

# 2018—2022年5~10月山东省热浪与学龄人群 其他感染性腹泻发病的关联研究

李欣怡<sup>1</sup>,张骁驰<sup>1</sup>,李文<sup>1</sup>,高杉杉<sup>2,3</sup>,赵琦<sup>1</sup>,张玮<sup>4</sup>

(1.山东大学齐鲁医学院公共卫生学院流行病学系,山东 济南 250012;

2.山东第一医科大学第一附属医院(山东省千佛山医院)消化科,山东 济南 250014;

3.山东大学齐鲁医学院公共卫生学院劳动卫生与环境卫生学系,山东 济南 250012;

4.德州市疾病预防控制中心,山东 德州 253016)

**摘要:**目的 研究热浪(heat wave, HW)与6~18岁人群(学龄人群)其他感染性腹泻(other infectious diarrhea, OID)发病之间的关联,并评估城市化水平的修饰作用,为制定学龄人群OID防控措施提供科学依据。方法 收集2018—2022年山东学龄人群每日OID发病病例、同期气象和城市化指标(人均GDP、常住人口城镇化率以及人均医疗机构床位数)数据;研究时段设为每年5~10月;以每个城市日平均气温的第90和95百分位数为阈值、以持续至少3d为必要条件定义2种HW(HW1和HW2)。基于山东省的时间序列数据,使用结合分布滞后非线性模型的准泊松回归探索HW与OID发病的关联,并通过交互项量化3个城市化指标对HW效应的修饰作用。结果 研究期间内,山东省学龄人群累计报告OID 35 929例。与非HW日相比,HW1和HW2的效应分别在暴露的当天(lag0)和第2天(lag2)达到峰值,相对危险度分别为1.05(95%CI: 1.02~1.09)和1.08(95%CI: 1.05~1.11)。在整个滞后期(15 d),HW1和HW2的累积相对危险度值分别为1.62(95%CI: 1.37~1.92)和1.93(95%CI: 1.47~2.53)。常住人口城镇化率和人均GDP低的地区与HW相关的OID发病风险更高。结论 HW与学龄人群OID的发病显著关联,城市化水平是强修饰因子。

**关键词:**热浪;其他感染性腹泻;学龄人群;时间序列分析;分布滞后非线性模型;城市化

中图分类号:R122

文献标志码:A

## Association between heat waves and other infectious diarrhea among school-aged children in Shandong Province from May to October, 2018 to 2022

LI Xinyi<sup>1</sup>, ZHANG Xiaochi<sup>1</sup>, LI Wen<sup>1</sup>, GAO Shanshan<sup>2,3</sup>, ZHAO Qi<sup>1</sup>, ZHANG Wei<sup>4</sup>

(1. Department of Epidemiology, School of Public Health, Cheeloo College of Medicine, Jinan 250012, Shandong, China;

2. Department of Gastroenterology, The First Affiliated Hospital of Shandong First Medical University and Shandong Provincial Qianfoshan Hospital, Jinan 250014, Shandong, China;

3. Department of Occupational and Environmental Health, School of Public Health, Cheeloo College of Medicine, Shandong University, Jinan 250012, Shandong, China; 4. Dezhou Center for Disease Control and Prevention, Dezhou 253016, Shandong, China)

**Abstract: Objective** To provide evidence for the development of targeted other infectious diarrhea (OID) prevention and control measures for individuals aged 6-18 years (school-aged individuals) by examining the association between heat waves (HW) and OID in Shandong Province, and explore the potential modifying effect of urbanization.

