实地记录和保留研究过程中所有的数据和

方案执行、修改的情况；②研究执行人员均经过统一培训，统一记录方式与判断标准；③受调查者在研究开始前均接受关于 PEFr 测量方法及注意事项的统一现场培训；④呼气峰值流速计在发放给受试者之前统一进行了校正；⑤研究过程中每 5 d 收集一次受调查者记录的数据，并现场核查可疑数据，保证数据的真实性。

1.6 统计学方法

对研究对象的基本特征、研究期间的 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 浓度及气温情况进行简单描述，采用线性混合效应模型分析 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 浓度对 PEFr 的影响，在该模型中应变量为受调查者每日 PEFr 值，自变量为日平均 PM_{2.5} 或 PM₁₀ 浓度（作为固定效应加入模型），下列协变量也放入模型中，以控制可能的混杂作用^[15]：①时间指示性变量（以每 10 d 作为一个水平），以控制 PEFr 测量值在研究期间（共 30 d）可能存在的变化趋势；②星期几指示性变量，以控制星期内各天 PEFr 的自然波动；③测量当天及前 2 日共 3 d 的平均温度，以控制天气的混杂影响。此外还在模型中纳入每名受试者的编号作为随机效应项。考虑到 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 对 PEFr 可能存在的滞后影响，分别将测量 PEFr 当天 [滞后 0 日 (lag0 d)]、前 1 日 (lag1 d)、前 2 日 (lag2 d)、前 3 日 (lag3 d)，以及该 4 d 的移动平均 (lag0~3 d, lag0~2 d, lag0~1 d) 的 PM_{2.5} 或 PM₁₀ 浓度代入模型。年龄、性别、教育程度、体重状态 [根据体重指数 (body mass index, BMI) 分为正常 (18.5 ≤ BMI < 24)、超重 (24 ≤ BMI < 28) 和肥胖 (BMI ≥ 28)]、体力活动、吸烟史、二手烟暴露等因素作为分层因素，探讨 PM_{2.5} 对 PEFr 影响在不同亚组间的区别，并通过将分组因素及其与 PM_{2.5} 浓度的交互项纳入模型，检验不同亚组间效应的差异是否具有统计学意义，即检验交互作用或效应修饰作用是否具有统计学意义。所有数据分析均由 R 软件 (版本 3.3.2) 完成，其中 R 软件 nlme 软件包 (版本 3.1.131) 被用于进行线性混合效应模型分析，检验水准 α=0.05。

2 结果

2.1 研究对象的基本情况

表 1 为研究对象的基本情况，共有 36 位研究对象，男 12 人，女 24 人。研究对象的平均年龄为 (62.5±5.0) 岁，范围为 50~70 岁。BMI 平均值为

(25.0±3.2) kg/m³，范围为 19.2~31.2 kg/m³。所有研究对象现在均不吸烟，均不患有 COPD，有 6 人 (16.7%) 曾经吸烟，现已戒烟。仅 1 人缺失最后 1 日的 PEFr 测量，其余所有受调查者均完成了连续 30 d 的 PEFr 测量。见表 1。

表 1 研究对象的基本特征
Table 1 Demographic characteristics of study subjects

人群特征 Characteristics	分层 Stratification	人数 Number of subjects	构成比 (%) Proportion
年龄 (岁) (Age, years)	50~64	21	58.3
	65~70	15	41.7
体重状态 Body mass index	正常 (18.5 ≤ BMI < 24) Normal	13	36.1
	超重 (24 ≤ BMI < 28) Overweight	16	44.4
	肥胖 (BMI ≥ 28) Obesity	7	19.4
性别 (Sex)	男性 (Male)	12	33.3
	女性 (Female)	24	66.7
受教育程度 Educational level	初中及以下 Middle school and below	13	36.1
	高中 (High school)	13	36.1
	大专及以上 College and above	10	27.8
主要出行方式 Main trip mode	骑自行车或走路 By bike or walk	25	69.4
	其他 ^a (Others)	11	30.6
每天运动 Exercise everyday	否 (No)	20	55.6
	是 (Yes)	16	44.4
吸烟史 ^b Smoking history	无 (No)	30	83.3
	有 (Yes)	6	16.7
二手烟暴露时间 (h/d) Exposure time of secondhand smoke	<1	30	83.3
	≥ 1	6	16.7

[注] a：包括自驾车，乘坐公交、地铁、出租车等；b：所有研究对象现在均不吸烟。

[Note] a: Others include by car, by bus, by subway, by taxi, etc.; b: All study subjects do not smoke now.

