

# 武汉市大气污染物水平与儿童呼吸道疾病门诊量的滞后效应分析

刘准<sup>1</sup>, 陈丹<sup>1</sup>, 霍细香<sup>2</sup>, 殷俊<sup>3</sup>, 梅越<sup>1</sup>

## 摘要:

**[目的]** 评估武汉市大气污染物PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、CO和SO<sub>2</sub>日均质量浓度(以下简称“浓度”)对儿童呼吸道疾病就诊量的影响。

**[方法]** 收集2015—2016武汉市大气污染物资料、气象资料和湖北省妇幼保健院儿童呼吸系统疾病病例资料。用Spearman相关分析6种大气污染物与平均温度和相对湿度的相关性。采用广义相加模型(GAM)控制星期几效应、气象因素、假期效应等因素,分析大气污染物与儿童上、下呼吸道疾病门诊量和呼吸系统疾病总门诊量的关系及滞后效应(lag1~lag5)和累积效应(lag0:1~lag0:5),选取最大效应值作为大气污染物对就诊量影响的暴露风险估计值。

**[结果]** 在累积滞后效应中,大气污染物浓度每上升一个四分位数间距,呼吸系统疾病总门诊量上升的超额危险度(ER)及其95%可信区间(95%CI)分别为:PM<sub>2.5</sub>(lag0:4)1.78%(0.12%~3.46%)、PM<sub>10</sub>(lag0:5)3.48%(0.49%~6.56%)、NO<sub>2</sub>(lag0:5)6.59%(3.75%~9.52%)、CO(lag0:5)3.27%(0.02%~6.63%)、SO<sub>2</sub>(lag0:5)3.66%(0.62%~6.80%)、O<sub>3</sub>(lag0:4)2.65%(0.03%~5.29%),都是在累积滞后4~5d时总门诊量ER达到最高。在滞后效应中,下呼吸道疾病门诊量在PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、NO<sub>2</sub>、CO和SO<sub>2</sub>滞后5d时ER达到最高;上呼吸道疾病门诊量在PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>和SO<sub>2</sub>当日,NO<sub>2</sub>和CO滞后4d时ER达到最高;下呼吸道疾病就诊量与O<sub>3</sub>无明显关联( $P<0.05$ )。

**[结论]** 武汉市6种大气污染物浓度升高对儿童呼吸系统疾病门诊量的增加有明显影响,且对下呼吸道疾病存在较为明显的滞后效应。

**关键词:** 空气污染;儿童;呼吸系统疾病;时间序列分析;广义相加模型

**引用:** 刘准, 陈丹, 霍细香, 等. 武汉市大气污染物水平与儿童呼吸道疾病门诊量的滞后效应分析[J]. 环境与职业医学, 2018, 35(2): 124-130. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2018.17650

**Lag effects of air pollutant levels on pediatric respiratory disease outpatient visits in Wuhan** LIU Zhun<sup>1</sup>, CHEN Dan<sup>1</sup>, HUO Xi-xiang<sup>2</sup>, YIN Jun<sup>3</sup>, MEI Yue<sup>1</sup> (1.Hubei Province Key Laboratory of Occupational Hazard Identification and Control, School of Public Health, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430000, China; 2.Health Monitoring Inspection Stations, Hubei Provincial Center for Disease Control and Prevention, Wuhan, Hubei 430000, China; 3.Public Health Monitoring Stations, Jingzhou City Center for Disease Control and Prevention, Jingzhou, Hubei 434000, China). Address correspondence to CHEN Dan, E-mail: dipi99@163.com • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

## Abstract:

**[Objective]** To assess the impacts of daily average concentrations of air pollutants including PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, and SO<sub>2</sub> on the number of visits for respiratory diseases of children in Wuhan City.

**[Methods]** The data of selected air pollutants, meteorology, and cases of respiratory diseases of children who visited the Hubei Maternal and Child Health Hospital were collected from 2015 to 2016. Spearman correlation was used to analyze the correlations of six air pollutants with average temperature and relative humidity. Generalized additive model (GAM) was used to analyze the lag effects (lag1-lag5) and cumulative lag effects (lag0:1-lag0:5) of air pollutants on the outpatient visits in children for upper

· 作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

**[作者简介]** 刘准(1992—), 男, 硕士生; 研究方向: 环境卫生; E-mail: 3445479416@qq.com

**[通信作者]** 陈丹, E-mail: dipi99@163.com

**[作者单位]** 1. 武汉科技大学公共卫生学院, 职业危害识别与控制湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430000; 2. 湖北省疾病预防控制中心卫生监督检验防护所, 湖北 武汉 430000; 3. 荆州市疾病预防控制中心公共卫生监测所, 湖北 荆州 434000

respiratory tract disease, lower respiratory tract disease, and respiratory disease, after controlling factors such as day of the week, meteorological factors, and holidays. The maximum effect value was selected as the exposure risk estimate of the impact of air pollutants on pediatric respiratory disease outpatient visits.

