

· 论 著 ·

# 大气NO<sub>x</sub>和NO<sub>2</sub>急性暴露与儿童呼吸系统疾病门诊量的关联研究

关新朋<sup>1</sup>, 徐洪兵<sup>1</sup>, 方嘉堃<sup>1</sup>, 朱雨桐<sup>1</sup>, 刘凌燕<sup>1</sup>, 赵茜<sup>1</sup>, 宋晓明<sup>1</sup>, 徐保平<sup>2</sup>, 黄薇<sup>1</sup>

1.北京大学公共卫生学院, 北京 100191; 2.首都医科大学附属北京儿童医院, 北京 100045

**摘要:** **目的** 分析交通相关大气污染物氮氧化物(NO<sub>x</sub>)和二氧化氮(NO<sub>2</sub>)急性暴露与儿童呼吸系统疾病门诊量的关联。**方法** 收集2015—2020年首都医科大学附属北京儿童医院呼吸系统疾病门诊就诊资料, 通过北京大学医学部设置的监测点收集NO<sub>x</sub>、NO<sub>2</sub>及其他共存大气污染物资料; 采用时间分层的病例交叉设计建立条件logistic回归模型分析NO<sub>x</sub>和NO<sub>2</sub>急性暴露与儿童呼吸系统疾病门诊量的关联。**结果** 2015—2020年首都医科大学附属北京儿童医院0~14岁儿童呼吸系统疾病日门诊量 $M(Q_R)$ 为571(554)人次, 其中上呼吸道感染、支气管炎和肺炎的日门诊量 $M(Q_R)$ 分别为265(282)、143(178)和128(120)人次。大气NO<sub>x</sub>和NO<sub>2</sub>的日均浓度 $M(Q_R)$ 分别为67.8(50.7)和49.3(30.7)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。NO<sub>x</sub>和NO<sub>2</sub>急性暴露对儿童呼吸系统疾病的滞后效应均在累积滞后0~7 d时最大。NO<sub>x</sub>每升高一个 $Q_R$ 浓度, 上呼吸道感染、支气管炎和肺炎门诊就诊的超额风险分别为6.87%(95%CI: 6.37%~7.38%)、7.25%(95%CI: 6.51%~7.99%)和5.51%(95%CI: 4.69%~6.33%); NO<sub>2</sub>每升高一个 $Q_R$ 浓度, 上呼吸道感染、支气管炎和肺炎门诊就诊的超额风险分别为5.71%(95%CI: 5.12%~6.31%)、5.32%(95%CI: 4.51%~6.14%)和4.83%(95%CI: 3.91%~5.75%); 对>5岁儿童的呼吸系统疾病门诊量影响更为明显。**结论** 交通相关大气污染物NO<sub>x</sub>和NO<sub>2</sub>急性暴露可能导致儿童呼吸系统疾病门诊量增加。

**关键词:** 儿童; 呼吸系统疾病; 交通相关大气污染; 门诊量

中图分类号: R122.7 文献标识码: A 文章编号: 2096-5087(2023)03-0185-06

## Correlation between atmospheric nitrogen oxides and nitrogen dioxide acute exposure and outpatient visits of pediatric respiratory diseases

GUAN Xinpeng<sup>1</sup>, XU Hongbing<sup>1</sup>, FANG Jiakun<sup>1</sup>, ZHU Yutong<sup>1</sup>, LIU Lingyan<sup>1</sup>, ZHAO Qian<sup>1</sup>, SONG Xiaoming<sup>1</sup>, XU Baoping<sup>2</sup>, HUANG Wei<sup>1</sup>

1.School of Public Health, Peking University, Beijing 100191, China;

2.Beijing Children's Hospital, Capital Medical University, Beijing 100045, China

**Abstract: Objective** To examine the association between acute exposure to traffic-related air pollutants (TRAP) NO<sub>x</sub> and NO<sub>2</sub> and outpatient visits of pediatric respiratory diseases. **Methods** Data regarding outpatient visits to Department of Respiratory Diseases of Beijing Children's Hospital from 2015 to 2020 were collected, and the concentrations of nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) and other TRAP were collected from the surveillance sites assigned by the Peking University Health Science Center. A time-stratified case-crossover design was employed, and a conditional logistic regression model was created to examine the association between NO<sub>x</sub> and NO<sub>2</sub> acute exposure and outpatient visits of pediatric respiratory diseases. **Results** The daily mean outpatient visits of pediatric respiratory diseases were 571 (interquartile range, 554) person-times among children at ages of 0 to 14 years in Beijing Children's Hospital from 2015 to 2020, and the daily mean outpatient visits for upper respiratory tract infections (URI), bronchitis, and pneumonia were 265 (interquartile range, 282), 143 (interquartile range, 178) and 128 (interquartile range, 120) person-times, respectively. The daily mean concentrations of atmospheric NO<sub>x</sub> and NO<sub>2</sub> were 67.8 (interquartile range, 50.7) and 49.3 (interquar-

