



基于分布滞后非线性模型评估气温对缺血性脑卒中发病的影响

董意麟, 何芬芬, 吕恒, 肖莉萍, 施恒远, 许娟, 朋文佳, 于影, 贾贤杰

引用本文:

董意麟,何芬芬,吕恒,肖莉萍,施恒远,许娟,朋文佳,于影,贾贤杰. 基于分布滞后非线性模型评估气温对缺血性脑卒中发病的影响[J]. 蚌埠医学院学报, 2024, 49(1): 110-114,118.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2024.01.025>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于思维导图联合量化预测模型对缺血性脑卒中合并吞咽障碍病人的护理实践

Nursing practice of the mind mapping combined with quantitative prediction model in patients with ischemic stroke complicated with dysphagia

蚌埠医学院学报. 2021, 46(11): 1634-1638 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2021.11.034>

缺血性脑卒中病人日常生活活动能力的影响因素分析

Analysis of the influencing factors of activity of daily living in patients with ischemic stroke

蚌埠医学院学报. 2021, 46(5): 669-672 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2021.05.028>

中青年缺血性脑卒中病人健康行为与睡眠质量的相关性研究

蚌埠医学院学报. 2021, 46(9): 1316-1318 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2021.09.043>

缺血性脑卒中伴脑血管动脉粥样硬化狭窄的影响因素分析

Analysis of the influencing factors of ischemic stroke complicated with cerebrovascular atherosclerotic stenosis

蚌埠医学院学报. 2020, 45(9): 1184-1186 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2020.09.011>

缺血性脑卒中偏瘫病人健侧下肢深静脉血栓形成的相关因素分析

Analysis of the related factors of deep venous thrombosis of healthy side lower extremity in hemiplegia patients after ischemic stroke

蚌埠医学院学报. 2020, 45(11): 1518-1520,1524 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2020.11.018>

基于分布滞后非线性模型评估气温对缺血性脑卒中发病的影响

董意麟¹, 何芬芬¹, 吕恒¹, 肖莉萍¹, 施恒远¹, 许娟³, 朋文佳⁴, 于影², 贾贤杰¹

(蚌埠医科大学 1. 公共卫生学院流行病学与卫生统计学教研室, 2. 基础医学院生理教研室, 安徽蚌埠 233030; 3. 山东省平邑县疾病预防控制中心 慢性病非传染性疾病控制科, 273300; 4. 复旦大学公共卫生学院, 上海 200000)

[摘要] **目的:** 探讨气温对居民缺血性脑卒中发病的影响。 **方法:** 收集 2013 - 2020 年山东生态队列平邑县子队列缺血性脑卒中发病数据及气象数据。采用分布滞后非线性模型(DLNM)分析气温对全人群缺血性脑卒中发病的影响, 并探讨不同性别、年龄人群间的差异。 **结果:** 2013 - 2020 年共观察缺血性脑卒中病人 50 427 例, 纳入缺血性脑卒中发病病人 42 014 例, 日均发病数为 14 例。日均气温与缺血性脑卒中发病人数呈非线性关系。高温与缺血性脑卒中发病人数的增加有关, 且高温对其发病存在即刻效应和滞后效应, 高温在 0 ~ 10 d 滞后的累积相对危险度(*RR*)为 1.433 (95% *CI*: 1.079 ~ 1.902)。低温和较低温对于全人群在特定累积时段存在一定保护作用, 且随着时间的推移保护作用减弱, 低温和较低温在 0 ~ 10 d 滞后的合并 *RR* 分别为 0.618 (95% *CI*: 0.455 ~ 0.840) 和 0.712 (95% *CI*: 0.608 ~ 0.834)。分层分析结果显示, 高温对男性、≥65 岁人群缺血性脑卒中发病危害较大, 高温累积滞后 10 d 时, 男性组人群缺血性脑卒中发病风险达到最大, *RR* 值为 1.678 (95% *CI*: 1.193 ~ 2.361); 年龄 ≥65 岁人群缺血性脑卒中发病在高温当天 *RR* 达到最大, *RR* 值为 1.523 (95% *CI*: 1.203 ~ 1.928)。 **结论:** 气温与居民缺血性脑卒中发病呈非线性关系, 高温会增加居民缺血性脑卒中的发病风险, 且累积滞后效应影响较大, 居民应提高在高温天气下的自我保护意识。

