



大气PM_{2.5}浓度与喘息儿童日就诊量的相关性研究

秦颖超, 张晓英

引用本文:

秦颖超, 张晓英. 大气PM_{2.5}浓度与喘息儿童日就诊量的相关性研究[J]. 蚌埠医学院学报, 2024, 49(1): 115-118.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2024.01.026>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

PM_{2.5}对THP1巨噬细胞TLR4表达及氧化应激水平的影响

Effect of PM_{2.5} on the TLR4 expression and oxidative stress levels in THP1 macrophages

蚌埠医学院学报. 2020, 45(2): 167-170 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2020.02.008>

低月龄、低体质量体外循环患儿乳酸水平与血糖及氧合指标的相关性

Analysis of correlation between lactate level and blood glucose, oxygenation indexes in low-month-old and low-weight children treated with cardiopulmonary bypass

蚌埠医学院学报. 2021, 46(9): 1197-1200 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2021.09.011>

程序化镇静镇痛中脑电疼痛指数与脑电双频谱指数的相关性分析

Correlation analysis between encephlogram pain index and bispectral index during procedural sedation and analgesia

蚌埠医学院学报. 2021, 46(11): 1523-1526 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2021.11.008>

肾结石微创术后复发风险模型构建及护理干预研究

Study on the construction of recurrence risk model and nursing intervention of kidney stone after minimally invasive surgery

蚌埠医学院学报. 2021, 46(8): 1133-1137 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2021.08.037>

右美托咪定对体外循环冠状动脉旁路移植术病人炎症反应和急性肾损伤的影响

Effect of dexmedetomidine on the inflammatory response and acute kidney injury in patients treated with coronary artery bypass grafting under cardiopulmonary bypass

蚌埠医学院学报. 2020, 45(4): 464-468 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2020.04.011>

大气 PM_{2.5} 浓度与喘息儿童日就诊量的相关性研究

秦颖超, 张晓英

(上海交通大学医学院附属第九人民医院 儿科, 上海 201900)

[摘要] **目的:** 研究大气 PM_{2.5} 浓度与喘息儿童日就诊量的关系。 **方法:** 在控制时间的中长期效应、节假日效应、星期效应基础上, 利用时间序列的广义相加模型, 回顾性分析 2019 年上海市东部地区某三甲医院儿科门诊急诊喘息儿童的日就诊量受天气(日平均温度、相对湿度)和大气污染物(PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂ 及 O₃)的影响程度, 并推测上述指标相应浓度范围的超额危险度(ER)。 **结果:** 上海市东部地区 PM_{2.5} 浓度对喘息儿童的日就诊量存在影响, 大气 PM_{2.5} 浓度与 PM₁₀、SO₂ 和 NO₂ 浓度均呈正相关关系($r = 0.780, 0.601, 0.658, P < 0.05$); 与相对湿度、温度均呈负相关关系($r = -0.015, -0.270, P < 0.05$)。PM_{2.5} 暴露对日就诊量的影响存在滞后效应, 滞后 1 d 影响最大。单污染物模型结果显示, PM_{2.5} 浓度每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 日就诊超额危险度(ER)(95% CI)为 4.251% (0.824% ~ 7.796%); 分别引入当日 SO₂、NO₂ 及 O₃ 建立双污染物质模型, PM_{2.5} + SO₂、PM_{2.5} + NO₂ 和 PM_{2.5} + O₃ 中, 大气 PM_{2.5} 浓度每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 日就诊量 ER(95% CI)分别为 5.442% (0.747% ~ 10.355%)、5.371% (1.378% ~ 9.522%) 和 4.535% (1.481% ~ 7.682%)。 **结论:** 大气高浓度 PM_{2.5} 暴露可能影响喘息儿童日就诊量, 使之增加。

[关键词] 喘息; 儿童; PM_{2.5}; 广义相加模型; 时间序列分析

[中图分类号] R 725.6

[文献标志码] A

DOI: 10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2024.01.026

Correlation study of atmospheric PM_{2.5} concentration and daily visits of children with wheezing

QIN Yingchao, ZHANG Xiaoying

(Department of Pediatrics, Ninth People's Hospital Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 201900, China)

