专栏：大气污染物的人群健康效应
Special column: Population health effects of air pollutants

上海市大气污染与某综合医院儿科呼吸系统疾病门诊人次的关系

张莉君[1a]，东春阳[1b]，许慧慧[1b]，吴春峰[1b]，郭常义[1c]，许东[2]，程昱[2]

1. 上海市疾病预防控制中心 / 上海市预防医学研究院 a. 公共服务与健康安全评价所 b. 健康危害因素监测与控制所 c. 办公室，上海 200336
2. 上海市徐汇区疾病预防控制中心环境职业卫生科，上海 200237

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2020.20119

摘要：

[背景] 国内外研究显示，大气污染物浓度升高与儿童肺功能降低、呼吸系统疾病及症状的发生密切相关。

[目的] 分析上海市某区大气污染物日均浓度与儿童呼吸系统疾病日门诊人次的相关性。

[方法] 收集2013—2018年上海市某综合医院儿科呼吸系统疾病日门诊人数，及距离最近的1个空气质量监测点的大气污染物监测资料，包括细颗粒物（$PM_{2.5}$）、可吸入颗粒物（PM_{10}）、二氧化氮（NO_2）、二氧化硫（SO_2）、臭氧（O_3）和一氧化碳（CO）及气象指标（温度、相对湿度）的日均值，采用基于Poisson分布的广义线性时间序列模型，分析大气污染对儿科呼吸系统疾病门诊人次的滞后效应（lag0~lag7）和累积滞后效应（lag01~lag07）。

[结果] 6种污染物浓度在不同时间每增加10 μg·m^{-3}对儿童呼吸系统疾病门诊量有不同程度的影响。$PM_{2.5}$在lag4的滞后效应和lag07的累积滞后效应最为显著，超额就诊风险（*ER*）为0.32%（95% *CI*：0.12%~0.53%）和0.59%（95% *CI*：0.15%~1.03%）；PM_{10}在lag3对门诊量有滞后影响，*ER*为0.19%（95% *CI*：0.00%~0.37%）；NO_2在lag3的滞后效应和lag07的累积滞后效应最为显著，*ER*分别为1.11%（95% *CI*：0.71%~1.51%）和3.05%（95% *CI*：2.24%~3.87%）；SO_2在lag4的滞后效应和lag07的累积滞后效应最为显著，*ER*分别为1.86%（95% *CI*：1.08%~2.65%）和4.90%（95% *CI*：3.31%~6.51%）；O_3与门诊量呈负相关，lag6的滞后效应和lag07的累积滞后效应最显著，*ER*分别为-0.21%（95% *CI*：-0.38%~-0.05%）和-0.56%（95% *CI*：-0.93%~-0.20%）；CO对儿童呼吸系统疾病的滞后效应主要体现在lag4和lag5，*ER*分别为0.30%（95% *CI*：0.07%~0.53%）和0.24%（95% *CI*：0.01%~0.47%）（$P<0.05$或$P<0.01$）。多污染物模型分析显示：当SO_2、NO_2与$PM_{2.5}$、O_3和CO共存时，SO_2和NO_2的效应更稳健，*ER*分别为1.54%（95% *CI*：0.49%~2.60%）和1.21%（95% *CI*：0.67%~1.74%）；当NO_2与PM_{10}、O_3和CO共存时，NO_2对门诊量影响最大，*ER*为1.41%（95% *CI*：0.88%~1.95%）（$P<0.01$）。

[结论] 上海市大气污染物$PM_{2.5}$、PM_{10}、NO_2、SO_2和CO水平与儿科呼吸系统疾病门诊人次间存在正相关关系，O_3与门诊人次呈负相关，SO_2和NO_2在污染物联合效应中作用更稳健。

关键词：大气污染物；儿童；呼吸系统疾病；时间序列分析

Association between ambient air pollution and pediatric respiratory disease outpatients in a hospital in Shanghai

ZHANG Li-jun[1a], DONG Chun-yang[1b], XU Hui-hui[1b], WU Chun-feng[1b], GUO Chang-yi[1c], XU Dong[2], CHENG Yu[2] (1.a.Division of Public Health Service and Safety Assessment b.Division of Health Risk Factors Surveillance and Control c.General Office, Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention/Shanghai Institute of Preventive Medicine, Shanghai 200336, China; 2.Environmental & Occupational Health Department, Shanghai Xuhui Centre for Disease Control and Prevention, Shanghai 200237, China)

Abstract:

[Background] Both domestic and foreign studies have shown that ambient air pollutant concentrations are closely related to the decrease of lung function and the occurrence of respiratory diseases and symptoms in children.