**Methods** Data from 2018 to 2022 in Shandong Province were collected, including daily OID cases among school-aged individuals, meteorological data, and urbanization indicators (per capita GDP, urbanization rate, and per capita medical

institution beds). The study period was set from May to October each year. Two definitions of HW (HW1 and HW2) were established based on the 90th and 95th percentiles of daily average temperature for each city, with a minimum duration of three consecutive days. A time-series analysis was conducted using a quasi-Poisson regression model combined with distributed lag non-linear models to explore the association between HW and OID incidence. Interaction terms were added to quantify the modifying effects of urbanization indicators. **Results** A total of 35,929 cases of OID were reported among school-aged individuals in Shandong Province during the study period. Compared to non-HW days, the effects of HW1 and HW2 peaked on the current day of exposure (lag 0 day) and the lag 2 days, with relative risks (RRs) being 1.05 (95% CI: 1.02-1.09) and 1.08 (95% CI: 1.05-1.11), respectively. Over the entire lag period (lag 0-15 days), the cumulative RR values were 1.62 (95% CI: 1.37-1.92) for HW1 and 1.93 (95% CI: 1.47-2.53) for HW2. Areas with lower urbanization rate and per capita GDP showed a higher risk of HW-related OID. **Conclusion** HW are associated with an increased incidence of OID among school-aged individuals, with urbanization considered as strong effect modifiers.

**Key words:** Heat wave; Other infectious diarrhea; School-aged individuals; Time series analysis; Distributed lag non-linear model; Urbanization

其他感染性腹泻 (other infectious diarrhea, OID) 是指由细菌、病毒和寄生虫等病原体引起,以食物和水传播为主要途径,除霍乱、痢疾、伤寒和副伤寒外的感染性腹泻。近年来,我国 OID 发病率呈逐年上升趋势,已成为重要的公共卫生问题之一<sup>[1]</sup>。因此,识别导致 OID 的危险因素对于预防和控制该疾病具有重要意义。

流行病学研究表明,环境温度在 OID 的流行中发挥重要作用<sup>[2-4]</sup>。随着气候变化的加剧,热浪 (heat wave, HW) 等极端天气事件的发生频率和强度不断增加,对公共健康构成了重大威胁。6~18 岁人群 (学龄人群) 因其独特的生理和行为特征,是 OID 的高发人群。监测数据显示,学校是我国 OID 发生的主要场所,来自学校和培训机构报告的学生 OID 病例占我国全部病例的 74.4%<sup>[5]</sup>。有研究发现,城市化水平可作为极端天气事件与 OID 发病之间关联的修饰因素<sup>[6,7]</sup>。目前关于 HW 与学龄人群 OID 发病之间关联<sup>[8,9]</sup>,以及城市化对这一关系修饰作用的研究较少。山东省是我国学龄人群人数第三大省,也是 HW 暴露的高脆弱性地区<sup>[10]</sup>。本研究基于 2018—2022 年山东省的 OID 监测数据,探索 HW 与学龄人群 OID 发病之间的关联,并分析城市化对这一关系的修饰作用,为在全球气候变化和快速城市化的背景下,制定有针对性的 OID 预防和控制策略提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

收集山东省 16 个地级市 2018 年 1 月 1 日至

2022 年 12 月 31 日期间学龄人群的每日 OID 报告数据,包括性别、年龄、现住城市、发病日期和诊断日期。同期的逐日气象数据 (空间分辨率为  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ ) 来自中国国家统计局,包括日平均气温、最高气温、最低气温和降水量。考虑到数据的可及性,本研究从 2018—2022 年的山东省统计年鉴<sup>[11]</sup>中提取了各市人均 GDP、常住人口城镇化率以及人均医疗机构床位数的数据,以分别代表经济发展、城市化程度和医疗水平情况。

### 1.2 HW 定义

国家气象局将 HW 定义为日最高气温  $\geq 35^\circ\text{C}$  且持续天数  $\geq 3$  d 的连续高温天气<sup>[12-13]</sup>。然而,不同地区居民对于环境和气候的适应能力存在差异,采用单一的固定温度定义 HW 可能会对结果造成偏倚<sup>[14]</sup>。因此,综合考虑 OID 的流行特征和识别的 HW 天数,本研究将每年的 5~10 月设定为研究时段;以每个城市日平均气温  $\geq$  第 90 或 95 百分位数为阈值、持续时间  $\geq 3$  d 为必要条件<sup>[15]</sup> 定义 2 种 HW (HW1 和 HW2)。