2.2 大气污染物监测结果和气象状况

表 2 显示，在研究涉及的 51 d 中，PM_{2.5} 日均浓度的中位数为 58 μg/m³，PM₁₀ 日均浓度的中位数为 97 μg/m³，日均气温的中位数值为 16℃。由图 1 可见，研究期间 PM₁₀、PM_{2.5} 浓度波动较大。由图 1 还可见，研究期间平均气温有多次起伏。

表2 2016.3.19—2016.5.8研究期间所在社区颗粒物日均浓度与日平均气温 (n=51)

Table 2 Daily particulate matter concentration and daily average temperature of studied community from March 19, 2016 to May 8, 2016

指标 (Variables)	Min	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	Max
PM _{2.5} (μg/m ³)	7	21	58	86	194
PM ₁₀ (μg/m ³)	31	58	97	146	256
日平均温度 (°C) Daily average temperature	8	13	16	18	22

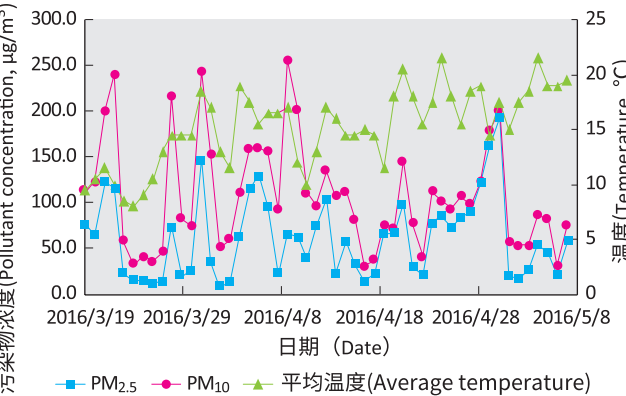


图1 研究期间所在社区PM_{2.5}、PM₁₀浓度变化和每日平均气温变化

Figure1 Changes of PM_{2.5} and PM₁₀ concentrations and daily average temperature in the study area during the study period

2.3 PM₁₀和PM_{2.5}浓度对PEFR的影响

由表3可知,无论在未调整模型还是调整模型中,PM₁₀对PEFR的短期效应在0~3 d的滞后天数内均无统计学意义($P>0.05$)。相比之下,PM_{2.5}对PEFR的影响较为明显,除了在未调整模型中lag0 d的结果无统计学意义外,其余的滞后天数下结果均具有统计学意义($P<0.05$)。在调整了时间指示性变量、星期几指示性变量及测量当天和前2日共3 d的平均温度后,PM_{2.5}的效应值更强,提示时间趋势、星期几效应和温度的混杂一定程度上掩盖了PM_{2.5}的真实效应。调整后的模型表明,PEFR测量lag0 d、lag1 d、lag2 d和lag3 d的PM_{2.5}每升高10 μg/m³,PEFR分别降低0.370、0.248、0.333、0.334 L/min,均具有统计学意义($P<0.05$)。测量当天和前3日共4 d的滑动平均浓度(lag0~3 d)效应最强,PM_{2.5}每升高10 μg/m³,PEFR减小0.592 L/min($P<0.001$)。

2.4 PM_{2.5}浓度对PEFR的影响的亚组分析

由表4可知,将效应最强的lag0~3 d PM_{2.5}浓度对PEFR影响的调整后模型按研究对象的基本特征进行亚组分析。结果显示PM_{2.5}对PEFR的短期效应受到性