[ Results ] For the cumulative lag effect, an *IQR* increase in air pollutant concentration was associated with the increase in the total number of visits for pediatric respiratory disease [excess risk (*ER*), 95%*CI*]:  $PM_{2.5}$  (lag0:4), 1.78% (0.12%-3.46%);  $PM_{10}$  (lag0:5), 3.48% (0.49%-6.56%);  $NO_2$  (lag0:5), 6.59% (3.75%-9.52%);  $CO$  (lag0:5), 3.27% (0.02%-6.63%);  $SO_2$  (lag0:5), 3.66% (0.62%-6.80%); and  $O_3$  (lag0:4), 2.65% (0.03%-5.29%). The *ER* for total number of visits all reached the highest after 4-5 days of cumulative lag. For the lag effect: the *ER* of lower respiratory tract disease reached the highest on lag day 5 for  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $NO_2$ ,  $CO$ , and  $SO_2$ ; the *ER* of upper respiratory tract disease reached the highest on current day for  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , and  $SO_2$ , and on lag day 4 for  $NO_2$  and  $CO$ ; there was no significant correlation between the number of visits for lower respiratory tract disease and  $O_3$  ( $P>0.05$ ).

[ Conclusion ] Elevated concentrations of selected six air pollutants in Wuhan City have significant influences on the number of visits for respiratory disease in children, and obvious lag effects on lower respiratory tract disease.

**Keywords:** air pollution; child; respiratory disease; time series analysis; generalized additive model

**Citation:** LIU Zhun, CHEN Dan, HUO Xi-xiang, et al. Lag effects of air pollutant levels on pediatric respiratory disease outpatient visits in Wuhan[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2018, 35(2): 124-130. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2018.17650

随着工业化和城市化进程的加速,空气污染日益严重,对人类的健康造成巨大危害。许多城市雾霾天气增加,对健康的影响直接覆盖到所有年龄段人群,特别是对易感人群如儿童、老年人和孕妇等的影响更加严重。雾霾主要是由 $SO_2$ 、 $NO_x$ 和 $PM_{10}$ 组成,其中悬浮在空气中的颗粒物可吸附有毒有害物质直接到达并黏附在人体的肺叶和下呼吸道中。相关研究<sup>[1-3]</sup>也表明大气污染对呼吸系统疾病有明显影响,甚至会造成呼吸系统的慢性疾病<sup>[4-5]</sup>。如今空气污染已成为人们不可忽视的问题。

儿童的免疫力弱,容易受到空气中各种污染物的影响,是对空气污染最为敏感的人群之一<sup>[6-7]</sup>。最近有研究表明,大气污染物浓度上升会使儿童呼吸系统疾病就诊量和住院率增加<sup>[8-9]</sup>。本研究基于武汉市2015—2016年气象环境资料和同时期湖北省妇幼保健院儿童呼吸系统疾病就诊数据,分析和探讨儿童上、下呼吸道疾病门诊量和呼吸系统疾病总门诊量与大气污染物种类及水平之间的关系,为预防儿童呼吸系统疾病提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究资料来源

1.1.1 门诊病例资料 数据来自湖北省妇幼保健院的医院信息系统,时间区间为2015年1月1日至2016年12月31日。选取的就诊者为居住于武汉市0~14岁的儿童,按照国际疾病分类标准第十版(ICD-10)筛选呼吸系统疾病的病例(J00~J99)。其中,上呼吸道疾病病例共计350 318例,其主要诊断为上呼吸道感染、

感冒、咽炎、喉炎、扁桃体炎等;下呼吸道疾病病例共计265 278例,其主要诊断为哮喘、肺炎、支气管炎等;呼吸系统疾病选取的是上、下呼吸道疾病等病例的总和。

1.1.2 大气污染物和气象资料 采集武汉市同期的空气污染物和气象指标数据。气象指标包括当日平均气温和当日相对平均湿度,空气污染物包括 $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$ 、 $O_3$ 、 $CO$ 、 $NO_2$ 和 $SO_2$ 共6项指标。气象指标和空气污染物数据来源于武汉市环保局环保监测点数据。

### 1.2 研究方法

1.2.1 描述性分析 对大气污染物质量浓度(以下简称“浓度”)、气象指标和儿童呼吸系统疾病总门诊量、上呼吸道疾病门诊量、下呼吸道疾病门诊量进行描述性分析。分析指标有最小值、最大值、 $P_{25}$ 、 $M$ 和 $P_{75}$ 。

1.2.2 相关性分析 通过SPSS 17.0软件对数据进行统计学分析,采用Spearman相关分析 $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$ 、 $O_3$ 、 $CO$ 、 $NO_2$ 、 $SO_2$ 与平均温度和相对湿度的相关性。

1.2.3 时间序列分析 通过基于Poisson回归的广义相加模型(generalized additive model, GAM)分析门诊量与空气污染物的关联<sup>[10]</sup>。相对武汉市总人口而言,每日儿童发生呼吸系统疾病的事件属于小概率事件,其分布近似服从Poisson分布。在观察大气污染物对门诊量的影响时,需控制一些混杂因素的影响,如可能因为一周中某天就诊量相对较大,而需控制星期几效应(day of the week effect)以及假期效应(holiday effect),并采用自然平滑样条函数拟合时间序列的长期趋势、温度和湿度,用来确定温度、湿度和时间趋势的自由度。最后自由度的选择基于AIC法则<sup>[11]</sup>。