[Objective] The study aims to evaluate the association between daily air pollutant concentrations and hospital pediatric respiratory disease outpatients in Shanghai.

基金项目
国家空气污染对人群健康影响监测项目（无编号）；上海市科技创新行动计划-自然科学基金资助项目（19ZR1444300）

作者简介
张莉君（1979—），女，硕士，副主任医师；E-mail：zhanglijun@scdc.sh.cn

通信作者
许慧慧，E-mail：xuhuihui@scdc.sh.cn
许东，E-mail：xudong4478@163.com

伦理审批 已获取
利益冲突 无申报
收稿日期 2020-03-12
录用日期 2020-05-20

文章编号 2095-9982(2020)08-0741-06
中图分类号 R12
文献标志码 A

▸引用
张莉君，东春阳，许慧慧，等. 上海市大气污染与某综合医院儿科呼吸系统疾病门诊人次的关系[J]. 环境与职业医学，2020，37（8）：741-746.

▸本文链接
www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2020.20119

Funding
This study was funded.

Correspondence to
XU Hui-hui, E-mail: xuhuihui@scdc.sh.cn
XU Dong, E-mail: xudong4478@163.com

Ethics approval Obtained
Competing interests None declared
Received 2020-03-12
Accepted 2020-05-20

▸To cite
ZHANG Li-jun, DONG Chun-yang, XU Hui-hui, et al. Association between ambient air pollution and pediatric respiratory disease outpatients in a hospital in Shanghai[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2020, 37(8): 741-746.

▸Link to this article
www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2020.20119

[Methods] Generalized linear models (GLM) were used to evaluate the lag effects (lag0 to lag7) and cumulative lag effects (lag01 to lag07) between daily outpatients of pediatric respiratory diseases in a general hospital and daily air pollutant concentrations [including fine particulate matters ($PM_{2.5}$), inhalable particulate matters (PM_{10}), nitrogen dioxide (NO_2), sulfur dioxide (SO_2), ozone (O_3), and carbon monoxide (CO)] from a nearest air quality monitoring station in Shanghai in 2013–2018. Daily meteorological variables were also collected.

[Results] Per 10 μg·m^{-3} increase of the six pollutants at different lag time points had different effect sizes on pediatric respiratory disease outpatients. Per 10 μg·m^{-3} increase in concentrations of $PM_{2.5}$ at lag4 [excess risk (*ER*)=0.32%, 95% *CI*: 0.12%-0.53%] and lag07 (*ER*=0.59%, 95% *CI*: 0.15%-1.03%), PM_{10} at lag3 (*ER*=0.19%, 95% *CI*: 0.00%-0.37%), NO_2 at lag 3 (*ER*=1.11%, 95% *CI*: 0.71%-1.51%) and lag07 (*ER*=3.05%, 95% *CI*: 2.24%-3.87%), SO_2 at lag4 (*ER*=1.86%, 95% *CI*: 1.08%-2.65%) and lag07 (*ER*=4.90%, 95% *CI*: 3.31%-6.51%), O_3 at lag6 (*ER*=-0.21%, 95% *CI*: -0.38%--0.05%) and lag07 (*ER*=-0.56%, 95% *CI*: -0.93%--0.20%), and CO at lag4 (*ER*=0.30%, 95% *CI*: 0.07%-0.53%), and lag5 (*ER*=0.24%, 95% *CI*: 0.01%-0.47%) showed the largest effects among the respective categories ($P<0.05$ or $P<0.01$). The results of multi-pollutant model analysis showed that SO_2 and NO_2 had more stable and significant impacts on the pediatric respiratory disease outpatients when they coexisted with $PM_{2.5}$, O_3, and CO, and the related *ERs* (95% *CIs*) were 1.54% (0.49%-2.60%) and 1.21% (0.67%-1.74%), respectively; NO_2 showed the strongest effect when it coexisted with PM_{10}, O_3, and CO, and the related *ER* (95% *CIs*) was 1.41% (0.88%-1.95%) ($P<0.01$).

[Conclusion] The ambient $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, SO_2, and CO concentrations are positively and O_3 concentration is negatively associated with daily hospital pediatric outpatients due to respiratory diseases in Shanghai. The ambient NO_2 and SO_2 have more significant and stable synergistic effects in multi-pollutant model analysis compared with single-pollutant model analysis.