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2023.03.001

基金项目: 北京市自然科学基金(7222246)

作者简介: 关新朋, 硕士研究生在读

通信作者: 黄薇, E-mail: whuang@bjmu.edu.cn

tile range, 30.7)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectively. Conditional logistic regression analysis showed the largest lagged effect of  $\text{NO}_x$  and  $\text{NO}_2$  on pediatric respiratory diseases at cumulative lags of 0 to 7 days. An increase in  $\text{NO}_x$  concentrations by an interquartile range resulted in the excess risks of URI, bronchitis and pneumonia by 6.87% (95%CI: 6.37%–7.38%), 7.25% (95%CI: 6.51%–7.99%), and 5.51% (95%CI: 4.69%–6.33%), and an increase in  $\text{NO}_2$  concentrations by an interquartile range resulted in excess risks of URI, bronchitis and pneumonia by 5.71% (95%CI: 5.12%–6.31%), 5.32% (95%CI: 4.51%–6.14%), and 4.83% (95%CI: 3.91%–5.75%), respectively.  $\text{NO}_x$  and  $\text{NO}_2$  presented a more remarkable effect on outpatient visits of pediatric respiratory diseases among children at ages of over 5 years. **Conclusion**  $\text{NO}_x$  and  $\text{NO}_2$  acute exposure may increase the outpatient visits of pediatric respiratory diseases.

**Keywords:** children; respiratory diseases; traffic-related air pollution; outpatient visit

全球疾病负担研究显示, 2019年急性呼吸道感染造成约250万人死亡, 其中儿童占28.7%<sup>[1]</sup>。《中国卫生健康统计年鉴(2021)》显示, 我国2020年上呼吸道感染住院治疗患者中, 0~14岁儿童占79.1%<sup>[2]</sup>。儿童由于免疫系统功能和呼吸系统发育不成熟, 更易受到外界毒害物质损害, 空气污染的影响越来越受到关注。流行病学研究发现大气污染与儿童呼吸系统疾病就诊率增加密切相关<sup>[3]</sup>; 大气污染物的急性暴露与儿童呼吸系统疾病门诊就诊的超额风险显著相关, 这些研究证据主要来自大气颗粒物暴露<sup>[4]</sup>。

近年来, 随着我国社会经济的发展和城镇化的推进, 机动车保有数量剧增, 交通相关大气污染物(traffic-related air pollution, TRAP)保持较高水平, 特别是氮氧化物( $\text{NO}_x$ )和二氧化氮( $\text{NO}_2$ )。已有研究探讨了 $\text{NO}_x$ 和 $\text{NO}_2$ 急性暴露与儿童呼吸系统疾病的关联, 但研究结果尚不一致<sup>[5-7]</sup>。本研究基于首都医科大学附属北京儿童医院(北京儿童医院)0~14岁儿童呼吸系统疾病门诊就诊数据, 分析交通相关大气污染物 $\text{NO}_x$ 和 $\text{NO}_2$ 急性暴露与儿童呼吸系统疾病门诊就诊量的关联。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料来源

1.1.1 呼吸系统疾病门诊资料 从北京儿童医院收集2015—2020年0~14岁儿童呼吸系统疾病逐日门诊数据, 按家庭住址和现住址删除非北京市常住人口资料。根据《疾病和有关健康问题的国际统计分类(第十次修订本)》(ICD-10)进行疾病分类, 纳入本研究的呼吸系统疾病包括上呼吸道感染(J00~J06)、支气管炎(J21)和肺炎(J12~J18、J69)。

1.1.2 大气污染物和气象参数监测资料 2015—2020年环境大气污染物和气象参数监测资料均来自课题组在北京大学医学部设置的监测点。该监测点位于北京大学医学部新公卫楼, 距离四环路、学院路等

主要交通干道约500m。采用EC9800系列环境气体分析仪(澳大利亚Eco Tech Pty公司)监测 $\text{NO}_x$ 和 $\text{NO}_2$ , 以及其他共存气态污染物一氧化碳(CO)、二氧化硫( $\text{SO}_2$ )和臭氧( $\text{O}_3$ )的逐分钟浓度; 采用 $\beta$ 衰减质量监测器(BAM-1020, 美国Metone公司)监测细颗粒物( $\text{PM}_{2.5}$ )的逐小时浓度; 采用Metone温湿度探头同步监测实时温度和相对湿度。计算 $\text{NO}_x$ 、 $\text{NO}_2$ 、CO和 $\text{SO}_2$ 每日0至24时的平均浓度, 根据HJ 663—2013《环境空气质量评价技术规范(试行)》计算臭氧日最大8小时平均浓度(8h- $\text{O}_3$ )<sup>[8]</sup>。