[关键词] 缺血性脑卒中; 气温; 时间序列; 分布滞后非线性模型

[中图分类号] R 743.3

[文献标志码] A

DOI: 10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2024.01.025

Evaluation of the effect of temperature on the incidence of ischemic stroke based on distributed lag non-linear model

DONG Yilin¹, HE Fenfen¹, LÜ Heng¹, XIAO Liping¹, SHI Hengyuan¹, XU Juan³, PENG Wenjia⁴, YU Ying², JIA Xianjie¹

(1. Department of Epidemiology and Health Statistics, School of Public Health, 2. Department of Physiology, School of Basic Medicine, Bengbu Medical University, Bengbu Anhui 233030; 3. Department of Chronic Noncommunicable Disease Control, Pingyi Center for Disease Control and Prevention, Pingyi Shandong 273300; 4. School of Public Health, Fudan University, Shanghai 200000, China)

[Abstract] **Objective:** To explore the effect of temperature on the incidence of ischemic stroke in residents. **Methods:** The incidence and meteorological data of ischemic stroke from 2013 to 2020 in Pingyi county sub-cohort of Shandong Ecological cohort were collected. The distributed lag non-linear model (DLNM) was used to analyze the influence of temperature on the incidence of ischemic stroke in the whole population. In addition, the differences between genders and ages were also discussed. **Results:** A total of 50 427 people were observed from 2013 to 2020, and the number of cases of ischemic stroke was 42 014, with an average daily incidence of 14 cases. It was found that there was a non-linear relationship between the average daily temperature and the incidence of ischemic stroke. High temperature was related to the increase of the incidence of ischemic stroke, and high temperature had immediate effect and lag effect on the incidence of ischemic stroke. The cumulative relative risk (*RR*) of high temperature lag in 0 - 10 days was 1.433 (95% *CI*: 1.079 - 1.902). Low temperature and lower temperature had a certain protective effect on the whole population in a specific cumulative period, and the protective effect became weaker and weaker with the passage of time. The *RR* of low temperature and lower temperature lagging in 0 - 10 days were 0.618 (95% *CI*: 0.455 - 0.840) and 0.712 (95% *CI*: 0.608 - 0.834), respectively. The results of stratified analysis showed that high temperature had a great influence on the incidence of ischemic stroke in men and ≥65 years old group. When the accumulation of high temperature lagged for 10 days, the risk of ischemic stroke in the male group was the highest, with an *RR* of 1.678 (95% *CI*: 1.193 - 2.361), while for the group aged ≥65 years old, the relative risk of ischemic stroke reached the highest on the day of high temperature, with an *RR* of 1.523 (95% *CI*: 1.203 - 1.928). **Conclusions:** The temperature has a non-linear

[收稿日期] 2022-03-21 [修回日期] 2022-08-02

[项目基金] “512 人才培养计划”(by51201202); 蚌埠医学院研究生科研创新计划 (Byycxz21043)

[作者简介] 董意麟(1996 -), 男, 硕士研究生。

[通信作者] 贾贤杰, 硕士研究生导师, 教授. E-mail: xjjia@139.com

relationship with the incidence of ischemic stroke in residents. The high temperature will increase the risk of ischemic stroke in residents, and the cumulative lag effect is greater. Therefore, residents should pay attention to raising awareness of self-protection in hot weather.

[Key words] ischemic stroke; temperature; time series; distributed lag non-linear model

异常的环境温度对健康的影响已成为全球性健康问题。近年流行病学证据^[1-2]表明,脑卒中的发病或死亡与异常的环境温度具有一定相关性。其中,缺血性脑卒中约占所有卒中发病病例的 70%,为我国经济和医疗发展带来较大压力^[3]。环境温度与缺血性脑卒中发病之间的研究目前尚为数不多,且结果不一,并未充分未体现环境温度对缺血性脑卒中发病影响的滞后效应,且研究地区多集中于经济较为发达的地区^[4-5]。因此,有必要探讨欠发达地区环境温度对缺血性脑卒中发病的影响。本研究旨在通过分布滞后非线性模型(distributed lag non-linear model, DLNM)评估 2013-2020 年山东生态队列平邑县子队列日均气温与居民缺血性脑卒中发病之间的关系,以期为气温与脑卒中发病之间的关系提供一定的理论支持。