[Abstract] **Objective:** To study the relationship between atmospheric PM_{2.5} concentration and daily visits of children with wheezing. **Methods:** Using the generalized additive model of time series on the basis of controlling for the medium and long-term effects of time, holiday effects, and week effects, we retrospectively analyzed the daily visits of wheezing children in the pediatric emergency department of a tertiary hospital in the eastern region of Shanghai influenced by weather (average daily temperature, relative humidity) and atmospheric pollutants (PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂ and O₃). The excess risk (ER) of the corresponding concentration range of the above indicators was inferred. **Results:** PM_{2.5} concentration in the eastern region of Shanghai had an impact on the daily visits of wheezing children. Atmospheric PM_{2.5} concentrations were positively correlated with PM₁₀, SO₂ and NO₂ concentrations ($r = 0.780, 0.601, 0.658, P < 0.05$), and negatively correlated with relative humidity and temperature ($r = -0.015, -0.270, P < 0.05$). There was a lagged effect of PM_{2.5} exposure on daily visits, with the greatest effect occurring with a 1-day lag. The results of the single-pollutant model showed a daily visit ER (95% CI) value of 4.251% (0.824% - 7.796%) for each 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in PM_{2.5} concentration. The two-pollutant model was established by introducing SO₂, NO₂ and O₃ on the same day, respectively, and the daily visit ER (95% CI) values for each 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in atmospheric PM_{2.5} concentration in PM_{2.5} + SO₂, PM_{2.5} + NO₂ and PM_{2.5} + O₃ (95% CI) were 5.442% (0.747% - 10.355%), 5.371% (1.378% - 9.522%) and 4.535% (1.481% - 7.682%), respectively. **Conclusions:** Exposure to high atmospheric PM_{2.5} concentration may affect and increase the daily visits of children with wheezing.

[Key words] wheezing; children; PM_{2.5}; generalized additive model; time series analysis

空气质量对人体健康的影响越来越受到关注, 研究^[1-3]发现, 温度变化、空气污染使喘息性疾病发病风险增加。空气动力学直径 $\leq 2.5 \mu\text{m}$ 的细颗粒

物(PM_{2.5})是空气污染的主要污染物之一, PM_{2.5}可引起肺部炎症, 增加气道高反应^[4], 导致呼吸系统疾病发病率增加。儿童呼吸系统发育尚不完善,

[收稿日期] 2021-11-24 **[修回日期]** 2022-07-31

[基金项目] 上海市妇女儿童健康服务能力规划项目

[作者简介] 秦颖超(1988-), 女, 硕士, 住院医师。

[通信作者] 张晓英, 硕士研究生导师, 主任医师. E-mail: doczy@sina.com

相对成人而言,儿童更易受到 PM_{2.5} 暴露造成的危害,导致儿童呼吸系统疾病发生。上海市东部地区属重工业地区,人口密度高、机动车聚集等因素均造成空气质量欠佳^[5]。研究^[6]显示,空气污染能增加哮喘儿童的日就诊量。目前,上海东部地区空气质量对喘息儿童日就诊量的影响尚未受到关注^[7]。因此,我们通过分析上海东部地区空气质量情况对喘息儿童日就诊量的影响,以期为区域性气候治理提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集 2019 年 1 月 1 日至 2019 年 12 月 31 日上海市东部地区某三甲医院喘息儿童的就诊数据。依据《疾病和有关健康问题的国际统计分类(第十次修订本)》(ICD-10)将疾病编码为 J00-J99 者纳入为研究对象。

1.2 气象数据收集

上海东部地区气象数据来自上海市气象局数据共享平台,包括日平均温度、相对湿度;空气质量数据来源于上海市生态环境局监测平台,按照《环境空气质量标准》(GB3095-2012)评价,包括 PM_{2.5}(日平均)、PM₁₀(日平均)、SO₂(日平均)、NO₂(日平均)、O₃(采用日最大 8 h 平均值)。

1.3 统计学方法

采用 Spearman 相关分析和广义相加模型。

2 结果

2.1 一般情况

2019 年上海市东部地区 PM_{2.5} 日平均浓度 35.88 μg/m³, PM_{2.5} 浓度超过国家一级标准(35 μg/m³)125 d, 超过国家二级标准(75 μg/m³)27 d。PM₁₀、SO₂ 及 NO₂ 的日均浓度分别为 48.03、6.86、42.75 μg/m³, 均未超出国家二级标准。2019 年上海东部地区气象情况与空气质量见表 1。