GAM公式如下所示。

$$\lg E(Y_t) = \beta Z_t + ns(\text{time}, \nu) + ns(\text{temperature}, \nu) + ns(RH, \nu) + \text{day of the week} + \text{holiday} + \text{intercept} \quad (1)$$

(1)式中,  $E(Y_t)$ 是指在第 $t$ 日儿童发生呼吸系统疾病的就诊数;  $Z_t$ 表示第 $t$ 日污染物的浓度;  $\beta$ 是暴露反应关系系数;  $ns$ 是自然平滑样条函数;  $\nu$ 为其自由度;  $\text{time}$ 为日期变量;  $\text{temperature}$ 为当日平均气温;  $RH$ 为当日平均相对湿度;  $\text{day of the week}$ 为星期几效应, 作为因子变量引入模型;  $\text{holiday}$ 为节假日效应, 作为哑变量引入模型;  $\text{intercept}$ 为截距。

分别对当日大气污染物浓度( $\text{lag}0$ )、滞后效应与儿童呼吸系统疾病门诊量进行分析, 计算滞后1~5 d ( $\text{lag}1 \sim \text{lag}5$ )和污染物浓度多日移动平均值, 即累积滞后1~5 d ( $\text{lag}0:1 \sim \text{lag}0:5$ )。分别对不同暴露时段效应进行检验, 计算超额危险度( $ER$ )及其95%可信区间(95% $CI$ ), 选取最大效应值为大气污染物对门诊量影响的暴露风险估计值。使用公式(2)计算大气污染物质量浓度每增加一个四分位间距( $IQR$ ), 其门诊量增加的风险。各污染物的 $IQR$ :  $\text{PM}_{2.5}$ 为 $47.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $\text{PM}_{10}$ 为 $66.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $\text{NO}_2$ 为 $25.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $\text{CO}$ 为 $470.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $\text{SO}_2$ 为 $11.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $\text{O}_3$ 为 $68.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

$$ER = [\exp(\beta \times IQR) - 1] \times 100\% \quad (2)$$

数据分析采用R3.43统计软件进行拟合, 所用的软件包为 $\text{dlnm library}(\text{mgcv})$ 、 $\text{library}(\text{dlnm})$ 、 $\text{library}(\text{splines})$ 。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 描述性分析

2015—2016年武汉市日均相对湿度为82.0%, 日

均气温为 $18.5^\circ\text{C}$ 。 $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{O}_3$ 的日均值( $M$ )分别为53.0、94.0、44.6、1000.0、13.0、 $78.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 与GB 3095—2012《环境空气质量标准》二级浓度限值比较均未超标。儿童上呼吸道疾病日均门诊量为458.0人次, 下呼吸道疾病门诊量日均值为362.0人次。见表1。

表1 2015—2016年武汉市大气污染物浓度、气象因素和儿童呼吸系统疾病门诊人次描述情况

指标	最小值	$P_{25}$	$M$	$P_{75}$	最大值
气象因素					
相对湿度(%)	42.0	74.0	82.0	88.0	100.0
平均温度( $^\circ\text{C}$ )	-4.0	9.0	18.5	24.7	33.0
大气污染物( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )					
$\text{PM}_{2.5}$	7.0	35.0	53.0	82.2	258.0
$\text{PM}_{10}$	8.0	62.0	94.0	128.0	279.0
$\text{NO}_2$	11.0	34.0	44.6	59.0	120.0
$\text{CO}$	0.0	780.0	1000.0	1250.0	3000.0
$\text{SO}_2$	3.0	8.0	13.0	19.0	74.0
$\text{O}_3$	5.0	46.0	78.0	114.4	239.0
日门诊疾病人次(例)					
呼吸系统疾病	252	676.0	846.0	1031.0	1972
上呼吸道疾病	166	367.0	458.0	540.0	1142
下呼吸道疾病	67	262.0	362.0	467.0	801

### 2.2 大气污染物浓度与气象因素相关性分析

经Spearman相关分析可知, 6种大气污染物之间都存在相关性( $P<0.05$ ), 除 $\text{O}_3$ 外各污染物间均成正相关。大气污染物与气象因素之间, 除了 $\text{PM}_{2.5}$ 与平均相对湿度无相关性( $P>0.05$ ), 其他均有相关性( $P<0.05$ )。CO与平均相对湿度、 $\text{O}_3$ 与平均温度呈正相关, 其他均成负相关。见表2。

表2 2015—2016年武汉市大气污染物浓度、气象因素之间的Spearman相关分析

指标	平均相对湿度	平均温度	$\text{PM}_{2.5}$	$\text{PM}_{10}$	$\text{NO}_2$	CO	$\text{SO}_2$	$\text{O}_3$
平均相对湿度	1.000							
平均温度	-0.132**	1.000						
$\text{PM}_{2.5}$	-0.046	-0.535**	1.000					
$\text{PM}_{10}$	-0.357**	-0.231**	0.818**	1.000				
$\text{NO}_2$	-0.103**	-0.375**	0.727**	0.765**	1.000			
CO	0.245**	-0.496**	0.746**	0.517**	0.631**	1.000		
$\text{SO}_2$	-0.321**	-0.397**	0.666**	0.711**	0.681**	0.461**	1.000	
$\text{O}_3$	-0.494**	0.600**	-0.190**	0.119**	-0.074*	-0.366**	-0.080*	1.000