### 1.3 统计学处理

本研究利用广义加性混合模型来整合分布滞后非线性模型 (distributed lag non-linear model, DLNM) 的准泊松回归,进而评估各城市 HW 暴露与 OID 发病之间的关联强度。具体模型如下:

$$\log[E(Y_t)] = \alpha + cb(hw_t, lag) + ns(\text{TIME}, df) + ns(\text{RH}_t, df) + \beta \text{DOW}_t + \text{offset}(\log \text{POP}) + z(\text{CITY})$$

其中,  $\alpha$  为截距;  $Y_t$  为城市第  $t$  日的 OID 发病例数;  $cb(hw_t, lag)$  为交叉基函数;  $hw_t$  代表第  $t$  日是否为 HW 的二分类变量 (HW 为 1, 非 HW 为 0);  $lag$  为

最大滞后天数,综合已有研究<sup>[16-17]</sup>及预分析结果,将设定为 15 d; $ns$  为自然立方样条函数;TIME 为控制季节和时间长期趋势的变量  $df$  为自由度;RH<sub>*t*</sub> 为第 *t* 日的日均相对湿度;DOW<sub>*t*</sub> 为星期几效应, $\beta$  为 DOW<sub>*t*</sub> 的系数;logPOP 是各城市人口数的对数函数值;CITY 是城市的随机效应。参考已有研究<sup>[18-19]</sup>,将滞后效应的自由度设为 3,TIME 变量的自由度设为 4/年,RH<sub>*t*</sub> 的自由度设为 3。

为探讨 HW 效应的人群易感性,并评估新型冠状病毒感染对 HW-OID 发病关联的潜在影响,本研究按照性别、年龄组(6~12 岁和 13~18 岁)以及时间段(2018—2019 年和 2020—2022 年)分别进行亚组分析。为确定城市化对 HW 与 OID 发病关联的修饰作用,在模型中依次加入了交叉基与城市化指标的线性交互项。在交互项中,各城市化指标以第 25 和 75 百分位数进行中心化,以量化低、高城市化水平下 HW 的效应。采用  $z$  检验评估组间的差异是否具有统计学意义<sup>[20]</sup>。具体公式如下:

$$z = (E_1 - E_2) / \sqrt{(SE(E_1)^2 + SE(E_2)^2)}$$

其中, $E_1 - E_2$  代表 HW 效应值的差值,SE 代表对应的标准误差。本研究使用相对危险度(relative risk, RR)及 95%置信区间(confidence interval, CI)来衡量 HW 对 OID 的效应。

最后,通过改变 DLNM 模型中的最大滞后天数、改变滞后维度节点的位置和数量以及改变 TIME 变量的自由度进行敏感性分析,以验证模型结果的稳健性。

所有统计学分析均使用 R 软件(版本 4.4.0)进

行。 $P < 0.05$ (双侧)为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 描述性分析

2018—2022 年 5~10 月山东省累计报告学龄人群 OID 35 929 例,其中男 21 944 例、女 13 985 例;6~12 岁和 13~18 岁年龄组分别发生 OID 15 852(44.12%)例和 20 077(55.88%)例。研究期间山东省日平均气温的均值和标准差为(22.58±5.17)℃;累积发生 HW1 和 HW2 分别为 828 和 300 次;平均相对湿度的均值和标准差为(64.92±16.76)%;平均 24 h 累计降水量的均值和标准差为(3.38±9.86)mm。

### 2.2 HW 和学龄人群 OID 发病的关联

DLNM 单日滞后的结果显示,HW1 和 HW2 的效应分别在暴露的当天(lag0)和第 2 天(lag2)达到峰值;RR 值分别为 1.05(95%CI: 1.02~1.09)和 1.08(95%CI: 1.05~1.11);之后 HW 的效应随滞后天数的延长而逐渐减弱。见图 1A。在累积滞后的 0~15 d,HW 对学龄人群的 OID 发病均有显著影响( $P < 0.05$ );HW1 和 HW2 滞后 15 d 的累积 RR 值分别为 1.62(95%CI: 1.37~1.92)和 1.93(95%CI: 1.47~2.53)。见图 1B。分层分析结果显示,HW 效应在不同性别和年龄组间差异无统计学意义( $P > 0.05$ );但与新型冠状病毒感染后相比,HW 的效应更强,尤其是在 HW1 场景下,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。见图 2。