Keywords: air pollutant; child; respiratory disease; time-series analysis

大气污染及其健康影响是我国公共卫生研究的热点问题，尤其自2013年发生大范围以$PM_{2.5}$为表征的雾霾污染以来，大气污染及其健康影响受到了政府和公众的高度关注[1]。国内外研究均显示，大气污染物浓度的升高与人群呼吸系统疾病、心血管系统疾病及死亡率存在明显的相关关系[2-3]。欧盟、巴西等国家和地区的空气污染与健康的研究结果均表明，大气污染物浓度升高，儿童呼吸系统疾病发生率上升，且不同的大气污染物浓度对不同年龄、不同疾病类别产生的健康效应也不同[4-6]。儿童处于生长发育期，大气污染物浓度升高与儿童肺功能降低、呼吸系统疾病及症状的发生及神经系统发育受损都密切相关[7-8]。为研究上海市近年来的大气污染对儿童呼吸系统健康状况的急性效应，本研究收集了2013—2018年上海市某综合医院儿科每日门诊数据及同期环保、气象监测数据，通过采用广义线性模型（generalized linear models，GLM）定量分析了上海市大气污染对儿童呼吸系统健康的影响。

1 材料与方法

1.1 资料来源

选取上海市市区某综合型三甲医院为监测点，该院设立独立儿科门诊（儿科门诊中上海市患儿占近90%），通过医院信息系统获取2013—2018年儿科呼吸系统疾病和症状每日就诊人数，包括国际疾病分类第十版（International Classification of Disease 10th Revision，ICD-10）中的呼吸系统疾病和症状J00~J99、R04~R07和R09.0~R09.3。从上海市环境保护局距离该院最近的环保监测点（直线距离约2.5 km）收集同期每日污染物监测数据，指标涵盖细颗粒物（fine particulate matter with median aerodynamic diameter ≤ 2.5 μm，$PM_{2.5}$）、可吸入颗粒物（particulate matter with median aerodynamic diameter ≤ 10 μm，PM_{10}）、二氧化氮（nitrogen dioxide，NO_2）、二氧化硫（sulfur dioxide，SO_2）、臭氧（ozone，O_3）和一氧化碳（carbon monoxide，CO）质量浓度（下称浓度）。从上海市气象局收集同期气象监测数据，指标包括日平均温度、日平均相对湿度。本研究经上海市疾病预防控制中心伦理审查委员会审批通过，编号：2019-19。

1.2 分析方法

以Excel 2010建立数据库，R 3.6.3进行统计分析。研究期间的日门诊就诊人次数、大气污染物浓度、气象指标均采用均数、标准差、最小值、最大值和四分位数（P_{25}、P_{50}、P_{75}）描述。采用Spearman相关分析探索大气污染物、气象指标之间的相关性。每日儿童呼吸系统疾病门诊就诊人次数服从半泊松回归分布，采用GLM拟合，采用自然样条平滑函数拟合时间序列的长期趋势和季节趋势，模型中同时控制气象因素、星期几效应的混杂影响，日均温度、相对湿度均使用自然样条平滑函数拟合，依据文献报道[9]和经验值法，长期趋势和季节趋势自由度选择7年$^{-1}$，各气象指标自由度选3，星期几效应以分类变量形式纳入模型。依据赤池信息法则确定模型优劣。GLM为：$\lg E(y_t) = \beta Z_t + ns(t, u) + ns(T_{temp}, u) + ns(H_{humidity}, u) + as.factor$

(D_{dow}) $+I_{intercepto}$ 式中：$E(y_t)$ 为第 t 日门诊就诊人次；β 为暴露反应关系系数；Z_t 为第 t 日大气气态污染物浓度，μg·m^{-3}；ns 为自然平滑样条函数；t 为日期变量，υ 为自由度；T_{temp} 为第 t 日的平均温度，单位：℃；$H_{humidity}$ 为第 t 日相对湿度，单位：%；D_{dow} 为反映星期几效应的哑变量；*as.factor* 为对象转化函数，将变量转化为因子型；$I_{intercept}$ 为常数截距项。

对当日（lag0）的大气污染物与门诊日就诊量开展分析，并开展滞后效应和累积滞后效应分析，最终确定报道 0~7 d 的滞后效应（lag0~lag7）和累积滞后效应（lag01~lag07）。计算大气污染物浓度每升高 10 μg·m^{-3}，门诊量增加的超额危险度（excess risk，*ER*）及其 95% 置信区间（confidence interval，*CI*）。