1 对象与方法

1.1 数据采集

从中国科学院资源环境科学与数据中心收集山东生态队列平邑县子队列 2013-2020 年气象资料,包括日均气温、日均相对湿度、日均气压、降水量、日照时数和风速。缺血性脑卒中(ICD10)发病数据来源于平邑县疾病预防控制中心数据库,收集信息包括 2013-2020 年山东生态队列平邑县子队列缺血性脑卒中病人的发病日期、性别、年龄和家庭住址等信息。共观察缺血性卒中病人 50 427 例,纳入缺血性脑卒中发病病人 42 014 例。

1.2 统计分析

由于每天缺血性脑卒中发病人数是服从泊松分布的小概率事件,类似的研究^[6]发现环境温度与中风发病率之间存在非线性关系。DLNM 框架以交叉基函数为基础,同时评估暴露-反应关系的非线性和延迟影响。利用 Spearman 秩相关分析气象因子间的相关性控制日均相对湿度、降水量、日照时数和风速等混杂因素,相关系数 $r > 0.8$ 的变量不能同时包含在同一模型中,以避免共线性^[5]。本研究采用类泊松(quasi-poisson)与交叉基结合的方法拟合气温与缺血性脑卒中发病人数的模型。基本模型如

下:

$$\text{Log}[E(Y_t)] = \alpha + \beta \text{Tempt. } l + \text{ns}(\text{time}, \text{df}) + \text{ns}(\text{RHU}, \text{df}) + \text{ns}(\text{WIN}, \text{df}) + \text{ns}(\text{SSD}, \text{df}) + \text{ns}(\text{PRE}, \text{df}) + \text{DOW} + \text{holiday}$$

模型的拟合度和自由度根据赤池信息准则(AIC)的评价进行选择。模型中 Y_t 为缺血性脑卒中发病人数; α 为截距; β 为 Tempt. l 系数;Tempt. l 为日均气温与滞后时间的交叉基。基于前期研究,使用具有 3 个 df 的自然三次样条来表示相对湿度(RHT)、日照时数(SSD)、风速(WIN)以及降雨量(PRE),模型中的 DOW 与 holiday 分别为星期几效应和节假日效应。其中时间趋势变量每年的自由度为 7^[5,7-8]。

研究中暴露-反应维度拟合采用自然三次样条函数,其中 3 个内部节点放置在气温分布的第 10、75 和 90 个百分位数;暴露-滞后维度进行拟合同样采用自然三次样条函数,滞后期选择 10 d,其中 3 个内部节点在对数比例中以等间距的值放置^[8-9],滞后效果的最大滞后时间为 10 d^[5,10]。以中位数气温作为参比气温^[6,9],计算研究期间的 RR 和 95% 可信区间(CI);绘制表达气温处于不同滞后时间下对缺血性脑卒中发病影响的 3D 效果图。根据气温与缺血性脑卒中发病的剂量反应曲线,选取不同的滞后天数,以日均气温的 P0.1、P25、P75、P99.9 作为低温、较低温、较高温、高温估计其对缺血性脑卒中发病的效应。计算相应的气温对缺血性脑卒中发病影响的滞后效应值,并按照性别、年龄进行分层,分析气温对缺血性脑卒中发病的影响。

2 结果

2.1 缺血性脑卒中病人概况

2013-2020 年共纳入平邑子队列缺血性脑卒中发病 42 014 例,其中男 22 023 例(52.42%),女 19 991 例(47.58%),男/女比例约为 1.1,平均每天有缺血性脑卒中发病病人 14.4 例(见表 1)。