[注]\*:  $P<0.05$ , \*\*:  $P<0.01$ 。

### 2.3 回归模型拟合分析

由表3和图1可见滞后效应分析结果和变化趋势。在滞后效应中,  $\text{PM}_{2.5}$ 当日( $\text{lag}0$ )上呼吸道疾病门

诊量和呼吸系统疾病总门诊量 $ER$ 值均达到最高, 表现出较高的一致性。 $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{PM}_{10}$ 和 $\text{SO}_2$ 对上呼吸道疾病表现出很强的即时性, 即当日( $\text{lag}0$ )的 $ER$ 达到最

高,然后呈下降趋势。下呼吸道疾病门诊量在PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、SO<sub>2</sub>滞后5 d(lag5)时ER值达到最高,且下呼吸道疾病就诊量与O<sub>3</sub>无关联( $P>0.05$ )。PM<sub>2.5</sub>浓度每上升一个IQR(47.0 μg/m<sup>3</sup>),呼吸系统疾病(lag0)和上呼吸道疾病(lag0)门诊量(ER及其95%CI)分别增加1.46%(0.39%~2.58%)和1.22%(0.33%~2.13%),下呼吸道疾病门诊量(lag5)增加1.48%(0.32%~2.66%)。

表3 大气污染物浓度每增加一个IQR儿童呼吸系统疾病门诊量风险

疾病	污染物	最大效应值滞后时间	ER(%)	95%CI(%)
呼吸系统疾病	PM <sub>2.5</sub>	lag0	1.46*	0.39~2.58
	PM <sub>10</sub>	lag1	1.24*	0.56~1.94
	NO <sub>2</sub>	lag3	2.13*	0.67~3.61
	CO	lag0	1.33*	0.23~2.45
	SO <sub>2</sub>	lag3	1.01*	0.01~2.19
	O <sub>3</sub>	lag0	0.93*	0.02~1.86
上呼吸道疾病	PM <sub>2.5</sub>	lag0	1.22*	0.33~2.13
	PM <sub>10</sub>	lag0	1.61*	0.51~2.73
	NO <sub>2</sub>	lag4	2.36*	0.39~4.35
	CO	lag4	2.21*	0.43~4.02
	SO <sub>2</sub>	lag0	2.24*	0.24~4.29
	O <sub>3</sub>	lag3	1.56*	0.12~3.02
下呼吸道疾病	PM <sub>2.5</sub>	lag5	1.48*	0.32~2.66
	PM <sub>10</sub>	lag5	2.62*	0.54~4.75
	NO <sub>2</sub>	lag5	2.40*	0.40~4.43
	CO	lag5	1.13*	0.10~2.18
	SO <sub>2</sub>	lag5	2.01*	0.21~3.84
	O <sub>3</sub>	—	—	—

[注]\*:  $P<0.05$ 。

累积滞后效应分析结果和变化趋势见表4和图2。在累积滞后中,呼吸系统疾病总门诊量均在大气污染物累积滞后4~5 d时ER达到最高值。上呼吸道疾病在PM<sub>10</sub>、NO<sub>2</sub>和SO<sub>2</sub>累积滞后4 d(lag0:4)时ER达到最高值,在PM<sub>2.5</sub>、CO和O<sub>3</sub>累积滞后5 d(lag0:5)时ER达到最高值。下呼吸道疾病除了与O<sub>3</sub>无相关,与其他污染物均在累积滞后5 d时ER达到最高值。

表4 大气污染物浓度每增加一个IQR儿童呼吸系统疾病门诊量累积风险

疾病	污染物	最大效应值累积滞后时间	ER(%)	95%CI(%)
呼吸系统疾病	PM <sub>2.5</sub>	lag0:4	1.78*	0.12~3.46
	PM <sub>10</sub>	lag0:5	3.48*	0.49~6.56
	NO <sub>2</sub>	lag0:5	6.59*	3.75~9.52
	CO	lag0:5	3.27*	0.02~6.63
	SO <sub>2</sub>	lag0:5	3.66*	0.62~6.80
	O <sub>3</sub>	lag0:4	2.65*	0.03~5.29
上呼吸道疾病	PM <sub>2.5</sub>	lag0:5	2.65*	0.37~4.95
	PM <sub>10</sub>	lag0:4	3.86*	0.75~7.06
	NO <sub>2</sub>	lag0:4	8.58*	5.53~11.72
	CO	lag0:5	5.39*	1.59~9.34
	SO <sub>2</sub>	lag0:4	6.74*	3.33~10.26
	O <sub>3</sub>	lag0:5	6.80*	2.18~11.62
下呼吸道疾病	PM <sub>2.5</sub>	lag0:5	2.42*	0.22~4.64
	PM <sub>10</sub>	lag0:5	3.31*	0.53~6.11
	NO <sub>2</sub>	lag0:5	5.09*	1.58~8.72
	CO	lag0:5	2.84*	0.13~5.58
	SO <sub>2</sub>	lag0:5	2.12*	0.14~4.12
	O <sub>3</sub>	—	—	—