2.2 PM_{2.5} 浓度与喘息儿童的时间序列分析

以时间序列为横坐标,以逐日喘息儿童就诊情况为左纵坐标,以 PM_{2.5} 日均浓度为右纵坐标,绘制时间序列图,结果显示,PM_{2.5} 浓度在 2019 年 2 月和 12 月出现峰值(分别为 123、114 μg/m³),2019 年 8-9 月大气 PM_{2.5} 浓度最低(均为 7 μg/m³),而同期喘息儿童就诊的两个峰值也在 2 月和 12 月(见图 1)。

2.3 空气质量与气象指标相关性

相关分析显示,PM_{2.5} 与 PM₁₀、SO₂、NO₂、O₃

均呈正相关关系($P < 0.05$),与湿度和温度均呈负相关关系($P < 0.05$),将 SO₂、NO₂、O₃、湿度和温度纳入模型进行控制(见表 2)。

表 1 上海市东部地区气象情况与空气质量

指标	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	最小值	最大值
气象情况					
温度/℃	9.6	17.5	23.5	2.5	33.0
相对湿度/%	27	33	43	7	63
污染物浓度/(μg/m ³)					
PM _{2.5}	20.0	31.0	44.7	7.0	123.0
PM ₁₀	30.0	40.0	61.0	9.0	212.0
SO ₂	5.0	6.0	8.0	3.0	16.0
NO ₂	29.0	41.0	53.0	5.0	115.0
O ₃	64.0	86.0	108.0	5.0	215.0

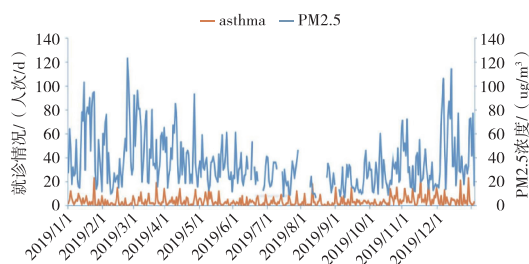


图 1 上海市东部地区 2019 年 PM_{2.5} 日均浓度与门诊量关系

表 2 气象因素与空气质量的相关性(r)

指标	PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂	NO ₂	O ₃	温度	湿度
PM _{2.5}	1.000	0.780 *	0.601 *	0.658 *	0.195 *	-0.270 *	-0.015 *
PM ₁₀	—	1.000	0.745 *	0.606 *	0.375 *	-0.256 *	-0.126 *
SO ₂	—	—	1.000	0.697 *	0.216 *	-0.379 *	-0.280 *
NO ₂	—	—	—	1.000	-0.042	-0.415 *	-0.158 *
O ₃	—	—	—	—	1.000	0.268 *	0.095
温度	—	—	—	—	—	1.000	0.223 *
相对湿度	—	—	—	—	—	—	1.000

* $P < 0.05$

2.4 广义相加模型分析

结果显示,PM_{2.5} 日均浓度与 Lag 0~6 d 喘息儿童日就诊量有关,不同滞后时间下,PM_{2.5} 浓度每升高 10 μg/m³,对 lag 1 d 时喘息儿童日就诊量影响最大,超额危险度(ER)为 4.251%,95% CI 为 0.824%~7.796%。2019 年上海市东部地区 PM_{2.5} 浓度每升高 10 μg/m³ 对日就诊量在不同滞后时长的效应见表 3。

单污染物模型和多污染物模型中,大气 PM_{2.5} 日均浓度对喘息儿童日就诊量影响的 ER 值均有统计学意义。根据单污染物模型滞后效应分析,PM_{2.5} 暴露对日就诊量的影响显示,PM_{2.5} 浓度每

升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 日就诊量 $ER(95\% CI)$ 为 4.251% (0.824% ~ 7.796%)。选择影响最大的 Lag 1 d 时效应拟合多污染物模型, 在双污染物质模型分别引入 SO_2 、 NO_2 及 O_3 , 大气 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 引起日就诊量 $ER(95\% CI)$ 分别为 5.442% (0.747% ~ 10.355%)、5.371% (1.378% ~ 9.522%) 和 4.535% (1.481% ~ 7.682%); 在三污染物模型中, 同时引入 SO_2 和 NO_2 、 SO_2 和 O_3 及 NO_2 和 O_3 , $\text{PM}_{2.5}$ 浓度每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 引起日就诊量 $ER(95\% CI)$ 分别为 5.953% (1.101% ~ 11.038%)、4.948% (0.144% ~ 9.982%) 和 4.948% (0.144% ~ 9.982%); 四污染物模型显示, $\text{PM}_{2.5}$ 浓度每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 引起日就诊量 $ER(95\% CI)$ 为 5.894% (1.028% ~ 10.994%) (见表 4)。