2.2 气温和发病人数时间序列分布

2013-2019 年平邑子队列脑卒中发病人数持续上升,2019 年达到近年高峰,2020 年发病人数有

所下降。日平均气温的波动有明显的年周期,但未见明显的变化趋势(见图1)。

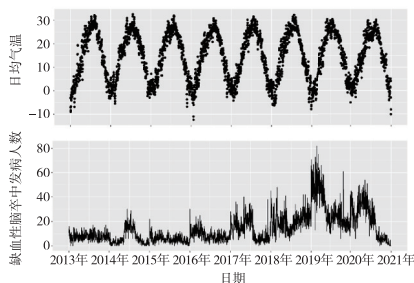


图1 平邑子队列2013-2021年缺血性脑卒中发病人数和平均气温的时间分布

表1 平邑子队列2013-2020年缺血性脑卒中每天发病数基本信息

变量	最小值	P25	P50	P75	最大值	$\bar{x} \pm s$	总发病数
总人数	1	6	10	20	82	14.4 ± 12.5	42 014
性别							
男	0	3	5	11	43	7.5 ± 6.9	22 023
女	0	2	5	9	43	6.8 ± 6.2	19 991
年龄/岁							
<65	0	2	4	7	34	5.3 ± 4.9	15 413
≥65	0	3	6	12	50	9.1 ± 8.2	26 601
气象变量							
平均气温/°C	-12.4	5.5	16.0	23.7	32.6	14.7 ± 10.0	—
相对湿度/%	16	50.3	63.5	75.5	99.5	62.5 ± 16.7	—
降水量/mm	0	0	0	0.1	3 270	119.5 ± 608.4	—
日照时数/h	0	2	6.8	9.1	13.7	5.9 ± 3.9	—
风速/(m/s)	0.2	1.5	2.1	2.9	7.5	2.3 ± 1.1	—

2.3 各气象因素间的 Spearman 相关分析

日均气温与相对湿度、降水量、日照时数、风速均呈正相关关系($P < 0.05 \sim P < 0.01$),日均气温与日均气压呈负相关关系($r > 0.8, P < 0.01$),因此日均气压未纳入最终模型(见表2)。

表2 气象因素间的 Spearman 相关分析(r)

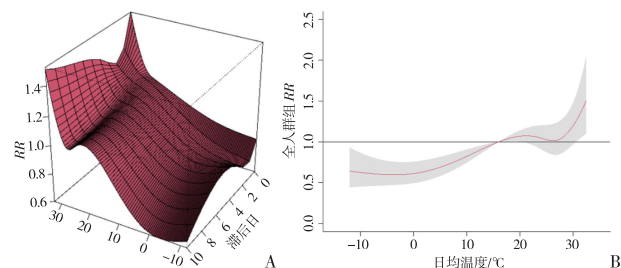
变量	日均气温	相对湿度	气压	降水量	日照时数	风速
日均气温	1.00					
相对湿度	0.26 **	1.00				
日均气压	-0.89 **	-0.31 **	1.00			
降水量	0.19 **	0.50 **	-0.27 **	1.00		
日照时数	0.23 **	-0.53 **	-0.14 **	-0.42 **	1.00	
风速	0.07 **	-0.09 **	-0.16 **	0.05 *	0.09	1.00

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

2.4 气温对总人群缺血性脑卒中发病的影响

气温和缺血性脑卒中发病之间呈非线性关系。

与中位数气温(16 °C)相比,低温对缺血性脑卒中发病具有一定保护效应,且保护作用随滞后时间的延长而减弱;相反,高温增加缺血性脑卒中发病风险,且高温对缺血性脑卒中发病的影响具有即时效应和滞后效应(见图2)。



A: 气温在不同滞后时间下对缺血性脑卒中发病影响的3D效果图;
B: 平均气温与总人群缺血性脑卒中发病关系的剂量反应关系。

图2 气温在不同滞后时间下对缺血性脑卒中发病影响的效果关联图

2.5 不同累积滞后时间下气温对缺血性脑卒中发病的累积效应

与中位数气温相比,低温(-9 °C)和较低温(6 °C)在累积滞后10 d时,对于全人群的缺血性脑卒中发病都显示出保护作用。较高气温(24 °C)与中位数气温(16 °C)相比,滞后10 d内缺血性脑卒中的发病风险随滞后时间先增加、后降低,但其结果只有滞后时间为1 d和2 d时有统计学意义,结果分别为RR 1.107(95% CI: 1.030 ~ 1.191)和1.102(95% CI: 1.021 ~ 1.191)。高温明显增加缺血性脑卒中的发病风险,且有滞后效应和即刻效应,累积相对危险度(RR)在滞后0 d时达到最大,随滞后时间的增加,累积相对危险度先降低后增加(见表3)。