### 1.2 方法

1.2.1 单污染物模型分析 采用时间分层的病例交叉设计分析大气污染物急性暴露与儿童呼吸系统疾病的关联。按照时间分层, 在同一时间层内以病例就诊当日的日期为病例期, 与病例期同年同月同星期几的几日为对照期, 可以同时控制季节趋势和星期几效应等混杂因素, 降低时间趋势偏倚<sup>[9]</sup>。进一步采用条件logistic回归模型进行效应分析, 并根据奈赤信息准则最小原则, 使用自然样条函数控制就诊当日的温度和相对湿度, 同时在模型中引入节假日变量<sup>[10]</sup>。最后, 纳入单日和累积滞后0~7d污染物暴露浓度, 评估大气污染物每升高一个四分位数间距( $Q_R$ )浓度, 儿童呼吸系统疾病门诊就诊的超额风险值(excess risk, ER)及其95%CI。

为识别年龄和性别等因素对关联效应的影响, 分别按照研究对象的年龄和性别进行分层分析, 年龄分层参考我国儿童入学各年龄段, 分为 $\leq 1$ 岁、1~5岁和 $> 5$ 岁<sup>[11]</sup>。亚组间的健康效应差异检验公式<sup>[12]</sup>为:  $(\beta_1 - \beta_2) \pm 1.96 \times \sqrt{(SE_1)^2 + (SE_2)^2}$ , 其中 $\beta_1$ 和 $\beta_2$ 分别为两亚组的回归系数,  $SE_1$ 和 $SE_2$ 为对应的标准误。

1.2.2 双污染物模型分析 考虑污染物之间可能存在共线性, 本研究进一步采用双污染物模型检验交通相关大气污染物 $\text{NO}_x$ 和 $\text{NO}_2$ 的健康效应是否独立于其

他共存污染物。依据单污染物模型结果确定 NO<sub>x</sub> 和 NO<sub>2</sub> 急性暴露对儿童呼吸系统疾病门诊量影响最大的滞后天数, 仅将相关系数 < 0.600 的 2 种污染物同时纳入模型进行分析<sup>[13]</sup>。

1.2.3 敏感性分析 (1) 分析 NO<sub>x</sub> 和 NO<sub>2</sub> 急性暴露对儿童呼吸系统疾病急诊就诊量的影响, 并与单污染物模型分析的滞后效应的大小和变化趋势比较; (2) 将研究时间范围限定于 2015—2019 年, 观察去除新型冠状病毒感染疫情的影响后, NO<sub>x</sub> 和 NO<sub>2</sub> 急性暴露对儿童呼吸系统疾病门诊量滞后效应的变化, 以检验单污染物模型结果的稳健性。

1.3 统计分析 采用 R 4.1.1 软件统计分析。加载 Survival 和 Splines 程序包, 分别用于执行条件 logistic 回归和控制自然样条函数。定量资料不服从正态分布, 采用中位数和四分位数间距 [M (Q<sub>R</sub>)] 描述, 采用 Spearman 秩相关分析大气污染物、气象因素之间的相关性。检验水准 α=0.05。

## 2 结果

2.1 2015—2020 年北京儿童医院儿童呼吸系统疾病门诊量 就诊总人次为 1 402 645 人次, 日门诊量 M (Q<sub>R</sub>) 为 571 (554) 人次, 其中上呼吸道感染、支气管炎和肺炎的日门诊量 M (Q<sub>R</sub>) 分别为 265 (282)、143 (178) 和 128 (120) 人次。≤1 岁、1~5 岁和 >5 岁儿童呼吸系统疾病日门诊量 M (Q<sub>R</sub>) 分别为 113 (111)、309 (318) 和 135 (146) 人次。男童和女童日门诊量 M (Q<sub>R</sub>) 分别为 318 (304) 和 256 (248) 人次。

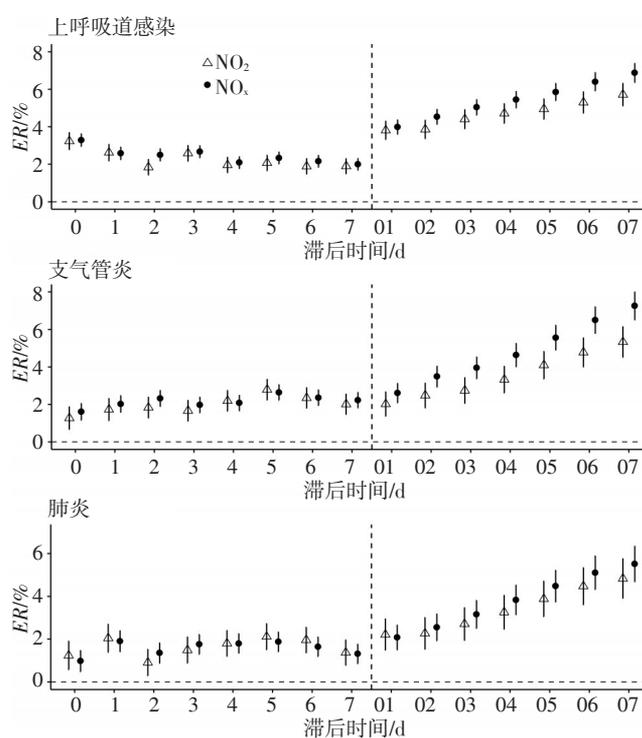
2.2 2015—2020 年大气污染物和气象指标的相关性 2015—2020 年 NO<sub>x</sub> 和 NO<sub>2</sub> 日均浓度 M (Q<sub>R</sub>) 分别为 67.8 (50.7) 和 49.3 (30.7) μg/m<sup>3</sup>, 均未超过 GB 3095—2012 《环境空气质量标准》二级浓度限值 (NO<sub>x</sub> 为 100 μg/m<sup>3</sup>, NO<sub>2</sub> 为 80 μg/m<sup>3</sup>)<sup>[14]</sup>。SO<sub>2</sub>、CO、PM<sub>2.5</sub> 和 8 h-O<sub>3</sub> 的日均浓度 M (Q<sub>R</sub>) 分别为 11.6 (7.4) μg/m<sup>3</sup>、0.6 (0.5) mg/m<sup>3</sup>、46.4 (54.5) μg/m<sup>3</sup> 和 73.7 (76.8) μg/m<sup>3</sup>。每日日均温度和相对湿度 M (Q<sub>R</sub>) 分别为 17.1 (20.0) °C 和 38.9 (28.2) %。