表 3 2019 年上海市东部地区 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度升高对日就诊量的滞后效应分析

滞后日/d	B	SE	RR(95% CI)/%	ER(95% CI)/%
Lag 0	0.022	0.017	1.022(0.988 ~ 1.057)	2.183(-1.193 ~ 5.673)
Lag 1	0.042	0.017	1.043(1.008 ~ 1.078)	4.251(0.824 ~ 7.796)
Lag 2	0.021	0.018	1.021(0.987 ~ 1.057)	2.144(-1.336 ~ 5.746)
Lag 3	-0.015	0.019	0.985(0.949 ~ 1.022)	-1.509(-5.109 ~ 2.226)
Lag 4	0.010	0.018	1.010(0.975 ~ 1.046)	1.029(-2.452 ~ 4.635)
Lag 5	0.034	0.018	1.035(1.000 ~ 1.071)	3.470(-0.045 ~ 7.108)
Lag 6	0.005	0.017	1.005(0.972 ~ 1.039)	0.493(-2.769 ~ 3.865)

* 示 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时喘息儿童日就诊量 ER

表 4 2019 年上海市大气污染物对喘息儿童日就诊量滞后 1 d 时效应

污染物模型	B	SE	RR(95% CI)/%	ER(95% CI)/%
单污染物模型				
$\text{PM}_{2.5}$	0.042	0.017	1.043(1.008 ~ 1.078)	4.251(0.824 ~ 7.796)
SO_2	-0.033	0.015	0.968(0.940 ~ 0.997)	-3.210(-6.039 ~ -0.296)
NO_2	-0.020	0.017	0.980(0.948 ~ 1.013)	-1.980(-5.155 ~ 1.301)
O_3	0.003	0.012	1.003(0.979 ~ 1.027)	0.260(-2.102 ~ 2.680)
双污染物模型				
$\text{PM}_{2.5} + \text{SO}_2$	0.053	0.023	1.054(1.007 ~ 1.104)	5.442(0.747 ~ 10.355)
$\text{PM}_{2.5} + \text{NO}_2$	0.052	0.020	1.054(1.014 ~ 1.095)	5.371(1.378 ~ 9.522)
$\text{PM}_{2.5} + \text{O}_3$	0.044	0.015	1.045(1.015 ~ 1.077)	4.535(1.481 ~ 7.682)
三污染物模型				
$\text{PM}_{2.5} + \text{SO}_2 + \text{NO}_2$	0.058	0.024	1.060(1.011 ~ 1.110)	5.953(1.101 ~ 11.038)
$\text{PM}_{2.5} + \text{SO}_2 + \text{O}_3$	0.048	0.024	1.049(1.001 ~ 1.100)	4.948(0.144 ~ 9.982)
$\text{PM}_{2.5} + \text{NO}_2 + \text{O}_3$	0.048	0.024	1.049(1.001 ~ 1.100)	4.948(0.144 ~ 9.982)
四污染物模型				
$\text{PM}_{2.5} + \text{SO}_2 + \text{NO}_2 + \text{O}_3$	0.057	0.024	1.059(1.010 ~ 1.110)	5.894(1.028 ~ 10.994)

* 示 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时喘息儿童门诊就诊人次 ER

3 讨论

$\text{PM}_{2.5}$ 是指环境空气中空气动力学当量直径 $\leq 2.5 \mu\text{m}$ 的颗粒物, 可直接穿透呼吸道肺泡上皮细胞进入血液循环, 在血液中释放生物活性物质, 进而随血液循环作用于全身, 促进炎症发生, 这些炎症介质趋化并激活炎症细胞, 使之长期存在肺内, 使肺内炎症持续存在。同时, 空气污染物的浓度升高会导致气道高反应性, 引发呼吸系统疾病。