2 结果

2.1 一般情况

2013 年 1 月 1 日 —2018 年 12 月 31 日该综合医院儿科门诊就诊量合计 777 865 人次，日均就诊量 355 人次。6 年间，$PM_{2.5}$、PM_{10}、NO_2、SO_2、O_3 和 CO 日均浓度分别为 48.60、63.96、47.63、15.86、120.09、857.35 μg·m^{-3}；研究期间的平均气温为 17.97℃，平均相对湿度为 69.45%。各指标具体分布特征见表 1。

表 1 2013—2018 年上海市某医院儿科呼吸系统疾病门诊人次、大气污染物与气象因素分布特征

Table 1 Descriptive statistics of pediatric respiratory disease outpatients in a hospital, air pollutant levels, and meteorological factor levels in Shanghai from 2013 to 2018

变量 Variable	样本量 n	$\bar{x}\pm s$	最小值 Min	P_{25}	P_{50}	P_{75}	最大值 Max	缺失值 Not available
呼吸系统疾病门诊人次数（Respiratory disease outpatients）	777 865	355.00±111.09	104.00	273.00	350.00	417.50	752.00	0
大气污染物浓度（Air pollutant concentration）								
$PM_{2.5}$/（μg·m^{-3}）	2 164	48.60±35.56	3.00	24.00	40.00	61.00	491.00	27
PM_{10}/（μg·m^{-3}）	2 129	63.96±40.66	3.00	37.00	54.00	79.00	483.00	62
NO_2/（μg·m^{-3}）	2 166	47.63±20.95	7.00	33.00	44.00	59.00	147.00	25
SO_2/（μg·m^{-3}）	2 174	15.86±11.41	2.00	9.00	13.00	19.00	91.00	17
O_3/（μg·m^{-3}）	2 173	120.09±53.94	14.00	82.00	107.00	145.00	394.00	18
CO/（μg·m^{-3}）	2 166	857.35±319.41	100.00	623.25	800.00	1 000.00	3 305.00	25
气象因素（Meteorological factors）								
平均温度/℃（Average temperature/℃）	2 191	17.97±8.63	-5.50	10.40	18.80	24.70	35.50	0
平均相对湿度/%（Average relative humidity/%）	2 191	69.45±13.84	25.00	60.00	70.00	80.00	99.00	0

2.2 大气污染物与气象指标的相关性

每日大气污染物浓度和气象指标的相关性分析结果显示，大气污染物浓度与气象指标之间存在相关关系：其中相关性最明显的是 $PM_{2.5}$ 与 PM_{10}（r=0.881），其次为 PM_{10} 与 SO_2（r=0.727）；除 O_3 与平均温度呈正相关外，其他大气污染物均与平均温度和平均相对湿度呈负相关。各指标间相关关系见表 2。

表 2 2013—2018 年上海市某监测点大气污染物与气象因素的相关性（r）

Table 2 Spearman correlation between air pollutants and meteorological variables in a spot in Shanghai from 2013 to 2018 (r)

变量 Variable	大气污染物浓度（Air pollutant concentration）					平均温度 Average temperature	平均相对湿度 Average relative humidity
	PM_{10}	NO_2	SO_2	O_3	CO		
$PM_{2.5}$ 浓度（$PM_{2.5}$ concentration）	0.881[a]	0.691[a]	0.677[a]	0.114[a]	0.666[a]	-0.285[a]	-0.230[a]
PM_{10} 浓度（PM_{10} concentration）	1.000	0.638[a]	0.727[a]	0.197[a]	0.589[a]	-0.229[a]	-0.457[a]
NO_2 浓度（NO_2 concentration）		1.000	0.607[a]	-0.162[a]	0.565[a]	-0.463[a]	-0.186[a]
SO_2 浓度（SO_2 concentration）			1.000	-0.033	0.502[a]	-0.444[a]	-0.530[a]
O_3 浓度（O_3 concentration）				1.000	-0.085[a]	0.623[a]	-0.210[a]
CO 浓度（CO concentration）					1.000	-0.287[a]	-0.070[a]
平均温度（Average temperature）						1.000	0.217[a]
平均相对湿度（Average relative humidity）							1.000