[注]\*:  $P<0.05$ 。

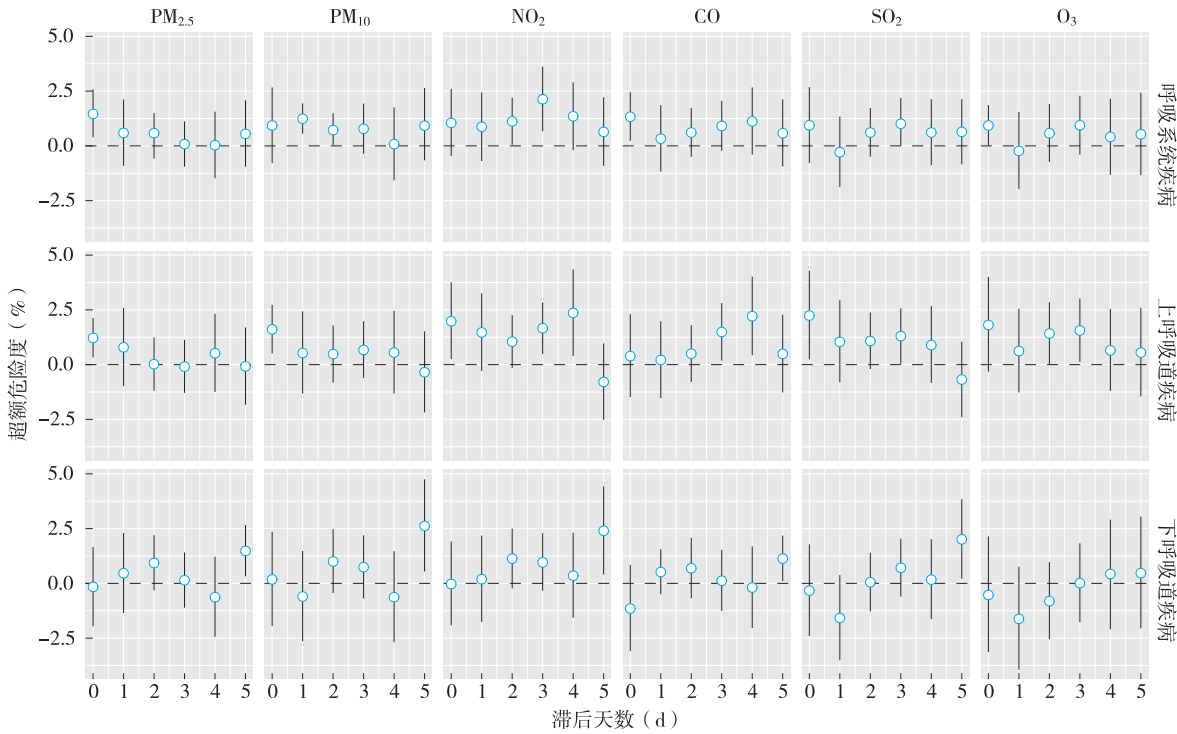


图1 武汉市大气污染物对儿童呼吸系统疾病门诊量的滞后效应



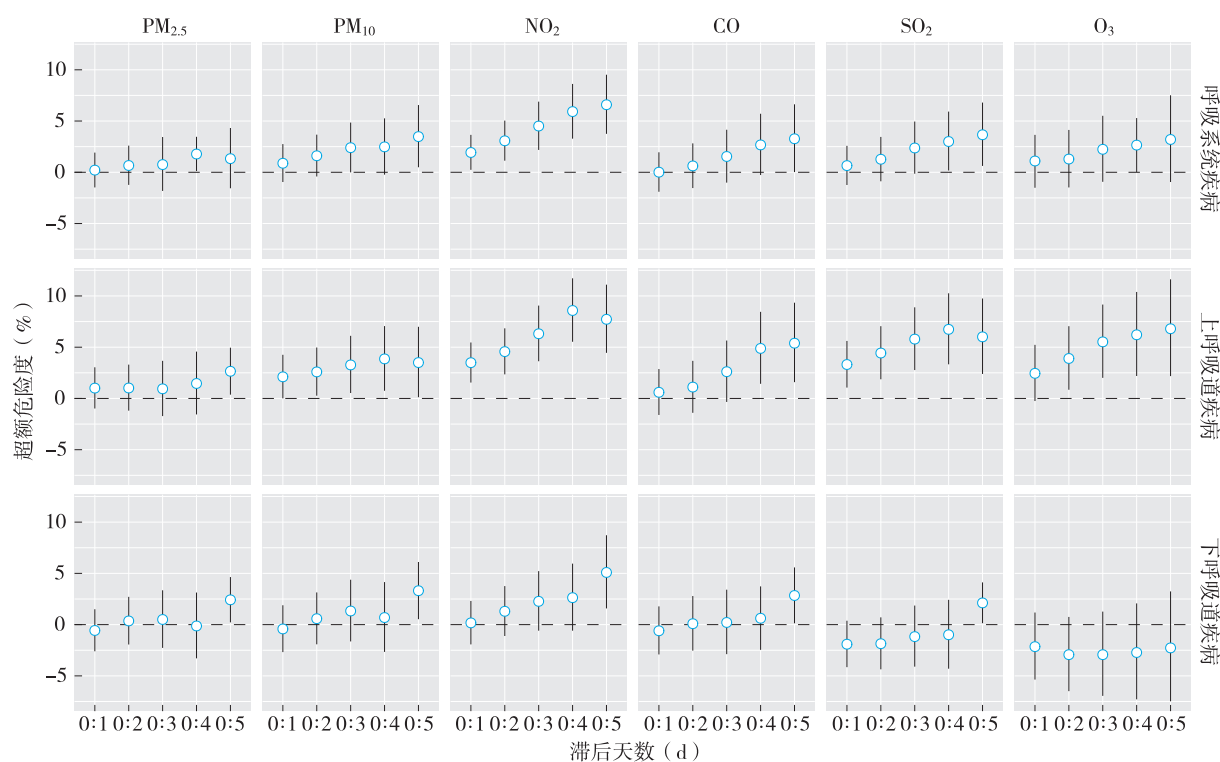


图2 武汉市大气污染物对儿童呼吸系统疾病门诊量的累积滞后效应

### 3 讨论

国内外研究发现,大气污染物的浓度与医院呼吸系统疾病总门诊量存在正相关<sup>[12-17]</sup>。张金良等<sup>[18]</sup>的研究结果表明,大气污染对医院呼吸内科和儿科门诊量有影响。白子娜等<sup>[19]</sup>的研究结果表明,滞后5d时,PM<sub>10</sub>依然对下呼吸道疾病的住院风险有影响;PM<sub>2.5</sub>浓度每增加10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,下呼吸道疾病的住院风险增加1.0%。

武汉市地处盆地,空气扩散条件有限,特别是秋冬季节,城区空气质量经常处于轻度到中度污染之间,时有雾霾发生,人群呼吸系统疾病频发。儿童肺泡上皮发育未完全,渗透性大,且每千克体重呼吸的空气量比成人多50%,属于易感人群。此次研究在滞后效应的分析中发现,武汉市6种大气主要污染物浓度每增加一个IQR时,儿童总呼吸系统疾病门诊量上升0.93%~2.13%,分别在PM<sub>2.5</sub>当日、PM<sub>10</sub>滞后1d、NO<sub>2</sub>滞后3d、CO当日、SO<sub>2</sub>滞后3d和O<sub>3</sub>当日时ER达到最高。NO<sub>2</sub>对儿童呼吸系统疾病总量和上呼吸道疾病的影响最为明显,当NO<sub>2</sub>浓度每上升一个IQR(25.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )时,儿童呼吸系统疾病就诊总量(ER及其95%CI)上升2.13%(0.67%~3.61%),上呼吸道疾病就诊量上升2.36%(0.39%~4.35%)。武汉市近年来机动车数量激增,汽车尾气排放增加,NO<sub>2</sub>浓度随之增高。刘卫艳等<sup>[20]</sup>的研究结果同样显示NO<sub>2</sub>对儿童