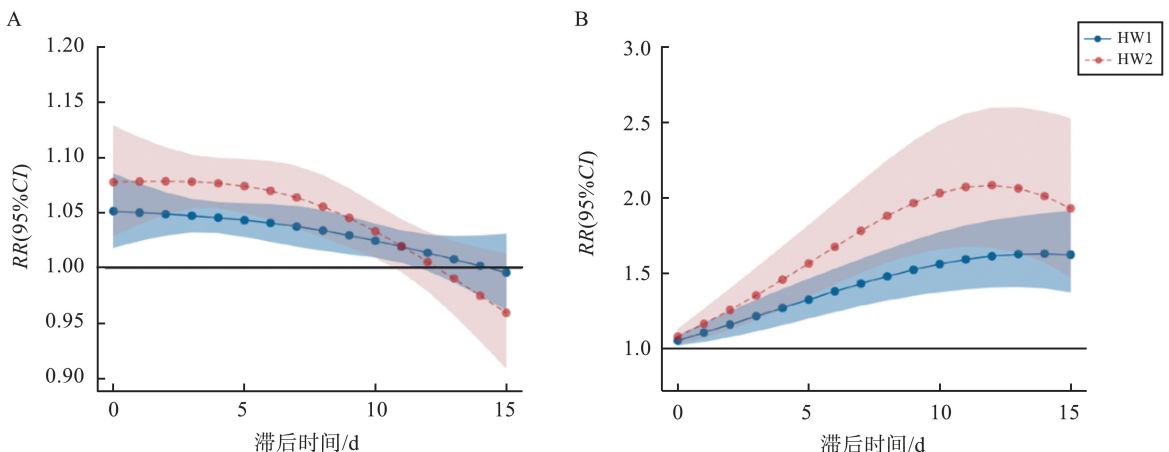


图 1 HW 与学龄人群 OID 发病之间关联的滞后效应

A: 单日滞后效应;B: 累积滞后效应。

Figure 1 Lag effect of HW on the incidence of OID among school-aged children

A: Single-day lagged effects; B: Cumulative lagged effects.

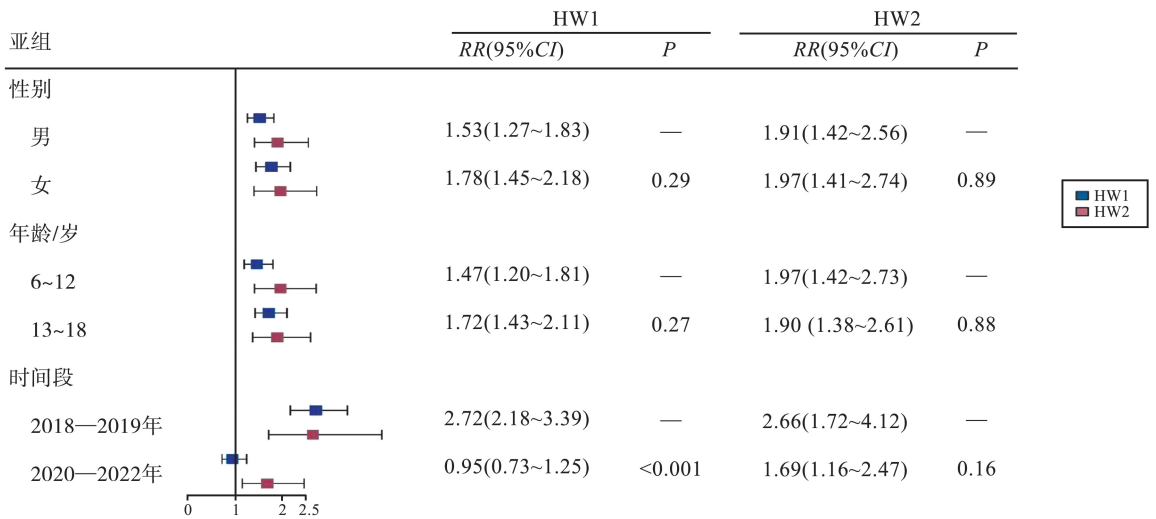


图2 2018—2022年山东省HW与OID关联的亚组分析

Figure 2 Subgroup analysis of the association between HW and OID in Shandong Province, 2018-2022