2.6 气温对不同性别、年龄人群缺血性脑卒中发病的影响

性别分层分析结果表明,较低温对于女性在累积滞后0 ~ 10 d时均为保护作用。高温与较高温对女性缺血性脑卒中发病人数有影响,滞后效应较短。与中位数气温相比,高温(32 °C)对于女性人群的影响时间较短,只出现在高温当天,RR为1.489(95% CI: 1.144 ~ 1.939)。在男性组人群中,累积滞后10 d内,随滞后时间增加,高温对缺血性脑卒中发病的累积风险先降低后逐渐增大,在0 ~ 10 d时RR为1.678(95% CI: 1.193 ~ 2.361)。因此,男性人群的缺血性脑卒中发病较女性更易受到高温影响。年龄分层分析结果表明,低温与较低温对于<65岁人群累积滞后4 ~ 10 d时均为保护作用;较低温对于≥65岁人群累积滞后0 ~ 10 d时均表现为保护效应。高温对≥65岁人群的缺血性脑卒中发病的影响发生

急促,在高温当天累积风险值就达到最大,RR 值为 1.523 (95% CI: 1.203 ~ 1.928); 在 <65 岁组人群中,随着累积滞后时间增加,人群发病风险先降低后

逐渐增高,但其结果除滞后 0 d 时 RR 值外均无统计学意义。因此,相对于 <65 岁人群,≥65 岁的人群在高温影响下缺血性脑卒中的发病风险更高(见表 4)。

表 3 不同滞后时间下气温对缺血性脑卒中发病人数的累积效应

累积滞后时间/d	低温(-9℃)		较低温(6℃)		较高温(24℃)		高温(32℃)	
	RR	95% CI	RR	95% CI	RR	95% CI	RR	95% CI
0	0.848	0.670 ~ 1.072	0.910	0.825 ~ 1.003	1.080	0.994 ~ 1.174	1.471	1.204 ~ 1.797
4	0.818	0.654 ~ 1.023	0.846	0.761 ~ 0.940	1.077	0.982 ~ 1.181	1.305	1.069 ~ 1.593
7	0.781	0.606 ~ 1.005	0.804	0.706 ~ 0.916	1.050	0.938 ~ 1.176	1.373	1.085 ~ 1.737
10	0.618	0.455 ~ 0.840	0.712	0.608 ~ 0.834	1.047	0.911 ~ 1.204	1.433	1.079 ~ 1.902

全人群较高温(24℃)累积滞后时间 1 d 时 RR 值为 1.107(95% CI: 1.030 ~ 1.191); 全人群较高温(24℃)累积滞后时间 2 d 时 RR 值为 1.102(95% CI: 1.021 ~ 1.191)

表 4 各滞后时间下气温对不同性别人群缺血性脑卒中发病人数的累积效应

累积滞后时间/d	低温(-9℃)		较低温(6℃)		较高温(24℃)		高温(32℃)	
	RR	95% CI	RR	95% CI	RR	95% CI	RR	95% CI
男性								
0	0.910	0.685 ~ 1.210	0.962	0.855 ~ 1.083	1.027	0.929 ~ 1.136	1.454	1.144 ~ 1.847
4	0.902	0.689 ~ 1.181	0.911	0.802 ~ 1.034	1.013	0.907 ~ 1.132	1.378	1.085 ~ 1.749
7	0.820	0.605 ~ 1.113	0.887	0.759 ~ 1.038	0.967	0.844 ~ 1.107	1.478	1.114 ~ 1.961
10	0.686	0.474 ~ 0.992	0.755	0.624 ~ 0.914	1.001	0.846 ~ 1.184	1.678	1.193 ~ 2.361
女性								
0	0.785	0.579 ~ 1.064	0.856	0.753 ~ 0.972	1.142	1.024 ~ 1.274	1.489	1.144 ~ 1.939
4	0.737	0.551 ~ 0.987	0.781	0.681 ~ 0.896	1.152	1.021 ~ 1.30	1.233	0.949 ~ 1.601
7	0.740	0.532 ~ 1.028	0.721	0.609 ~ 0.854	1.152	0.993 ~ 1.335	1.271	0.934 ~ 1.730
10	0.552	0.370 ~ 0.823	0.669	0.545 ~ 0.821	1.102	0.918 ~ 1.322	1.212	0.838 ~ 1.755
<65 岁								
0	0.980	0.694 ~ 1.383	0.984	0.857 ~ 1.13	1.026	0.913 ~ 1.151	1.382	1.047 ~ 1.825
4	0.633	0.455 ~ 0.880	0.819	0.705 ~ 0.951	1.043	0.918 ~ 1.186	1.195	0.907 ~ 1.576
7	0.653	0.450 ~ 0.947	0.787	0.655 ~ 0.946	1.050	0.900 ~ 1.232	1.253	0.904 ~ 1.737
10	0.536	0.342 ~ 0.839	0.696	0.557 ~ 0.870	1.111	0.915 ~ 1.349	1.384	0.935 ~ 2.048
≥65 岁								
0	0.782	0.598 ~ 1.022	0.869	0.775 ~ 0.974	1.115	1.010 ~ 1.230	1.523	1.203 ~ 1.928
4	0.932	0.723 ~ 1.203	0.862	0.762 ~ 0.974	1.099	0.986 ~ 1.225	1.372	1.085 ~ 1.735
7	0.856	0.642 ~ 1.143	0.813	0.699 ~ 0.946	1.050	0.919 ~ 1.199	1.446	1.095 ~ 1.908
10	0.669	0.471 ~ 0.949	0.721	0.600 ~ 0.867	1.011	0.858 ~ 1.191	1.455	1.042 ~ 2.033