Spearman 秩相关分析结果显示, NO<sub>x</sub> 与 SO<sub>2</sub> (r<sub>s</sub>=0.547, P<0.001)、CO (r<sub>s</sub>=0.676, P<0.001)、PM<sub>2.5</sub> (r<sub>s</sub>=0.455, P<0.001) 呈正相关, 与 8 h-O<sub>3</sub> (r<sub>s</sub>=-0.340, P<0.001)、温度 (r<sub>s</sub>=-0.340, P<0.001) 呈负相关; NO<sub>2</sub> 与 SO<sub>2</sub> (r<sub>s</sub>=0.523, P<0.001)、PM<sub>2.5</sub> (r<sub>s</sub>=0.600, P<0.001)、相对湿度 (r<sub>s</sub>=0.141, P<0.001) 呈正相关, 与 8 h-O<sub>3</sub> (r<sub>s</sub>=-0.118, P<0.001)、温度

(r<sub>s</sub>=-0.134, P<0.001) 呈负相关。

## 2.3 NO<sub>x</sub> 和 NO<sub>2</sub> 急性暴露与儿童呼吸系统疾病门诊量的关联分析

2.3.1 单污染物模型结果 如图 1 所示, 随着累积滞后时间的延长, NO<sub>x</sub> 和 NO<sub>2</sub> 急性暴露导致儿童上呼吸道感染、支气管炎和肺炎门诊就诊的超额风险逐渐增加, 均在累积滞后 0~7 d (lag07) 时效应达到最大。lag07 时, NO<sub>x</sub> 每升高一个 Q<sub>R</sub> 浓度, 儿童上呼吸道感染、支气管炎和肺炎的 ER 值分别为 6.87% (95%CI: 6.37%~7.38%)、7.25% (95%CI: 6.51%~7.99%) 和 5.51% (95%CI: 4.69%~6.33%); NO<sub>2</sub> 每升高一个 Q<sub>R</sub> 浓度, 儿童上呼吸道感染、支气管炎和肺炎的 ER 值分别为 5.71% (95%CI: 5.12%~6.31%)、5.32% (95%CI: 4.51%~6.14%) 和 4.83% (95%CI: 3.91%~5.75%)。分层分析结果显示, lag07 时, NO<sub>x</sub> 和 NO<sub>2</sub> 暴露对儿童呼吸系统疾病门诊量的影响在 >5 岁组中更为明显, 对不同性别儿童的效应差异均无统计学意义 (P>0.05), 见表 1。



注: 0~7 表示单日滞后时间, 01~07 表示累积滞后时间。

图 1 NO<sub>x</sub> 和 NO<sub>2</sub> 急性暴露导致儿童呼吸系统疾病门诊就诊的超额风险

Figure 1 Excess risk of outpatient visits of pediatric respiratory diseases caused by NO<sub>x</sub> and NO<sub>2</sub> acute exposure

2.3.2 双污染物模型结果 选取 lag07 时的 NO<sub>x</sub>、NO<sub>2</sub> 浓度与同日其他共存污染物进行双污染物模型拟

表 1 累积滞后 0~7 d 时 NO<sub>x</sub> 和 NO<sub>2</sub> 急性暴露导致儿童呼吸系统疾病门诊就诊的超额风险 [ER (95%CI) %]

Table 1 Excess risk of outpatient visits of pediatric respiratory diseases caused by NO<sub>x</sub> and NO<sub>2</sub> acute exposure at cumulative lags of 0 to 7 days [ER (95%CI) %]