表3 在不同滞后天数下PM_{2.5}或PM₁₀每升高10 μg/m³导致的PEFR变化

Table 3 Changes of PEFR associated with PM_{2.5} or PM₁₀ per 10 μg/m³ increase against different lag days

污染物及滞后天数 Pollutants and lag days	未调整模型 ^a Models before adjustment ^a			调整后模型 ^b Models after adjustment ^b		
	PEFR变化值 (L/min) Changes of PEFR	95%可信区间 95% confidence interval	P	PEFR变化值 (L/min) Changes of PEFR	95%可信区间 95% confidence interval	P
PM ₁₀						
lag0 d	0.019	-0.172~0.209	0.847	-0.049	-0.292~0.193	0.690
lag1 d	0.059	-0.130~0.249	0.540	-0.025	-0.236~0.187	0.818
lag2 d	-0.066	-0.234~0.102	0.442	-0.045	-0.228~0.137	0.626
lag3 d	-0.125	-0.286~0.036	0.128	-0.135	-0.317~0.048	0.148
lag0~3 d	-0.147	-0.491~0.196	0.401	-0.214	-0.569~0.141	0.237
lag0~2 d	-0.005	-0.308~0.297	0.973	-0.107	-0.448~0.234	0.539
lag0~1 d	0.063	-0.179~0.305	0.608	-0.064	-0.366~0.239	0.680
PM _{2.5}						
lag0 d	-0.178	-0.470~0.114	0.233	-0.370	-0.733~0.007	0.046
lag1 d	-0.215	-0.428~0.002	0.048	-0.248	-0.483~0.014	0.038
lag2 d	-0.334	-0.512~0.156	<0.001	-0.333	-0.530~0.137	0.001
lag3 d	-0.323	-0.488~0.158	<0.001	-0.334	-0.522~0.146	0.001
lag0~3 d	-0.591	-0.874~0.307	<0.001	-0.592	-0.897~0.287	<0.001
lag0~2 d	-0.512	-0.809~0.215	0.001	-0.583	-0.913~0.252	0.001
lag0~1 d	-0.322	-0.629~0.015	0.040	-0.480	-0.842~0.119	0.009

[注] a: 仅将不同滞后天数下PM_{2.5}或PM₁₀浓度作为固定效应纳入模型; b: 进一步调整了时间指示性变量、星期几指示性变量及测量当天和前2日共3 d的平均温度。

[Note] a: Only include PM_{2.5} and PM₁₀ concentrations as fixed effects in the model; b: Control time, weekdays, and the moving average of temperature from the day of measurement to previous 2 days (lag0-2 d) in the model.

别、受教育程度、体重状态、出行方式、吸烟史的修饰 ($P < 0.05$)；男性，受教育程度高，正常体重状态，坐公交、地铁、驾车等非骑自行车或步行的出行方式，

以及有吸烟史的人群的 PEFR 值受 $PM_{2.5}$ 的影响较大，而年龄、每天运动与否、二手烟暴露时间等因素的修饰效应均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表 4 测试当日及前 3 d (lag0~3 d) 共 4 d $PM_{2.5}$ 滑动平均浓度每升高 $10 \mu g/m^3$ 对 PEFR 效应的亚组分析
Table 4 Subgroup analysis of the changes of PEFR associated with $PM_{2.5}$ moving average per $10 \mu g/m^3$ increase against lag0-3 d