### 2.3 城市化的效应修饰作用

修饰效应的结果显示,在HW1场景下,常住人口城镇化率和人均GDP高的地区HW的累积RR值分别为1.23(95%CI: 0.98~1.54)和1.27(95%CI: 1.01~1.60);而在上述指标较低的地区,HW的累积RR值分别为1.97(95%CI: 1.62~2.39)和1.79(95%CI: 1.47~2.19),差异有统计学意义( $P <$

0.05)。在HW2场景下,仅人均GDP差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。高水平 and 低水平地区的累积RR值分别为1.29(95%CI: 0.86~1.94)和2.24(95%CI: 1.60~3.13),差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。在两种场景下,医疗机构人员数量较多地区的HW效应点估计值均低于人员数量较少的地区,但差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见图3。

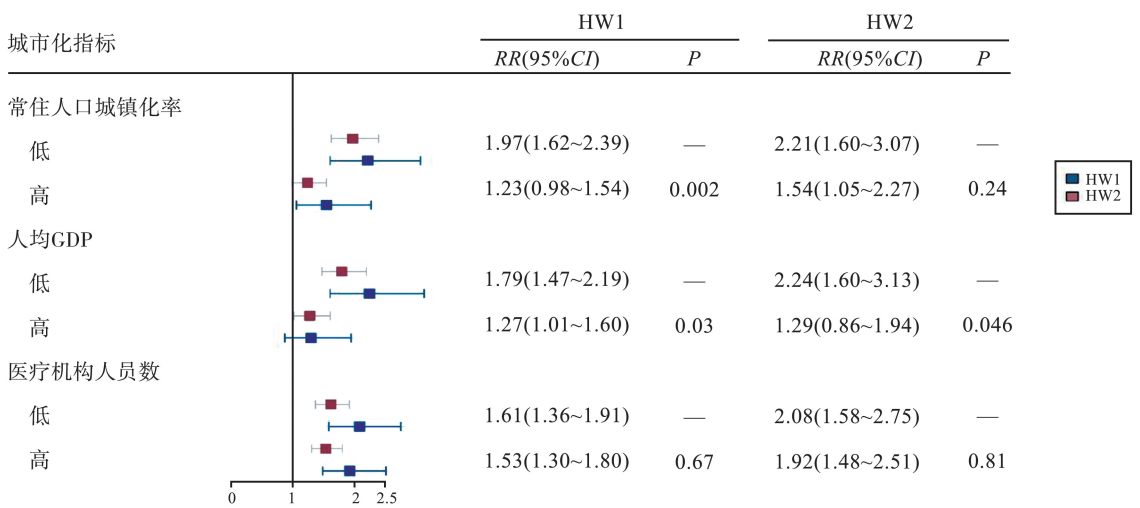


图3 不同城市化水平下HW对OID的影响

Figure 3 Impact of HW on the association with OID by levels of urbanization

### 2.4 敏感性分析

改变DLNM模型中最大的滞后天数、滞后维度节点的数量和位置以及TIME变量的自由度,模型

结果与主模型的差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),说明模型较为稳定。见表1。

表1 HW与OID关联的敏感性分析

Table 1 Sensitivity analyses of the association between HW and OID

模型	HW1		HW2	
	RR(95%CI)	P	RR(95%CI)	P
模型1	1.62(1.37~1.92)	—	1.93(1.47~2.53)	—
模型2	1.41(1.16~1.72)	0.29	1.47(1.06~2.04)	0.21

续表

模型	HW1		HW2	
	RR(95%CI)	P	RR(95%CI)	P
模型 3	1.49(1.25~1.79)	0.51	1.64(1.22~2.22)	0.44
模型 4	1.65(1.39~1.94)	0.88	1.93(1.47~2.53)	0.99
模型 5	1.62(1.39~1.92)	0.99	1.94(1.48~2.54)	0.98

模型 1:主模型。模型 2:将最大滞后天数替换为 21 天。模型 3:将最大滞后天数替换为 18 天。模型 4:在主模型的基础上将滞后维度的自由度调整为 5。模型 5:将变量每年的自由度调整为 5。