组别	NO <sub>x</sub>			NO <sub>2</sub>		
	上呼吸道感染	支气管炎	肺炎	上呼吸道感染	支气管炎	肺炎
年龄/岁						
≤1	4.50 (2.95~6.07) <sup>a</sup>	2.95 (1.35~4.58) <sup>a</sup>	2.18 (0.70~3.68) <sup>a</sup>	3.63 (2.32~4.95)	3.57 (1.80~5.37)	2.19 (0.56~3.86) <sup>a</sup>
1~5	5.50 (4.69~6.32) <sup>b</sup>	7.36 (6.38~8.34) <sup>b</sup>	6.51 (5.36~7.66)	6.29 (5.59~7.00)	5.58 (4.52~6.66)	5.75 (4.48~7.04)
>5	6.55 (5.51~7.60) <sup>c</sup>	10.64 (9.08~12.23) <sup>c</sup>	8.26 (6.39~10.17) <sup>c</sup>	9.03 (8.15~9.91) <sup>c</sup>	6.52 (4.77~8.29) <sup>c</sup>	7.41 (5.31~9.55) <sup>c</sup>
性别						
男	6.66 (5.98~7.34)	7.24 (6.26~8.22)	6.14 (5.03~7.26)	5.76 (4.96~6.56)	5.25 (4.17~6.33)	5.28 (4.04~6.53)
女	7.13 (6.38~7.89)	6.94 (5.83~8.06)	4.75 (3.54~5.97)	5.66 (4.78~6.55)	5.11 (3.90~6.34)	4.29 (2.94~5.66)

注：<sup>a</sup>表示与1~5岁组比较P<0.05；<sup>b</sup>表示与>5岁组比较P<0.05；<sup>c</sup>表示与≤1岁组比较P<0.05。男女童的效应差异均P>0.05。

合，结果显示，分别控制 SO<sub>2</sub> 和 8 h-O<sub>3</sub> 后，NO<sub>x</sub> 对上呼吸道感染 (SO<sub>2</sub>, ER=6.65%, 95%CI: 6.12%~7.18%; 8 h-O<sub>3</sub>, ER=4.54%, 95%CI: 3.73%~5.36%)、支气管炎 (SO<sub>2</sub>, ER=6.46%, 95%CI: 5.69%~7.24%; 8 h-O<sub>3</sub>, ER=3.68%, 95%CI: 2.71%~4.66%) 和肺炎 (SO<sub>2</sub>, ER=3.59%, 95%CI: 2.74%~4.44%; 8 h-O<sub>3</sub>, ER=4.00%, 95%CI: 2.96~5.05) 的超额风险均降低；控制 PM<sub>2.5</sub> 后，NO<sub>x</sub> 对上呼吸道感染 (ER=7.71, 95%CI: 7.16~8.26%)、支气管炎 (ER=7.81%, 95%CI: 6.98%~8.64%) 的超额风险均升高，对肺炎的超额风险降低 (ER=5.08%, 95%CI: 4.12%~6.06%)；分别控制 SO<sub>2</sub> 和 O<sub>3</sub> 后，NO<sub>2</sub> 对上呼吸道感染 (SO<sub>2</sub>, ER=5.20%, 95%CI: 4.58%~5.83%; 8 h-O<sub>3</sub>, ER=3.32%, 95%CI: 2.53%~4.12%)、支气管炎 (SO<sub>2</sub>, ER=4.23%, 95%CI: 3.40%~5.08%; 8 h-O<sub>3</sub>, ER=2.18%, 95%CI: 1.22%~3.16%) 和肺炎 (SO<sub>2</sub>, ER=2.77%, 95%CI: 1.84%~3.72%; 8 h-O<sub>3</sub>, ER=2.96%, 95%CI: 1.90%~4.03%) 的超额风险均降低。

2.3.3 敏感性分析结果 NO<sub>x</sub> 和 NO<sub>2</sub> 每升高一个 Q<sub>R</sub> 浓度引起的儿童上呼吸道感染、支气管炎和肺炎急诊就诊的超额风险在不同滞后时间的变化趋势与对门诊就诊的影响相似，见图 2。2015—2019 年，NO<sub>x</sub> 和 NO<sub>2</sub> 对儿童上呼吸道感染门诊就诊的超额风险均有统计学意义，见图 3。提示单污染物模型分析结果较为稳健。

### 3 讨论

大气污染物经呼吸道吸入后，可刺激机体产生自由基，造成呼吸道上皮细胞损伤，到达肺部深处后可引起炎症和氧化应激反应，导致呼吸系统疾病<sup>[15-16]</sup>。

对北京儿童医院 2015—2020 年呼吸系统疾病门诊就诊数据分析发现，交通相关大气污染物 NO<sub>x</sub> 和 NO<sub>2</sub> 可能增加儿童呼吸系统疾病门诊就诊的超额风险，且对 5 岁以上儿童的影响较其他年龄更为明显。