分组因素 Grouping factors	受试者人数 Number of subjects	纳入分析的样本量 Number of measurements	效应值 Effect values			交互作用 P P value of the interaction effect
			PEFR 变化值 (L/min) Changes of PEFR	95% 可信区间 95% confidence interval	P	
年龄 (岁) (Age, years)						0.220
50~64	21	629	-0.581	-0.944~-0.218	0.002	
65~70	15	450	-0.565	-1.080~-0.049	0.032	
性别 (Sex)						<0.001
男性 (Male)	12	359	-1.250	-1.920~-0.579	0.000	
女性 (Female)	24	720	-0.263	-0.567~0.041	0.090	
受教育程度 (Educational level)						
初中及以下 (Middle school and below)	13	390	-0.058	-0.407~0.291	0.744	
高中 (High school)	13	389	-0.483	-0.906~-0.060	0.026	0.360
大专及以上 (College and above)	10	300	-1.529	-2.377~-0.680	<0.001	<0.001
体重状态 (Body mass index)						
正常 (Normal)	13	390	-0.942	-1.605~-0.280	0.006	
超重 (Overweight)	16	479	-0.297	-0.638~0.044	0.088	0.002
肥胖 (Obesity)	7	210	-0.175	-0.649~0.298	0.469	0.016
主要出行方式 (Main trip mode)						0.001
骑自行车或步行 (By bike or walk)	25	750	-0.409	-0.712~-0.106	0.008	
其他 ^a (Others)	11	329	-1.015	-1.720~-0.310	0.005	
每天运动 (Exercise everyday)						0.546
否 (No)	20	599	-0.687	-1.173~-0.200	0.006	
是 (Yes)	16	480	-0.472	-0.794~-0.150	0.004	
吸烟史 ^b (Smoking history)						<0.001
无 (No)	30	899	-0.343	-0.632~-0.054	0.020	
有 (Yes)	6	180	-1.821	-2.864~-0.778	0.001	
二手烟暴露时间 (h/d) Exposure time of secondhand smoke						0.527
<1	30	899	-0.617	-0.945~-0.289	0.000	
≥ 1	6	180	-0.535	-1.354~0.283	0.202	

[注] a：包括自驾车及乘坐公交、地铁、出租车等；b：所有研究对象现在均不吸烟。

[Note] a: Others include by car, by bus, by subway, by taxi, etc.; b: All study subjects do not smoke now.

3 讨论

本研究发现 0~3 d 内 PM_{10} 对中老年人 PEFR 的影响均无统计学意义，而该时间范围内 $PM_{2.5}$ 对中老年人 PEFR 的影响均具有统计学意义；其中男性，受教育程度高，正常体重状态，坐公交、地铁、驾车等出行方式，有吸烟史的人群属于更加敏感的易感人群。

$PM_{2.5}$ 对于 PEFR 具有较明显的短期效应而 PM_{10} 却没有，与 Lee 等^[16] 在韩国老年人群中开展的长期效应研究结果一致。该随访 2 年的研究发现 PM_{10} 每上升 $10 \mu g/m^3$ ，PEFR 下降 0.39 (0.14, 0.63) L/min， $PM_{2.5}$ 每上升 $10 \mu g/m^3$ ，PEFR 下降 0.54 (0.19, 0.89) L/min，在长

期效应中 $PM_{2.5}$ 对 PEFR 的效应要明显强于 PM_{10} ^[16]。本研究从短期效应的角度进一步支持了 $PM_{2.5}$ 对 PEFR 的损害效应强于 PM_{10} 的观点。Schwartz 等^[6] 在美国宾夕法尼亚州尤宁镇对儿童两个多月的队列研究也显示，细颗粒物比粗颗粒物对呼吸系统的急性作用更强，发现 $PM_{2.5}$ 每上升 $15 \mu g/m^3$ ，PEFR 下降 0.91 L/min；但是 $2.5 \sim 10 \mu m$ 的颗粒物对 PEFR 没有影响。值得注意的是，其他关于 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 对肺功能的短期效应研究主要集中在学生群体，均发现了 $PM_{2.5}$ 在短期内 (0~3 d) 对研究对象的肺功能产生损害作用^[4-5, 7-11]，但这些研究也发现 PM_{10} 同样具有短期肺功能损害作用，尽管效

应低于 $PM_{2.5}$,提示中老年人和儿童少年学生群体的易感性可能不同。

呼吸道是空气颗粒污染物可直接接触到的靶器官, $PM_{2.5}$ 等空气颗粒污染物可通过炎性损伤、氧化应激等机制损害呼吸道的清洁机制和气道的反应性,进而降低肺功能^[17]。 $PM_{2.5}$ 比 PM_{10} 颗粒直径更小,比表面积更大,能进入到的肺部和呼吸道范围更大,渗透更深,且携带的有毒有害物质(如重金属、多环芳烃)更多,这可以从机制上解释 $PM_{2.5}$ 的短期效应强于 PM_{10} 的现象^[17-18]。