### 3 讨论

近年来,受工业生产、森林砍伐等人为因素的影响<sup>[21]</sup>,HW 等极端天气事件正日益成为全球公共卫生领域的严峻挑战。联合国儿童基金会估计,到 2050 年,几乎所有儿童都将频繁遭遇 HW 的侵袭<sup>[22]</sup>,使 HW 对儿童健康的影响受到了研究者的广泛关注。已有研究表明,HW 与儿童感染性腹泻发病之间存在一定关联<sup>[8,23]</sup>。然而,大多数研究集中在 HW 的直接影响,较少探讨城市化在这一关系中的修饰作用,以及新型冠状病毒感染对 HW 效应的潜在影响。本研究评估了 2018—2022 年山东省 HW 与学龄人群 OID 发病之间的关联,探讨了不同维度的城市化指标对该关联的效应修饰作用。研究结果首次系统地量化了 HW 对山东省学龄人群 OID 的时间滞后特征与累积风险,并全面揭示了城市化水平对 HW 与 OID 关联的潜在影响,为制定针对性公共卫生干预措施提供了科学依据。

Xu 等<sup>[24]</sup>对孟加拉国达卡地区的研究显示,HW 日的学龄人群腹泻住院率较非 HW 日增加 7%;Huang 等<sup>[25]</sup>对江苏省 13 个城市的研究显示,极端高温事件后,8 个城市的感染性腹泻发病率显著上升。本研究发现,与非 HW 日相比,HW 期间学龄人群的 OID 发病风险显著增加,与之前的研究结果一致。高温影响 OID 发病的机制较为复杂。目前普遍认为,高温条件有利于沙门氏菌和大肠杆菌等常见腹泻致病菌的存活和繁殖<sup>[26-29]</sup>,从而增加人群暴露的风险。此外,高温引起的血清免疫球蛋白等免疫因子水平降低以及个人卫生行为模式改变<sup>[30]</sup>,也可能导致 OID 发病率上升。

本研究发现,相较于新型冠状病毒感染前,HW 对 OID 的影响明显减弱。可能与 2020 年后我国采取的多种防控措施有关:许多公共场所和学校加强了消毒工作,在改善环境卫生条件的同时有效降低了病原体浓度,显著减少了手足口病、肺结核等传染病的传播<sup>[31]</sup>。此外,公众的日常模式发生了显著变化,如社交距离增加,聚集性活动减少以及以手部消

毒和使用公筷为代表的卫生习惯的普及,也有效降低了儿童感染 OID 的风险<sup>[32]</sup>。

已有研究表明,城市化水平对气象因素与 OID 的关联具有修饰作用<sup>[33]</sup>。本研究结果与上述研究一致,原因可能包括:①这些地区对高温等极端天气的适应性通常较弱,例如空调的普及率较低,导致较强的热负荷和食物污染<sup>[34-35]</sup>,使得居民难以有效应对高温天气;②有限的水资源和卫生设施不足,为病原体的繁殖提供了有利条件<sup>[36]</sup>。因此,城市化水平较低的地区在应对极端天气事件时可能面临更大的公共卫生挑战,需要采取针对性的干预措施并加大资源投入。

本研究存在一些局限性。首先,本研究仅在山东省进行,其气候、城市化水平及人群特征与其他省份存在差异,结果需要进一步验证。其次,本研究未能获得个体层面的暴露信息,如空调使用情况、户外活动时间及居住环境等,因此无法准确衡量个体的实际 HW 暴露水平,可能导致暴露错分。最后,本研究未能排除其他混杂因素的影响,如社会经济状况和个人卫生习惯等。

综上所述,HW 与山东省学龄人群 OID 发病风险显著关联,且城市化水平低的地区受影响更大。政府和相关部门应加强对极端天气事件的监测与预警,确保及时向公众发布预警信息,以减少高温对学龄人群健康的潜在威胁;城市规划与发展应考虑气候适应性,适当增加对基础设施和公共卫生设施的投资,以增强本地区应对极端天气的能力。