交通相关大气污染物急性暴露与儿童多种呼吸系统疾病相关。本研究显示，随着滞后时间延长，NO<sub>x</sub> 和 NO<sub>2</sub> 暴露对儿童上呼吸道感染、支气管炎和肺炎门诊就诊的超额风险增加，在累积滞后 0~7 d 达到最大。ZHANG 等<sup>[17]</sup> 在上海市开展的一项时间序列研究表明，大气 NO<sub>2</sub> 暴露与儿童上呼吸道感染门诊就诊量增加显著相关，NO<sub>2</sub> 每升高一个 Q<sub>R</sub> 浓度，累积滞后 0~3 d 的超额风险为 4.52%；刘准等<sup>[18]</sup> 在武汉市的研究显示 NO<sub>2</sub> 每升高一个 Q<sub>R</sub> 浓度，累积滞后 0~5 d 儿童呼吸系统疾病门诊就诊的超额风险为 6.59% (95%CI: 3.75%~9.52%)。然而，胡翠玲等<sup>[19]</sup> 和赵凤敏等<sup>[20]</sup> 的研究均未发现 NO<sub>2</sub> 与儿童呼吸系统疾病门诊就诊量的关联。这些研究效应存在差异可能与不同时间、地点的空气污染物浓度和人群易感性不同有关。而值得注意的是，当前仅有少量研究发现 NO<sub>x</sub> 会增加儿童哮喘住院风险<sup>[21]</sup>。

年龄分层分析结果显示，相比于 1~5 岁和 ≤1 岁年龄组，NO<sub>x</sub> 和 NO<sub>2</sub> 暴露对 5 岁以上儿童呼吸系统疾病门诊量的效应更强。BAI 等<sup>[22]</sup> 发现 NO<sub>2</sub> 对 6~14 岁儿童急性支气管炎门诊就诊的影响大于 1~5 岁和 1 岁以下儿童；SONG 等<sup>[23]</sup> 同样发现 NO<sub>2</sub> 对 7~14 岁儿童呼吸系统门诊就诊的影响大于 4~6 岁和 0~3 岁儿童。这可能与不同年龄儿童的活动能力和活动范围差异有关。

性别分层分析结果显示，NO<sub>x</sub> 和 NO<sub>2</sub> 暴露对男童和女童呼吸系统疾病门诊量的影响无明显差异。但

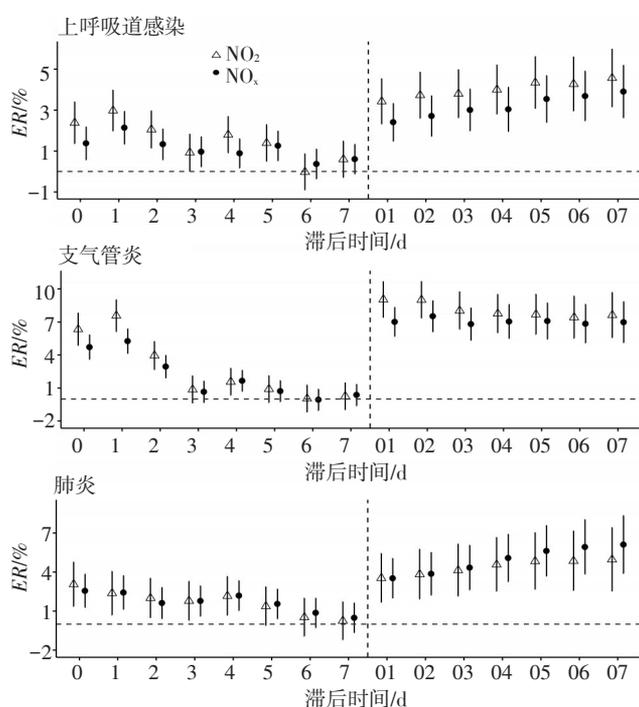


图2 NO<sub>x</sub>和NO<sub>2</sub>急性暴露导致儿童呼吸系统疾病急诊就诊的超额风险

Figure 2 Excess risk of emergency visits due to pediatric respiratory diseases caused by NO<sub>x</sub> and NO<sub>2</sub> acute exposure

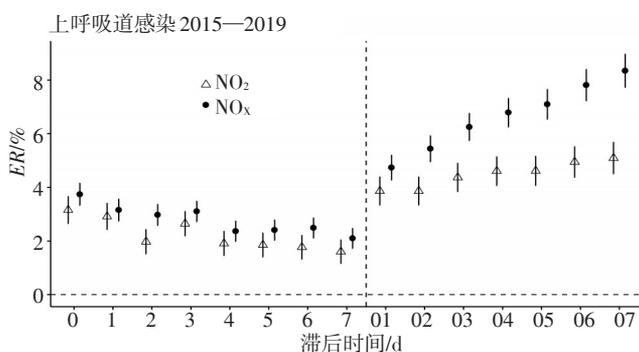


图3 2015—2019年NO<sub>x</sub>和NO<sub>2</sub>急性暴露导致儿童上呼吸道感染的超额风险

Figure 3 Excess risk of upper respiratory tract infections among children caused by NO<sub>x</sub> and NO<sub>2</sub> acute exposure from 2015 to 2019