本研究发现男性,受教育程度高,正常体重状态,坐公交、地铁、驾车等出行方式,有吸烟史的人群的PEFR对于 $PM_{2.5}$ 的短期效应更加敏感,为制定预防大气污染造成的肺部疾病负担(如COPD)提供了很好的提示。例如,从不吸烟、践行健康环保的出行方式,不仅本身具有一定的健康效应,还可以一定程度上减轻空气污染的危害;也可能步行或骑车的这部分人的身体素质较好,从而 $PM_{2.5}$ 造成的危害更小,可进行进一步的研究。这也提示人们平时可通过戒烟、锻炼身体,提高自身身体素质,从而增强对空气污染危害的抵抗力。本研究提示超重、肥胖人群对空气污染更不敏感,与既往研究^[19-20]发现BMI偏低是COPD的危险因素是一致的,但这并不是要鼓励中老年人超重肥胖,超重肥胖对于健康的危害是显而易见的,本研究提示相比超重肥胖人群,正常BMI的中老年人应当更加注意通过其他方式(如戴口罩、避免吸烟、健康出行)来防护空气污染对肺功能的损害。

本研究为重复测量的定组研究^[21],主要优点包括:①每一个体作为自身的对照,克服了个体间的变异,分析时可更好地集中于效应。②研究所需的个体相对较少,因此更加经济。③之前暴露的效应有可能滞留到后面才显现,本研究可以分析PEFR的值与前1、2、3日的 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 浓度的关系,以探讨滞留效应。此外,本研究尚存在下述不足:①采用了室外固定站点的监测数据作为调查对象的个体暴露水平,难以得到个体具体暴露量,因而存在暴露测量误差。②定组研究本身的缺点包括学习效应,即由于逐步熟悉实验,研究对象的反应能力有可能逐步提高,可能导致测量值逐渐增加。本研究尽量在开始时教会其正确测量方法,并在随访过程中监督之,以保持测量数据的均衡。③限于可行性,本研究由受试者自行测量PEFR,且每次测量只吹一次气,存在一定的测量误差,

该误差可能会在一定程度上造成无差异错分,从而低估 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的真实效应。④考虑到测量的方便性、长期性以及研究经费限制,本研究选择了相对简单的指标(PEFR),无法全面反映 $PM_{2.5}$ 对肺功能的影响,以后可以对更多指标进行研究。

综上所述,在中老年人群中,0~3 d内短期暴露于较高浓度 $PM_{2.5}$ 便可出现PEFR降低,其中男性,受教育程度高,正常体重状态,坐公交、地铁、驾车等出行方式,有吸烟史的人群属于易感人群,而 PM_{10} 对肺功能的短期效应不明显。

参考文献

- [1] COHEN AJ, BRAUER M, BURNETT R, et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015 [J]. *Lancet*, 2017, 389 (10082): 1907-1918.
- [2] WANG C, XU J, YANG L, et al. Prevalence and risk factors of chronic obstructive pulmonary disease in China (the China Pulmonary Health [CPH] study): a national cross-sectional study [J]. *Lancet*, 2018, 391 (10131): 1706-1717.
- [3] LELIEVELD J, EVANS JS, FNAIS M, et al. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale [J]. *Nature*, 2015, 525 (7569): 367-371.
- [4] TIITTANEN P, TIMONEN KL, RUUSKANEN J, et al. Fine particulate air pollution, resuspended road dust and respiratory health among symptomatic children. [J]. *Eur Respir J*, 1999, 13 (2): 266-273.
- [5] GOLD DR, DAMOKOSH AI, POPE III CA, et al. Particulate and ozone pollutant effects on the respiratory function of children in southwest Mexico City [J]. *Epidemiology*, 1999, 10 (1): 8-16.
- [6] SCHWARTZ J, NEAS LM. Fine particles are more strongly associated than coarse particles with acute respiratory health effects in schoolchildren [J]. *Epidemiology*, 2000, 11 (1): 6-10.
- [7] 叶晓芳, KIM DS, 张翼翔, 等. 沙尘天气大气颗粒物对学龄儿童最大呼气流速的影响 [J]. *环境与健康杂志*, 2008, 25 (7): 571-574.
- [8] CHANG YK, WU CC, LEE LT, et al. The short-term effects of air pollution on adolescent lung function in Taiwan [J]. *Chemosphere*, 2012, 87 (1): 26-30.