女性组人群较高温(24℃)累积滞后时间 1 d 时 RR 为 1.189(95% CI: 1.082 ~ 1.307); 女性组人群较高温(24℃)累积滞后时间 2 d 时 RR 为 1.182(95% CI: 1.070 ~ 1.306); 女性组人群较高温(24℃)累积滞后时间 3 d 时 RR 为 1.163(95% CI: 1.044 ~ 1.295); ≥65 岁组较高温(24℃)累积滞后时间 1 d 时 RR 为 1.115(95% CI: 1.024 ~ 1.214)

3 讨论

本研究基于 DLNM 模型与 2013 - 2020 年山东生态队列平邑子队列 42 014 例脑卒中发病病人的数据,按总人群、性别和年龄组对脑卒中发病风险进行了最新评估。结果表明,高温暴露与缺血性脑卒中发病风险的增加显著相关,二者存在非线性关系,并且高温对缺血性脑卒中发病的影响存在着显著的

即刻效应和滞后效应。以往研究^[10-11]表明高温对缺血性脑卒中发病影响迅速,但并未充分体现其滞后效应,与本研究结果有所不同。

目前国内外大多数研究都集中于日均气温与脑卒中死亡率的关系。张云权等^[12]研究表明,高温对脑卒中死亡效应则发生急促,持续时间较短,高温累积滞后 0 ~ 2 d 合并风险 RR 为 1.114(95% CI: 1.012 ~ 1.227)。PHUNG 等^[13]使用 Meta 分析合并以往研

究,结果表明,寒冷和炎热的气温都与中风死亡风险的增加有关。李永红等^[14]研究发现,极端高温和极端低温对脑血管病死亡的累积风险分别为 2.08 (95% CI: 1.49 ~ 2.90) 和 4.61 (95% CI: 1.85 ~ 11.5)。此外,很少有研究探讨气温对脑卒中发病的影响。其中,洪斌等^[15]研究表明,安徽巢湖地区缺血性脑卒中在夏季及秋季发病较多,夏季天气炎热,居民缺血性脑卒中发病率较高。LI 等^[5]研究发现,深圳地区高温对于缺血性脑卒中发病的即刻热效应显著,低温对于男性组人群有微弱的保护效应。然而德国一项研究^[4]却表明,环境温度的迅速下降会使中风发病的风险逐渐升高。本研究发现,高温对缺血性脑卒中发病的影响存在即刻效应和明显的滞后效应,低温对全人群缺血性脑卒中发病的影响在特定累积时段呈现出一定的保护作用。在目前的研究中,我们观察到不同城市的分析之间存在一些差异,这些差异可能部分归因于研究地点的特点,如气候条件、地理特性、人口脆弱性和住房类型等。