[注（Note）] a：P<0.01。

2.3 暴露反应关系

2.3.1 单污染物模型 单污染物模型显示，6种污染物对儿童呼吸系统疾病的门诊量均有不同程度的影响（$P<0.05$ 或 $P<0.01$）。在lag3、lag4和lag04~lag07，$PM_{2.5}$ 每升高10 μg·m^{-3}，对儿童呼吸系统疾病门诊量有滞后影响及累积滞后影响，分别在lag4和lag07影响最为显著，*ER*为0.32%（95% *CI*：0.12%~0.53%）和0.59%（95% *CI*：0.15%~1.03%）；PM_{10} 仅在lag3对儿童呼吸系统疾病门诊量有滞后影响，*ER*为0.19%（95% *CI*：0.00%~0.37%）；NO_2 在lag0~lag7和lag01~lag07对儿童呼吸系统疾病门诊量均有不同程度的滞后影响及累积滞后影响，分别在lag4和lag07效应最为显著，*ER*分别为1.06%（95% *CI*：0.67%~1.45%）和3.05%（95% *CI*：2.24%~3.87%）；SO_2 在lag0~lag7和lag01~lag07对儿童呼吸系统疾病门诊量均有不同程度的滞后影响及累积滞后影响，分别在lag4和lag07影响最为显著，*ER*分别为1.86%（95% *CI*：1.08%~2.65%）和4.90%（95% *CI*：3.31%~6.51%）；O_3 浓度与儿童呼吸系统疾病门诊量呈负相关，lag6和lag07的效应最明显，*ER*分别为-0.21%（95% *CI*：-0.38%~-0.05%）和-0.56%（95% *CI*：-0.93%~-0.20%）。CO浓度对儿童呼吸系统疾病的影响主要体现在lag4和lag5，*ER*分别为0.30%（95% *CI*：0.07%~0.53%）和0.24%（95% *CI*：0.01%~0.47%）。比较后发现，lag3时 $PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2 和 NO_2 对儿童呼吸系统疾病门诊量均呈有不同程度的影响，分别使门诊量增加0.28%、0.19%、1.11%、1.82%。详见表3。

表3 2013—2018年大气污染物对上海市某医院儿科呼吸系统疾病超额就诊人数影响的滞后效应

Table 3 Excess risks of pediatric respiratory disease outpatients in a hospital for per 10 μg·m^{-3} increase in air pollutants in Shanghai from 2013 to 2018

单位（Unit）：%

滞后时间 Lag time	$PM_{2.5}$		PM_{10}		NO_2		SO_2		O_3		CO	
	ER	95% *CI*	*ER*	95% *CI*	*ER*	95% *CI*	*ER*	95% *CI*	*ER*	95% *CI*	*ER*	95% *CI*
lag0	0.10	-0.11~0.31	-0.05	-0.25~0.15	0.89[a]	0.49~1.30	1.39[a]	0.53~2.25	-0.16	-0.37~0.04	0.09	-0.13~0.32
lag1	0.01	-0.19~0.22	-0.06	-0.25~0.13	0.76[a]	0.35~1.17	1.32[a]	0.48~2.16	-0.16	-0.34~0.03	0.05	-0.18~0.28
lag2	0.18	-0.03~0.39	0.09	-0.10~0.28	0.92[a]	0.51~1.33	1.74[a]	0.93~2.55	-0.02	-0.19~0.15	0.12	-0.11~0.35
lag3	0.28[a]	0.08~0.49	0.19[a]	0.00~0.37	1.11[a]	0.71~1.51	1.82[a]	1.03~2.61	0.02	-0.15~0.19	0.22	-0.01~0.45
lag4	0.32[a]	0.12~0.53	0.18	-0.01~0.36	1.06[a]	0.67~1.45	1.86[a]	1.08~2.65	-0.11	-0.28~0.06	0.30[a]	0.07~0.53
lag5	0.18	-0.03~0.38	0.04	-0.14~0.23	0.85[a]	0.45~1.24	1.50[a]	0.71~2.29	-0.16	-0.32~0.01	0.24[a]	0.01~0.47
lag6	0.05	-0.16~0.26	-0.09	-0.27~0.10	0.56[a]	0.16~0.95	1.00[a]	0.21~1.80	-0.21[a]	-0.38~-0.05	0.16	-0.07~0.39
lag7	0.10	-0.10~0.31	-0.03	-0.22~0.15	0.62[a]	0.23~1.02	1.16[a]	0.37~1.96	-0.21	-0.37~-0.04	0.23	0.00~0.46
lag01	0.08	-0.17~0.33	-0.08	-0.32~0.15	1.06[a]	0.59~1.54	1.93[a]	0.92~2.96	-0.23	-0.48~0.01	0.08	-0.18~0.34
lag02	0.15	-0.13~0.44	-0.04	-0.31~0.22	1.40[a]	0.86~1.95	2.52[a]	1.40~3.65	-0.21	-0.47~0.06	0.08	-0.21~0.37
lag03	0.30	-0.02~0.62	0.04	-0.26~0.34	1.90[a]	1.30~2.52	3.16[a]	1.95~4.39	-0.16	-0.45~0.13	0.13	-0.19~0.45
lag04	0.47[a]	0.12~0.82	0.13	-0.19~0.46	2.35[a]	1.69~3.02	3.80[a]	2.50~5.11	-0.23	-0.53~0.08	0.22	-0.12~0.56
lag05	0.54[a]	0.16~0.92	0.11	-0.24~0.46	2.65[a]	1.94~3.37	4.19[a]	2.79~5.60	-0.32	-0.64~0.01	0.26	-0.11~0.62
lag06	0.55[a]	0.14~0.96	0.02	-0.35~0.40	2.80[a]	2.04~3.57	4.47[a]	2.99~5.98	-0.45[a]	-0.79~-0.10	0.28	-0.10~0.67
lag07	0.59[a]	0.15~1.03	-0.04	-0.44~0.36	3.05[a]	2.24~3.87	4.90[a]	3.31~6.51	-0.56[a]	-0.93~-0.20	0.34	-0.07~0.75