本研究发现, 在 Lag 1 d 时 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度对喘息性儿童影响最大, 即 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 次日日就诊喘息儿童 $ER(95\% CI)$ 为 4.251% (0.824% ~ 7.796%), 与近年国内外^[8-11]关于空气污染引发儿童呼吸系统疾病的研究结论一致。研究^[12]指出, 全球 13% 儿童哮喘的发生可能与交通相关的空气污染有关。随着空气污染加重, $\text{PM}_{2.5}$ 浓度每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 对急性喘息发作儿童日就诊量影响增大, 与国外多数研究^[13-15]结果相似。2019 年, 上海市环境空气质量指数(AQI)优良时间为 309 d, 优良率 84.7%, 环境空气质量持续改善, 但 O_3 在污染日中占比高达 46.4%, 污染仍较突出。本研究中, 将 O_3 引入多污染物模型后, 并未引起喘息儿童门诊量明显增长, 国外相关研究^[16-17]结果有所不同, 原因可能是在一定条件下, 细颗粒物特别是 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的升高导致气溶胶厚度增大, 削弱了 O_3 光化学生成率, 导致 O_3 浓度相应出现下降。本研究还发现, 这种效应也是儿童喘息性疾病的重要因素, 与国内在青岛的一项研究^[18]结果一致。同时, 6-8 月喘息儿童日就诊量减少, 推测与气温升高有关, 温度与 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度呈负相关关系, 该月份儿童外出暴露时间短, 喘息儿童就诊量明显减少有关。本研究尚存在许多不足之处: 首先, 资料选取存在地域局限性; 其次, 虽考虑了温度和相对湿度及其他空气成分, 但 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度还与风速和气压等因素相关, 研究中无法一一考虑; 最后, 数据丢失可能会导致研究结果低估, 仍需进一步研究。

综上, $\text{PM}_{2.5}$ 浓度升高是诱发喘息的重要促发因素。希望通过本文, 呼吁加强区域性空气质量监管, 为喘息性疾病的防治及喘息急性发作病人的自我管理提供依据。

[参 考 文 献]

- [1] STRICKLAND MJ, DARROW LA, KLEIN M, et al. Short-term associations between ambient air pollutants and pediatric asthma emergency department visits [J]. Am J Respir Crit Care Med,

- 2010,182(3):307.
- [2] ZHANG J, DAI J, YAN L, *et al.* Air pollutants, climate, and the prevalence of pediatric asthma in urban areas of China [J]. *Biomed Res Int*, 2016, 2016; 2935163.
- [3] ZHENG XY, DING H, JIANG LN, *et al.* Association between air pollutants and asthma emergency room visits and hospital admissions in time series studies: a systematic review and Meta-analysis [J]. *PLoS One*, 2015, 10(9): e0138146.
- [4] HUANG M, IVEY C, HU Y, *et al.* Source apportionment of primary and secondary PM_{2.5}: associations with pediatric respiratory disease emergency department visits in the U. S. State of Georgia [J]. *Environ Int*, 2019, 133(Pt A): 105167.
- [5] WANG S, NAN J, SHI C, *et al.* Atmospheric ammonia and its impacts on regional air quality over the megacity of Shanghai, China [J]. *Sci Rep*, 2015, 5: 15842.
- [6] 牟喆, 彭丽, 杨丹丹, 等. 上海市天气和污染对儿童哮喘就诊人次的影响 [J]. *中国卫生统计*, 2014, 31(5): 827.
- [7] CHEN ZH, WANG PL, SHEN HH. Asthma research in China: a five-year review [J]. *Respirology*, 2013, 18 Suppl 3: 10.
- [8] ASHER I, PEARCE N. Global burden of asthma among children [J]. *Int J Tuberc Lung Dis*, 2014, 18(11): 1269.
- [9] LIPFERT F. An assessment of air pollution exposure information for health studies [J]. *Atmosphere*, 2015, 6(11): 1736.
- [10] SHAN W, LU Y, GUO Y, *et al.* Short-term association between particulate matter air pollution and pediatric clinical visits for wheezing in a subarea of Shanghai [J]. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2016, 23(19): 19201.
- [11] TAM WW, WONG TW, NG L, *et al.* Association between air pollution and general outpatient clinic consultations for upper respiratory tract infections in Hong Kong [J]. *PLoS One*, 2014, 9(1): e86913.
- [12] ACHAKULWISUT P, BRAUER M, HYSTAD P, *et al.* Global, national, and urban burdens of paediatric asthma incidence attributable to ambient NO₂ pollution: estimates from global datasets [J]. *Lancet Planet Health*, 2019, 3(4): e166.
- [13] CHEN K, GLONEK G, HANSEN A, *et al.* The effects of air pollution on asthma hospital admissions in Adelaide, South Australia, 2003 – 2013: time-series and case-crossover analyses [J]. *Clin Exp Allergy*, 2016, 46(11): 1416.
- [14] LIM H, KWON HJ, LIM JA, *et al.* Short-term effect of fine particulate matter on children's hospital admissions and emergency department visits for asthma: a systematic review and Meta-analysis [J]. *J Prev Med Public Health*, 2016, 49(4): 205.
- [15] THOMSON EM, BREZNAN D, KARTHIKEYAN S, *et al.* Contrasting biological potency of particulate matter collected at sites impacted by distinct industrial sources [J]. *Part Fibre Toxicol*, 2016, 13(1): 65.
- [16] JUNG CR, CHEN WT, TANG YH, *et al.* Fine particulate matter exposure during pregnancy and infancy and incident asthma [J]. *J Allergy Clin Immunol*, 2019, 143(6): 2254.
- [17] NOH J, SOHN J, CHO J, *et al.* Short-term effects of ambient air pollution on emergency department visits for asthma: an assessment of effect modification by prior allergic disease history [J]. *J Prev Med Public Health*, 2016, 49(5): 329.
- [18] 刘小梅, 周晓彬, 梁爽, 等. 气象因素与青岛市区儿童哮喘发作的关系 [J]. *齐鲁医学杂志*, 2007, 11(16): 3181.