LIU 等<sup>[24]</sup>在济南市的研究发现 NO<sub>2</sub>暴露对女童呼吸系统疾病急诊就诊的影响比男童更显著, NO<sub>2</sub>每增加 10 μg/m<sup>3</sup>, 女童和男童呼吸系统疾病急诊就诊的超额风险分别为 3.4% (95% CI: 1.1%~5.7%) 和 1.5% (95% CI: -1.0%~4.0%)。不同性别儿童的风险差异可能与其生理特点有关, 相对于男童, 女童的肺泡和细支气管更少, 用力呼气流速更低, 因此空气污染对呼吸系统的影响更为明显<sup>[25]</sup>。

本研究采用依据时间分层的病例交叉设计, 较传统时间序列研究方法能更好地控制时间趋势、季节趋

势、星期几效应及个体层面(如年龄、性别、社会经济状况和室内空气污染等)的混杂因素, 为开展交通相关大气污染物对儿童常见呼吸系统疾病的影响研究提供了参考。本研究在数据代表性方面存在局限性: 北京儿童医院作为北京市最大的儿童医院, 研究人群具有一定程度的代表性, 但也存在潜在的选择偏倚; 基于一个固定位置的监测点采集的污染物资料, 可能引入潜在的暴露错分, 使结论趋向于无效假设。但该监测点测量的大气污染物与北京市 23 个国控点污染物相关性较高 ( $r_s=0.755$ ), 故认为可用于研究区域内人群交通相关大气污染物暴露水平的评估。

### 参考文献

- [1] GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 [J]. *Lancet*, 2020, 396 (10258): 1204–1222.
- [2] 国家卫生健康委员会. 中国卫生健康统计年鉴(2021) [M]. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2021.
- [3] DONG J, WANG Y, WANG J, et al. Association between atmospheric PM<sub>2.5</sub> and daily outpatient visits for children's respiratory diseases in Lanzhou [J]. *Int J Biometeorol*, 2021, 65 (7): 989–999.
- [4] ZHENG J, YANG X, HU S, et al. Association between short-term exposure to air pollution and respiratory diseases among children in China: a systematic review and meta-analysis [J]. *Int J Environ Health Res*, 2022, 32 (11): 2512–2532.
- [5] GHOSH R, JOAD J, BENES I, et al. Ambient nitrogen oxides exposure and early childhood respiratory illnesses [J]. *Environ Int*, 2012, 39 (1): 96–102.
- [6] ZHU L, GE X, CHEN Y, et al. Short-term effects of ambient air pollution and childhood lower respiratory diseases [J/OL]. *Sci Rep*, 2017, 7 (1) [2023-02-08]. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04310-7>.
- [7] ZHANG H, LIU S, DOU Q, et al. Association between ambient air pollutants and pneumonia in Wuhan, China, 2014–2017 [J/OL]. *Atmosphere*, 2022, 13 (4) [2023-02-08]. <https://doi.org/10.3390/atmos13040578>.
- [8] 中华人民共和国环境保护部. 环境空气质量评价技术规范(试行): HJ 663—2013 [S]. 2013.
- [9] 张彩霞, 刘志东, 张斐斐, 等. 时间分层病例交叉研究的 R 软件实现 [J]. *中国卫生统计*, 2016, 33 (3): 507–509.
- [10] NHUNG N T T, SCHINDLER C, CHAU N Q, et al. Exposure to air pollution and risk of hospitalization for cardiovascular diseases amongst Vietnamese adults: case-crossover study [J/OL]. *Sci Total Environ*, 2020, 703 [2023-02-08]. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134637>.
- [11] FANG J, SONG X, XU H, et al. Associations of ultrafine and fine particles with childhood emergency room visits for respiratory diseases in a megacity [J/OL]. *Thorax*, 2022, 77 (4): 391–397.

(下转第 195 页)