[注] a：$P<0.05$；lag0~lag7为肺功能检测当天至前第7日；lag01~lag07为肺功能测量前累积1~7 d。

[Note] a: $P<0.05$; Lag0-lag7 indicate the 1st to the 7th days before pulmonary function test respectively; lag01-lag07 indicate the days of 1-7 d before pulmonary function test respectively.

2.3.2 多污染物模型 由于大气污染物的健康影响可能为多种污染物的共同影响，依据共有滞后效应最大化原则及文献报道[10-11]，选择lag3为最佳滞后日，通过改变控制长期趋势的时间变量自由度（4~9年$^{-1}$）来检验模型的稳定性。变更自由度后，模型剂量反应关系变化较小，提示模型拟合较好。选择Spearman相关系数小于0.7的污染物[12]，开展多污染物模型分析。模型1纳入污染物 $PM_{2.5}$、NO_2、SO_2、O_3 和CO，其中对门诊量影响最稳健的污染物为 NO_2 和 SO_2（$P<0.01$）；模型2纳入污染物 PM_{10}、NO_2、O_3 和CO，其中对门诊量影响最大的污染物为 NO_2（$P<0.01$）。所以在多污染物模型中，NO_2 和 SO_2 的影响依然显著，但 $PM_{2.5}$、PM_{10}、O_3、CO污染物效应均被削弱。见表4。

表4 2013—2018年大气污染物对上海市某医院儿科呼吸系统疾病就诊人次数的多污染物模型分析

Table 4 Excess risks for per 10 μg·m^{-3} increase in air pollutants on respiratory disease outpatients in a hospital by multiple-pollutant models in Shanghai from 2013 to 2018 单位（Unit）：%

分类	污染物 Air pollutant	超额风险（Excess risk）	
		ER	95% *CI*
模型1（Model 1）	$PM_{2.5}$	−0.16	−0.52~0.20
	NO_2	1.21[a]	0.67~1.74
	SO_2	1.54[a]	0.49~2.60
	O_3	−0.10	−0.28~0.08
	CO	−0.03	−0.06~0.01
模型2（Model 2）	PM_{10}	−0.12	−0.39~0.15
	NO_2	1.41[a]	0.88~1.95
	CO	−0.01	−0.05~0.02
	O_3	−0.05	−0.24~0.13

［注（Note）］a：$P<0.01$。

3 讨论

国内外流行病学研究显示，大气污染物短期内浓度升高与人群心血管、呼吸系统等疾病的门诊量或死亡率密切相关[13]。儿童处于生长发育期，由于呼吸速率较高，呼吸系统处于生长发育阶段，加之免疫系统相对薄弱，导致儿童相比成人对空气污染更为敏感，所以观察呼吸系统疾病门诊量能较敏感地反映大气污染物对儿童的健康影响[14]。