本研究进一步按性别、年龄进行分层分析。研究发现,在高温环境下,滞后 2 ~ 10 d 内,滞后时间越长,缺血性脑卒中的发病率越高,特别是在老年组 (≥ 65 岁) 和男性组中。这一发现与 VODONOS 等^[16]研究结果相近,但其研究并未展示出高温对缺血性脑卒中影响的滞后效应。有研究^[17]表明,较长的滞后期可能反映了当地人口对炎热条件的适应,这可能导致需要更长时间的热应激来触发生理反应。虽然高温与缺血性脑卒中风险之间的联系机制尚不完全清楚,但据推测,一方面当暴露在高温环境下时,身体需要通过提高心率、血管扩张和出汗等体温调节手段增加热量扩散,因此,对大脑的血液供应可能会减少,现有的缺血可能会加重;另一方面,高温可能使人体失水和脱水使血液浓缩和黏稠度增高,从而导致血栓栓塞,增加缺血性脑卒中发作的风险^[5,17-18]。关于各年龄段的争议结果,大多数现有研究^[8,19]显示,老年人似乎比年轻人更容易受到影响。有研究^[18]显示,就缺血性脑卒中而言,老年人在高温下比年轻人更容易发病,这可能是因为在老年人经常患有慢性和退化性疾病,他们的生理功能随着年龄的增长而下降。在性别差异方面的解释为男女对热应激的生理反应不同,如性激素、体温调节能力、免疫力等^[5]。此外,男性体力劳动相对较多、劳动强度和压力较大,以及吸烟、饮酒和高脂饮食等一些不受控制的生活和社会条件,都可能导

致男性发病风险高于女性^[6,18]。

本研究存在一定局限性,首先,山东生态队列平邑县子队列所属地区地质构造复杂有明显的山区特征,山区面积占 85%,其气候条件、地理特性独特,因此研究结果无法代表大部分地区。其次,有研究^[20]称空气污染属于中介变量而非混杂因素,因此未将空气污染资料纳入混杂。气象数据是从固定的监测点提取的,而不是从单个的暴露中获取的,暴露量测量误差难以避免。第三,缺血性脑卒中分类按照 ICD10 进行,可能不完全准确,可能出现编码错误,导致错误分类和信息偏差,特别是病人有多个亚型的脑卒中。因此,未来的研究还需要进一步研究环境温度对不同经济和气候地区缺血性脑卒中发病的影响,同时纳入更多的协变量,更加全面地分析不同因素对缺血性脑卒中发病的影响。

[参 考 文 献]

- [1] SONG X, WANG S, HU Y, *et al.* Impact of ambient temperature on morbidity and mortality: an overview of reviews[J]. *Sci Total Environ*, 2017, 586: 241.
- [2] MOGHADAMNIA MT, ARDALAN A, MESDAGHINIA A, *et al.* Ambient temperature and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis[J]. *Peer J*, 2017, 5: e3574.
- [3] WANG W, JIANG B, SUN H, *et al.* Prevalence, incidence, and mortality of stroke in China: Results from a nationwide population-based survey of 480 687 adults[J]. *Circulation*, 2017, 135(8): 759.
- [4] RAKERS F, SCHIFFNER R, RUPPRECHT S, *et al.* Rapid weather changes are associated with increased ischemic stroke risk: a case-crossover study[J]. *Eur J Epidemiol*, 2016, 31(2): 137.
- [5] LI L, HUANG S, DUAN Y, *et al.* Effect of ambient temperature on stroke onset: a time-series analysis between 2003 and 2014 in Shenzhen, China[J]. *Occup Environ Med*, 2021, DOI:10.1136/oemed-2020-106985.
- [6] LUO Y, LI H, HUANG F, *et al.* The cold effect of ambient temperature on ischemic and hemorrhagic stroke hospital admissions: a large database study in Beijing, China between years 2013 and 2014—utilizing a distributed lag non-linear analysis[J]. *Environ Pollut*, 2018, 232: 90.
- [7] GAO J, YU F, XU Z, *et al.* The association between cold spells and admissions of ischemic stroke in Hefei, China: modified by gender and age[J]. *Sci Total Environ*, 2019, 669: 140.
- [8] YANG J, YIN P, ZHOU M, *et al.* The burden of stroke mortality attributable to cold and hot ambient temperatures: epidemiological evidence from China[J]. *Environ Int*, 2016, 92/93: 232.
- [9] GUO P, ZHENG M, WANG Y, *et al.* Effects of ambient temperature on stroke hospital admissions: results from a time-series analysis of 104,432 strokes in Guangzhou, China[J]. *Sci Total Environ*, 2017, 580: 307.

- 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)