- [9] 李娇元, 马露, 刘立志, 等. 武汉市秋冬季空气颗粒物暴露对大学生肺功能的短期影响 [J]. 中华预防医学杂志, 2013, 47 (2) : 155-159.
- [10] 周童, 钱兰红, 钱斌, 等. 城市空气污染物浓度对健康青年肺功能的短期影响 [J]. 江苏医药, 2015, 41 (5) : 546-548.
- [11] 张云权, 马露, 朱耀辉, 等. 冬季颗粒物暴露对大学生 1s 最大呼气量及呼吸道症状的急性影响 [J]. 中华预防医学杂志, 2015, 49 (4) : 350-355.
- [12] EPTON MJ, DAWSON RD, BROOKS WM, et al. The effect of ambient air pollution on respiratory health of school children : a panel study [J]. Environ Health, 2008, 7 : 16.
- [13] PEACOCK JL, SYMONDS P, JACKSON P, et al. Acute effects of winter air pollution on respiratory function in schoolchildren in southern England [J]. Occup Environ Med, 2003, 60 (2) : 82-89.
- [14] 邢琪, 陈灿. 学龄儿童肺功能水平影响因素的研究 [J]. 中国环境监测, 2001 (T01) : 71-75.
- [15] 徐文玺, 陈仁杰, 阚海东. PM_{2.5} 对上海市城区某社区居民血压影响的定组研究 [J]. 中华预防医学杂志, 2016, 50 (8) : 716-720.
- [16] LEE JT, SON JY, CHO YS. The adverse effects of fine particle air pollution on respiratory function in the elderly [J]. Sci Total Environ, 2007, 385 (1/2/3) : 28-36.
- [17] 鹿奎奎, 凌敏, 卞倩. 大气细颗粒物致呼吸系统氧化应激和炎症反应损伤机制研究进展 [J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2017, 31 (6) : 682-688.
- [18] 严思远, 李新鸣, 肖纯凌. PM_{2.5} 对呼吸系统损伤的流行病学和机制研究进展 [J]. 沈阳医学院学报, 2016, 18 (5) : 388-391.
- [19] 邓赶飞, 乜庆荣, 李春娟. 体质指数与老年 COPD 患者肺功能的关系 [J]. 贵州医科大学学报, 2017, 42 (11) : 1315-1317.
- [20] 范敏娟, 海冰, 赵国厚, 等. 体重指数和慢性阻塞性肺疾病患者肺功能及呼吸困难的研究 [J]. 中国老年保健医学, 2011, 9 (1) : 6-7.
- [21] 刘越, 黄婧, 郭新彪, 等. 定组研究在我国空气污染流行病学研究中的应用 [J]. 环境与健康杂志, 2013, 30 (10) : 932-935.

(英文编辑: 汪源; 编辑: 邱丹萍, 丁瑾瑜; 校对: 汪源)

· 告知栏 ·

欢迎关注《环境与职业医学》杂志微信公众号

《环境与职业医学》杂志微信公众号已正式上线, 该平台包括“读者”“作者”和“我们”三个主菜单, 主要提供稿件状态查询、当期最新内容及稿件撰写要求等内容, 同时也发布国内外最新研究动态及发展前沿等资讯, 满足读者网络时代碎片化阅读的需求。本平台旨在为编者、作者、读者之间搭建一个分享、学习、互动的平台, 以此推动《环境与职业医学》杂志的健康发展。

请直接扫描右侧二维码或在公众号中搜索“环境与职业医学”(微信号: JEOM), 即可关注本刊微信公众号。