Zhang等[13]调查了上海市大气污染对各种呼吸系统疾病门诊量的影响，发现空气污染每增加一个四分位数间距，儿科呼吸系统疾病、上呼吸道感染和慢性阻塞性肺疾病的急诊就诊量都明显增加。Li等[14]调查了空气污染与合肥0~14岁儿童上呼吸道疾病门诊量之间的关联，发现PM_{10}在lag3和$PM_{2.5}$、SO_2、NO_2和CO在lag06使就诊风险分别增加0.15%、0.38%、2.92%、4.47%。Zhu等[15]分析了大气污染与儿童每日下呼吸道感染门诊量之间的关联，发现PM_{10}、NO_2和SO_2每增加一个四分位数间距，6 d累积门诊量分别增加2.8%、4.1%和5.6%。Song等[16]分析了石家庄大气污染与儿童呼吸系统疾病之间的关联，lag01时NO_2、$PM_{2.5}$和SO_2每增加10 μg·m^{-3}，呼吸系统疾病门诊量增加0.66%、0.13%和0.33%。本研究通过时间序列分析，发现$PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、NO_2和CO 5种污染物每升高10 μg·m^{-3}，对儿童呼吸系统疾病的门诊量均有不同程度的影响，但各种污染物效应最明显的时段和程度不同。在lag3，$PM_{2.5}$每增加10 μg·m^{-3}儿科呼吸系统疾病就诊风险就增加0.28%，PM_{10}会使门诊就诊风险增加0.19%，NO_2使就诊风险增加1.11%，SO_2使就诊风险增加1.82%。由于地区和污染物浓度、成分等差异，本研究发现的就诊风险值与文献报道有不同，但从*ER*结果比较来看，本研究结果的效应值大小和以上文献结果较一致，即就诊风险值*ER*表现为SO_2>NO_2>$PM_{2.5}$>PM_{10}。所以，就单污染物分析结果来看，SO_2和NO_2对门诊量的影响较其他2种颗粒物显著。本研究还分析了O_3和CO对儿童呼吸系统疾病门诊量的影响，发现O_3与门诊量呈负相关，该结果与以往部分报道不同[17]，原因可能在于上海O_3污染的季节性明显，夏季浓度高、冬季浓度低，但儿童呼吸系统疾病的症状发生多在冬季，从全年来看O_3对儿童呼吸系统门诊量的影响被弱化，建议今后开展不同季节O_3的健康效应分析。但本研究中报道的O_3研究结果与Bono等[18]和Li等[14]的报道结果一致，且发现CO对儿童呼吸系统疾病门诊量存在滞后影响。

由于大气污染物的健康影响可能为多种污染物的共同影响，大多时间序列分析都会拟合多污染物模型开展分析。Li等[14]的研究显示，大气污染$PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、NO_2和CO在单污染物模型中，与0~14岁儿童上呼吸道疾病门诊量均呈明显正相关，但在全污染物模型中，NO_2的效应被增强，其他污染物的效应变得无意义。本研究的多污染物模型结果也显示，当SO_2和NO_2分别与$PM_{2.5}$、PM_{10}、CO和O_3共存时，SO_2和NO_2对儿童呼吸系统疾病门诊量有较明显的影响，再次说明多种大气污染物对儿童呼吸道健康产生联合影响时，SO_2和NO_2有更稳健的作用[19-21]。

本项研究，用了连续6年的监测数据分析了上海市大气污染对儿科呼吸系统疾病门诊量的影响，优势在于数据观察的时限较同类研究更长，但限于监测系统的限制，无法对儿童的年龄和性别开展更精细的分析，建议后续工作中进一步细化数据收集规则。此外，本研究仅对一个室外监测点和一家医院的监测数据进行了分析，对全市代表性尚不充分，但本研究结果可以作为类似研究的参考，也可以为监测系统的进一步优化提供借鉴。所以，上海市大气污染物$PM_{2.5}$、PM_{10}、NO_2、SO_2和CO与儿科呼吸系统疾病就诊人次间存在正相关关系，SO_2和NO_2在污染物联合效应中作用更稳健。针对研究结果，建议卫生部门应开展大气污染物与儿童呼吸系统疾病的预警研究，政府在开展大气污染防治的同时，通过提前预报预警，告知市民在大气污染时对儿童做好个人防护；同时，医疗系

统应做好应对门急诊人数激增的准备。

（志谢：衷心感谢复旦大学公共卫生学院陈仁杰教授、上海市疾病预防控制中心虞慧婷副主任医师、臧嘉捷副主任医师在数据分析中给予的指导与建议）

参考文献

[1] YANG BY，QIAN Z，LI S，et al. Ambient air pollution in relation to diabetes and glucose-homoeostasis markers in China：a cross-sectional study with findings from the 33 communities Chinese health study [J]. Lancet，2018，2（2）：E64-E73.