呼吸系统疾病影响最大。李宁等<sup>[21]</sup>研究也显示NO<sub>2</sub>浓度每增加10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时,儿科上呼吸道感染住院人数增加0.254%,较本研究而言增量较少,因为住院人数按一般少于门诊就诊人数,且本研究分析的是大气污染物每上升一个IQR带来的门诊量的增加。PM<sub>2.5</sub>对儿童呼吸系统疾病门诊量的影响为其次,浓度每上升一个IQR(47.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ),儿童呼吸系统疾病就诊总量上升1.46%(0.39%~2.58%)。PM<sub>10</sub>对儿童下呼吸道疾病影响最大,并在滞后5d时ER达到最高值。PM<sub>10</sub>浓度每上升一个IQR(66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ),儿童下呼吸道疾病门诊量上升2.62%(0.54%~4.75%)。PM<sub>10</sub>在大气环境中可吸附大量的微生物,当其被人体吸入后会进入呼吸道深部,沉积在呼吸道诱发呼吸系统疾病。本研究还发现儿童下呼吸道疾病在PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、NO<sub>2</sub>、CO和SO<sub>2</sub>滞后5d时ER达到最高值,上呼吸道疾病在PM<sub>2.5</sub>当日、PM<sub>10</sub>当日、NO<sub>2</sub>滞后4d、CO滞后4d、SO<sub>2</sub>当日时ER达到最高。与刘新超等<sup>[22]</sup>的研究结果类似,其结果也显示大气污染物对上呼吸道疾病门诊量的影响具有2d的滞后性,而对下呼吸道疾病门诊量的影响一般具有3d或7d的滞后性。这说明大气污染物所致的下呼吸道疾病相对上呼吸道疾病潜伏期更长。