- [J]. 预防医学, 2020, 32 (8): 800-804.
- [6] 赵乾秀, 白宇超, 白森, 等. 微塑料对哺乳动物的毒理机制研究进展 [J]. 预防医学, 2023, 35 (3): 218-221.
- [7] THOMPSON R C, OLSEN Y, MITCHELL R P, et al. Lost at sea: where is all the plastic? [J/OL]. Science, 2004, 304 (5672) [2023-02-10]. <https://doi.org/10.1126/science.1094559>.
- [8] CONSTANT M, BILLON G, BRETON N, et al. Extraction of microplastics from sediment matrices: experimental comparative analysis [J/OL]. J Hazard Mater, 2021, 420 [2023-02-10]. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126571>.
- [9] FRIDOVICH I. Superoxide radical and superoxide dismutases [J]. Annu Rev Biochem, 1995, 64: 97-112.
- [10] MOREL Y, BAROUKI R. Repression of gene expression by oxidative stress [J]. Biochem J, 1999, 342 (Part 3): 481-496.
- [11] XIE D, LI Y, LIU Z, et al. Inhibitory effect of cadmium exposure on digestive activity, antioxidant capacity and immune defense in the intestine of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) [J]. Comp Biochem Physiol Toxicol Pharmacol, 2019, 222: 65-73.
- [12] CALABRESE E J, BALDWIN L A. The hormetic dose-response model is more common than the threshold model in toxicology [J]. Toxicol Sci, 2003, 71 (2): 246-250.
- [13] 何雅琪, 任宗明. 基于在线生物监测系统的氨氮胁迫下斑马鱼行为响应 [J]. 水生生物学报, 2022, 46 (6): 903-913.
- [14] 薛凌展, 吴素琼, 张坤, 等. 氨氮对异育银鲫“中科3号”幼鱼急性毒性及肝脏抗氧化酶系统的影响 [J]. 农学学报, 2019, 9 (3): 44-50.
- [15] EROGLU A, DOGAN Z, KANAK E G, et al. Effects of heavy metals (Cd, Cu, Cr, Pb, Zn) on fish glutathione metabolism [J]. Environ Sci Pollut Res Int, 2015, 22 (5): 3229-3237.
- [16] ALLEN T, RANA S V. Effect of arsenic (As<sup>III</sup>) on glutathione-dependent enzymes in liver and kidney of the freshwater fish *Channa punctatus* [J]. Biol Trace Elem Res, 2004, 100 (1): 39-48.
- [17] 徐琨, 杨爱江, 胡霞, 等. 镉在斑马鱼不同组织中的积累及其对抗氧化系统的影响 [J]. 生物技术通报, 2021, 37 (4): 145-154.
- [18] GUTTERIDGE J M. Lipid peroxidation and antioxidants as biomarkers of tissue damage [J]. Clin Chem, 1995, 41 (12): 1819-1828.

收稿日期: 2023-01-04 修回日期: 2023-02-10 本文编辑: 徐文璐

## (上接第 189 页)

- [12] 路凤, 刘娅, 李小娟, 等. 大气污染对呼吸系统疾病门诊量影响的病例交叉研究 [J]. 环境卫生学杂志, 2017, 7 (5): 408-412.
- [13] RÜCKERL R, SCHNEIDER A, HAMPEL R, et al. Association of novel metrics of particulate matter with vascular markers of inflammation and coagulation in susceptible populations—results from a panel study [J/OL]. Environ Res, 2016, 150: 337-347.
- [14] 中华人民共和国环境保护部, 国家质量监督检验检疫总局. 环境空气质量标准: GB 3095—2012 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012.
- [15] GHOSH R, JOAD J, BENES I, et al. Ambient nitrogen oxides exposure and early childhood respiratory illnesses [J]. Environ Int, 2012, 39 (1): 96-102.
- [16] 李朝康, 龚科米, 吕焯, 等. 杭州市大气污染对居民死亡的影响研究 [J]. 预防医学, 2023, 35 (1): 11-16.
- [17] 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/OL]. Int J Environ Res Public Health, 2018, 15 (3) [2023-02-08]. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030425>.
- [18] 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.
- [19] 胡翠玲, 徐婕, 沈国妹, 等. 上海市空气污染物与儿童呼吸系统疾病门诊量的时间序列研究 [J]. 环境与职业医学, 2021, 38 (1): 23-29.
- [20] 赵凤敏, 吴一峰, 吴峰. 大气污染物浓度与上呼吸道疾病门诊就诊的关联性研究 [J]. 预防医学, 2016, 28 (2): 165-167.
- [21] ÜNAL E, ÖZDEMİR A, KHANJANI N, et al. Air pollution and pediatric respiratory hospital admissions in Bursa, Turkey: a time series study [J/OL]. Int J Environ Health Res, 2021 [2023-02-08]. <https://doi.org/10.1080/09603123.2021.1991282>.
- [22] BAI L, SU X, ZHAO D, et al. Exposure to traffic-related air pollution and acute bronchitis in children: season and age as modifiers [J]. J Epidemiol Community Health, 2018, 72 (5): 426-433.
- [23] SONG J, LU M, ZHENG L, et al. Acute effects of ambient air pollution on outpatient children with respiratory diseases in Shijiazhuang, China [J/OL]. BMC Pulm Med, 2018, 18 (1) [2023-02-08]. <https://doi.org/10.1186/s12890-018-0716-3>.
- [24] LIU P, WANG X, FAN J, et al. Effects of air pollution on hospital emergency room visits for respiratory diseases: urban-suburban differences in Eastern China [J/OL]. Int J Environ Res Public Health, 2016, 13 (3) [2023-02-08]. <https://doi.org/10.3390/ijerph13030341>.
- [25] DI CICCO M, KANTAR A, MASINI B, et al. Structural and functional development in airways throughout childhood: children are not small adults [J]. Pediatr Pulmonol, 2021, 56 (1): 240-251.

收稿日期: 2022-11-08 修回日期: 2023-02-08 本文编辑: 徐文璐