[2] WANG Y，ZU Y，HUANG L，et al. Associations between daily outpatient visits for respiratory diseases and ambient fine particulate matter and ozone levels in Shanghai，China [J]. Environ Pollut，2018，240：754-763.

[3] GUO H，CHEN M. Short-term effect of air pollution on asthma patient visits in Shanghai area and assessment of economic costs [J]. Ecotoxicol Environ Saf，2018，161：184-189.

[4] ANALITIS A，KATSOUYANNI K，DIMAKOPOULOU K，et al. Short-term effects of ambient particles on cardiovascular and respiratory mortality [J]. Epidemiology，2006，17（2）：230-233.

[5] MOLDOVEANU AM. Advanced topics in environmental health and air pollution case studies [M]. Rijeka，Croatia：InTech，2011：75-96.

[6] WU L，JIN L，SHI T，et al. Association between ambient particulate matter exposure and semen quality in Wuhan，China [J]. Environ Int，2017，98：219-228.

[7] 张莉君，郭常义，许慧慧，等. 上海市大气污染对小学生肺功能小气道指标的急性效应研究 [J]. 中华流行病学，2017，38（2）：147-153.

[8] SUADES-GONZÁLEZ E，GASCON M，GUXENS M，et al. Air pollution and neuropsychological development：a review of the latest evidence [J]. Endocrinology，2015，156（10）：3473-3482.

[9] TIAN Y，LIU H，ZHAO Z，et al. Association between ambient air pollution and daily hospital admissions for ischemic stroke：a nationwide time-series analysis [J]. PLoS Med，2018，15（10）：e1002668.

[10] 苏畅，郭玉明，Franck U，等. 大气污染物与呼吸系统疾病急诊就诊关系的病例交叉研究 [J]. 中华流行病学杂志，2010，31（8）：845-849.

[11] 杨敏娟，解惠坚，王文朋，等. 大气污染对小学生因呼吸系统症状和疾病缺课的影响 [J]. 中国学校卫生，2019，40（3）：415-418.

[12] 芦静，张晓梅，冯晓冬. 包头市大气臭氧污染对人群循环系统疾病死亡的急性效应 [J]. 环境与职业医学，2019，36（4）：381-387.

[13] ZHANG H，NIU Y，YAO Y，et al. The impact of ambient air pollution on daily hospital visits for various respiratory diseases and the relevant medical expenditures in Shanghai，China [J]. Int J Environ Res Public Health，2018，15（3）：425.

[14] LI YR，XIAO CC，LI J，et al. Association between air pollution and upper respiratory tract infection in hospital outpatients aged 0-14 years in Hefei，China：a time series study [J]. Public Health，2018，156：92-100.

[15] ZHU L，GE X，CHEN Y，et al. Short-term effects of ambient air pollution and childhood lower respiratory diseases [J]. Sci Rep，2017，7（1）：4414.

[16] SONG J，LU M，ZHENG L，et al. Acute effects of ambient air pollution on outpatient children with respiratory diseases in Shijiazhuang，China [J]. BMC Pulm Med，2018，18（1）：150.

[17] 张标，王锦香. 上海市崇明区大气污染物与医院门诊量关系的时间序列研究 [J]. 环境与职业医学，2019，36（4）：376-380.

[18] BONO R，ROMANAZZI V，BELLISARIO V，et al. Air pollution，aeroallergens and admissions to pediatric emergency room for respiratory reasons in Turin，northwestern Italy [J]. BMC Public Health，2016，16：722.

[19] LIU SK，CAI S，CHEN Y，et al. The effect of pollutional haze on pulmonary function [J]. J Thorac Dis，2016，8（1）：E41-E56.

[20] 刘卫艳，张磊，徐虹，等. 杭州市大气污染对学龄儿童肺功能的短期效应研究 [J]. 中华预防医学杂志，2019，53（6）：614-618.

[21] QI J，RUAN Z，QIAN ZM，et al. Potential gains in life expectancy by attaining daily ambient fine particulate matter pollution standards in mainland China：A modeling study based on nationwide data [J]. PLoS Med，2020，17（1）：e1003027.

（英文编辑：汪源；责任编辑：王晓宇）