本研究在累积滞后效应中发现,武汉市儿童上呼吸道疾病、下呼吸道疾病和呼吸系统疾病门诊量均在

累积滞后4~5d时达到最高值,并且发现6种大气主要污染物浓度每增加一个*IQR*,儿童呼吸系统疾病总门诊量(*ER*)上升1.78%~6.59%,相比滞后效应(上升0.93%~2.13%)更高。张燕萍等<sup>[23]</sup>的研究结果也表明,在大气污染物浓度对呼吸科门诊量的影响中,2d累积影响大于当日影响。由于单日的滞后效应可能会低估大气污染物的累积效应,所以本研究加入多日移动平均值以更全面地分析大气污染物对儿童呼吸系统疾病的健康效应。6种大气污染物浓度每上升一个*IQR*,呼吸系统疾病总门诊量(*ER*及其95%*CI*)上升分别为:PM<sub>2.5</sub>(lag0:4)1.78%(0.12%~3.46%)、PM<sub>10</sub>(lag0:5)3.48%(0.49%~6.56%)、NO<sub>2</sub>(lag0:5)6.59%(3.75%~9.52%)、CO(lag0:5)3.27%(0.02%~6.63%)、SO<sub>2</sub>(lag0:5)3.66%(0.62%~6.80%)、O<sub>3</sub>(lag0:4)2.65%(0.03%~5.29%)。这与国内外研究结论基本一致,但效应估计值的大小与同类研究相比略有不同。陈楠等<sup>[24]</sup>的研究显示,颗粒物直径为0.25~10μm,累积滞后4d时,颗粒物与呼吸系统疾病门诊量相关性最强;张莹等<sup>[25]</sup>的研究结果表明,PM<sub>10</sub>在累积滞后3d或5d时、SO<sub>2</sub>和NO<sub>2</sub>累积滞后2d时,呼吸系统疾病门诊人数增加的百分比达到最高,PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>和NO<sub>2</sub>质量浓度每增加10μg/m<sup>3</sup>,呼吸系统疾病全人群就诊量分别增加1.72%、1.34%和2.57%;谷少华等<sup>[26]</sup>的研究结果显示,空气污染指数(API)每升高10时,累积滞后3d和14d的呼吸系统疾病门诊量分别增加1.01%(0.15%~1.87%)和4.26%(1.89%~6.69%)。

相比其他研究,本次研究分儿童上、下呼吸道疾病进行分析,并发现了影响的差异化,这提示今后的研究可以更加细化对呼吸系统疾病的分类。此次研究中NO<sub>2</sub>对儿童上呼吸道疾病门诊量、下呼吸道疾病门诊量和呼吸系统疾病总门诊量的影响最为明显:当NO<sub>2</sub>质量浓度每上升一个*IQR*(25μg/m<sup>3</sup>)时,累积滞后4d儿童上呼吸道疾病门诊量(*ER*及其95%*CI*)上升8.58%(5.53%~11.72%)、累积滞后5d儿童下呼吸道疾病、呼吸系统疾病门诊量分别上升5.09%(1.58%~8.72%)、6.59%(3.75%~9.52%)。但也有研究发现NO<sub>2</sub>与呼吸系统疾病门诊量没有关联<sup>[27]</sup>。本研究也发现儿童下呼吸道疾病就诊量与O<sub>3</sub>无相关,其原因可能与不同地区大气污染水平、污染物来源与成分以及研究人群特征等因素有关。

综上所述,本研究应用时间序列方法较为客观地分析了大气污染物水平与儿童呼吸道疾病就诊情况

的关系,对保护易感人群、预防呼吸系统疾病具有一定的参考价值。结果显示6种大气污染物与儿童呼吸系统疾病门诊总量间均存在滞后效应和累积效应。任一污染物浓度的上升均会导致儿童呼吸系统疾病总门诊量的升高,各污染物对儿童呼吸系统疾病的急性影响存在一定差异。气象因素如相对温度、平均相对湿度与大气污染物之间也存在一定的相关性,从而影响儿童呼吸系统疾病的就诊量。这也提示相关部门需制定大气污染治理的有效对策,进一步完善空气质量监测工作,完善空气污染预警和应急响应机制,合理调配医疗资源,积极开展健康教育,从而降低儿童呼吸道疾病的发病率。研究也为预防大气污染对儿童健康的影响和污染的控制提供了科学依据,在制定政策时应尤其关注易感人群。个人应养成良好的生活习惯,每天定时开窗通风换气,雾霾天气减少户外活动,尽量佩戴口罩等设备出门,外出归来应用专用器具清洗鼻腔,可祛除累积的细菌使鼻腔保持清洁,以降低大气污染的多日累积效应对健康的影响。政府和个人的共同努力在一定程度上可以有效预防大气污染对健康的危害。

本研究只选择了武汉市一所大型医院,所以样本代表性有一定局限性。虽然调整了一些混杂因素,如星期几效应、假期效应和气象条件,仍然可能存在其他混杂因素。另外,由于研究的空气污染物之间存在很强的相关性,尚需进一步开展多污染物模型的研究。

## 参考文献

- [1] 张江华,郭常义,许慧慧,等.上海市大气污染与某医院呼吸系统疾病门诊量关系的时间序列研究[J].环境与职业医学,2014,31(11):846-851.
- [2] WANG KY, CHAU T T. An association between air pollution and daily outpatient visits for respiratory disease in a heavy industry area[J]. PLoS One, 2013, 8(10): e75220.
- [3] 唐旭,黄为,代华,等.重庆市不同大气污染水平地区学龄儿童呼吸系统症状及肺功能的比较[J].环境与职业医学,2017,34(5):415-420.
- [4] HWANG SL, LIN YC, GUO SE, et al. Fine particulate matter on hospital admissions for acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease in southwestern Taiwan during 2006–2012[J]. Int J Environ Health Res, 2017, 27(2): 95-105.
- [5] XU Q, LI X, WANG S, et al. Fine particulate air pollution and hospital emergency room visits for respiratory disease in urban