(本文编辑 卢玉清)

(上接第 114 页)

- [10] MA P, ZHOU J, WANG S, *et al.* Differences of hemorrhagic and ischemic strokes in age spectra and responses to climatic thermal conditions [J]. *Sci Total Environ*, 2018, 644: 1573.
- [11] ZHOU L, CHEN K, CHEN X, *et al.* Heat and mortality for ischemic and hemorrhagic stroke in 12 cities of Jiangsu Province, China [J]. *Sci Total Environ*, 2017, 601/602: 271.
- [12] 张云权, 宇传华, 鲍俊哲. 平均气温、寒潮和热浪对湖北省居民脑卒中死亡的影响 [J]. *中华流行病学杂志*, 2017, 38(4): 508.
- [13] PHUNG D, THAI PK, GUO Y, *et al.* Ambient temperature and risk of cardiovascular hospitalization: an updated systematic review and meta-analysis [J]. *Sci Total Environ*, 2016, 550: 1084.
- [14] 李永红, 罗书全, 和晋渝, 等. 重庆市极端温度对心脑血管病死亡影响的时间规律分析 [J]. *环境卫生学杂志*, 2018, 8(6): 447.
- [15] 洪斌, 徐钧陶, 王卫华, 等. 巢湖市气象因素与脑卒中发病关系的研究 [J]. *蚌埠医学院学报*, 2015, 40(1): 49.
- [16] VODONOS A, NOVACK V, HOREV A, *et al.* Do gender and season modify the triggering effect of ambient temperature on ischemic stroke? [J]. *Womens Health Issues*, 2017, 27(2): 245.
- [17] VERED S, PAZ S, NEGEV M, *et al.* High ambient temperature in summer and risk of stroke or transient ischemic attack: a national study in Israel [J]. *Environ Res*, 2020, 187: 109678.
- [18] 董继元, 陈永聪, 张本忠, 等. 兰州市气温对脑卒中发病的滞后效应研究 [J]. *气候变化研究*, 2017, 13(4): 366.
- [19] RYTI NR, GUO Y, JAAKKOLA JJ. Global association of cold spells and adverse health effects: a systematic review and meta-analysis [J]. *Environ Health Perspect*, 2016, 124(1): 12.
- [20] SILVEIRA IH, OLIVEIRA BFA, CORTES TR, *et al.* The effect of ambient temperature on cardiovascular mortality in 27 Brazilian cities [J]. *Sci Total Environ*, 2019, 691: 996.

(本文编辑 卢玉清)