- areas in Beijing, China, in 2013[J]. PLoS One, 2016, 11(4): e0153099.
- [6] 李盛, 王金玉, 王宇红. 兰州市城关区大气污染对儿童呼吸系统疾病和症状的影响[J]. 环境与健康杂志, 2015, 32(1): 46-48.
- [7] 梁志江, 马远珠, 缪华章, 等. 广州地区空气污染对儿童呼吸系统疾病就诊人次的影响研究[J]. 环境与健康杂志, 2015, 32(6): 481-484.
- [8] 胡继宏, 靳利梅, 赵翊, 等. 大气主要污染物与儿童呼吸系统疾病住院率关系调查研究[J]. 中国全科医学, 2017, 20(5): 586-589.
- [9] 徐艳龙, 黄发源, 王志强, 等. 2014—2015年合肥市大气PM<sub>2.5</sub>污染对儿童门诊量影响的时间序列分析[J]. 环境与健康杂志, 2017, 34(4): 321-324.
- [10] DOMINICI F, PENG RD, BELL ML, et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases[J]. JAMA, 2006, 295(10): 1127-1134.
- [11] GASPARRINI A. Modeling exposure-lag-response associations with distributed lag non-linear models[J]. Stat Med., 2014, 33(5): 881-899.
- [12] LIN YK, CHANG SC, LIN C, et al. Comparing ozone metrics on associations with outpatient visits for respiratory diseases in Taipei Metropolitan area[J]. Environ Pollut, 2013, 177: 177-184.
- [13] 马关培, 邹宝兰, 许振成, 等. 广州市某区医院呼吸系统疾病门诊人数与大气污染关系的时间序列研究[J]. 环境与健康杂志, 2012, 29(6): 526-528.
- [14] 金叶, 李春玉, 张栋栋. 常州市空气中可吸入颗粒物浓度与儿科门诊人数的相关性调查[J]. 江苏预防医学, 2013, 24(2): 38-40.
- [15] 张莹, 邵毅, 王式功, 等. 北京市空气污染物对呼吸系统疾病门诊人数的影响[J]. 中国环境科学, 2014, 34(9): 2401-2407.
- [16] 杨程, 杨兴堂, 沈先标. 上海市某区2013—2015年大气污染物与医院门诊量的时间序列研究[J]. 环境与职业医学, 2017, 34(3): 235-238.
- [17] WAGNER JG, MORISHITA M, KEELER GJ, et al. Divergent effects of urban particulate air pollution on allergic airway responses in experimental asthma: a comparison of field exposure studies[J]. Environ Health, 2012, 11: 45.
- [18] 张金良, 闫崑, 刘惠卿, 等. 2013年初灰霾期间中国三城市空气污染对呼吸内科和儿科门诊量的影响[J]. 环境与健康杂志, 2014, 31(10): 847-852.
- [19] 白子娜, 段争. 石家庄市大气颗粒物(PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub>)对下呼吸道感染住院影响的病例交叉研究[J]. 解放军医学杂志, 2016, 41(2): 123-129.
- [20] 刘卫艳, 程庆林, 张磊, 等. 杭州市大气污染物对儿童呼吸系统疾病影响研究[J]. 中国预防医学杂志, 2017(1): 6-10.
- [21] 李宁, 张本延, 彭晓武. 大气污染与儿科呼吸系统疾病住院人数关系[J]. 中国公共卫生, 2009, 25(12): 1504-1505.
- [22] 刘新超, 郭洁, 申辉, 等. 成都市大气污染对儿童呼吸系统疾病的影响[J]. 高原山地气象研究, 2015, 35(3): 84-87.
- [23] 张燕萍, 李晋芬, 张志琴. 太原市颗粒物空气污染与居民每日门诊率的暴露-反应关系[J]. 环境与健康杂志, 2008, 25(6): 479-482.
- [24] 陈楠, 程娟, 孙鉴, 等. 2014年武汉市大气颗粒物数浓度与呼吸系统疾病日门诊量的时间序列研究[J]. 环境与职业医学, 2016, 33(10): 970-976.
- [25] 张莹, 宁贵财, 康延臻, 等. 北京市大气污染物与呼吸系统疾病入院人数的时间序列[J]. 兰州大学学报(自科版), 2015, 51(1): 87-92.
- [26] 谷少华, 贾红英, 李萌萌, 等. 济南市空气污染对呼吸系统疾病门诊量的影响[J]. 环境与健康杂志, 2015, 32(2): 95-98.
- [27] 吴彧, 张衍燊, 刘玲, 等. 郑州市空气污染对每日门诊人次影响的滞后效应和收获效应[J]. 环境与健康杂志, 2011, 28(3): 233-237.
- (收稿日期: 2017-11-01; 录用日期: 2017-12-14)  
(英文编辑: 汪源; 编辑: 丁瑾瑜; 校对: 王晓宇)