### 参考文献:

- [1] 汤家炜, 汤其宁, 朱时雨, 等. 2015—2019 年中国法定传染病发病趋势分析[J]. 医学动物防制, 2024, 40(1): 4-7.  
TANG Jiawei, TANG Qining, ZHU Shiyu, et al. Analysis of the incidence trend of notifiable infectious diseases in China from 2015 to 2019[J]. Journal of Medical Pest Control, 2024, 40(1): 4-7.
- [2] Wang HT, Jiang BF, Zhao Q, et al. Temperature extremes and infectious diarrhea in China: attributable risks and effect modification of urban characteristics[J]. Int J

- Biometeorol, 2023, 67(10): 1659-1668.
- [3] 郝强. 气象因素对其他感染性腹泻发病的影响及预测预警研究[D]. 济南: 山东大学, 2022.
- [4] Zhang XZ, Wang YM, Zhang WZ, et al. The effect of temperature on infectious diarrhea disease: a systematic review[J]. Heliyon, 2024, 10(11): e31250. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e31250
- [5] 任婧寰, 王锐. 2017—2021年我国其他感染性腹泻突发公共卫生事件流行特征分析[J]. 热带病与寄生虫学, 2023, 21(1): 1-6.  
REN Jinghuan, WANG Rui. Epidemiological characteristics of public health emergencies caused by other infectious diarrhea in China from 2017 to 2021[J]. Journal of Tropical Diseases and Parasitology, 2023, 21(1): 1-6.
- [6] Wang P, Luo M, Liao WL, et al. Urbanization contribution to human perceived temperature changes in major urban agglomerations of China[J]. Urban Clim, 2021, 38: 100910. doi:10.1016/j.uclim.2021.100910
- [7] Anugwom EE, Anugwom KN. Urbanization and the epidemiology of infectious diseases: towards the social framing of global responses[M]//Integrated Science of Global Epidemics. Cham: Springer International Publishing, 2023: 307-328. doi:10.1007/978-3-031-17778-1\_13
- [8] 梁敏仪, 张敏怡, 范顺昌, 等. 气温与湿度对深圳市龙华区0~5岁儿童其他感染性腹泻发病的影响研究[J]. 热带医学杂志, 2023, 23(12): 1759-1764.  
LIANG Minyi, ZHANG Minyi, FAN Shunchang, et al. The influence of temperature and humidity on the incidence of other infectious diarrhea in children aged 0-5 years in Longhua district, Shenzhen[J]. Journal of Tropical Medicine, 2023, 23(12): 1759-1764.
- [9] 刘世科, 孙家盛, 章海斌, 等. 分布滞后非线性模型评估浙江省宁海县气温对0~6岁儿童其他感染性腹泻的发病影响[J]. 疾病监测, 2022, 37(12): 1563-1568.  
LIU Shike, SUN Jiasheng, ZHANG Haibin, et al. Evaluation of effect of ambient temperature on other infectious diarrhea incidence in children aged 0-6 years in Ninghai by distributed lag nonlinear model [J]. Dis Surveill, 2022, 37(12): 1563-1568.
- [10] Yang Y, Zhao N. Vulnerability assessment of urban agglomerations to the risk of heat waves in China since the 21st century[J]. Environ Pollut, 2023, 336: 122443. doi:10.1016/j.envpol.2023.122443
- [11] 山东省统计局. 山东省统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2018-2022.
- [12] Sun XM, Sun Q, Zhou XF, et al. Heat wave impact on mortality in Pudong new area, China in 2013[J]. Sci Total Environ, 2014, 493: 789-794. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.06.042
- [13] 谢盼, 王仰麟, 彭建, 等. 基于居民健康的城市高温热浪灾害脆弱性评价: 研究进展与框架[J]. 地理科学进展, 2015, 34(2): 165-174.  
XIE Pan, WANG Yanglin, PENG Jian, et al. Health related urban heat wave vulnerability assessment: research progress and framework [J]. Progress in Geography, 2015, 34(2): 165-174.
- [14] Yang J, Yin P, Sun JM, et al. Heatwave and mortality in 31 major Chinese Cities: definition, vulnerability and implications[J]. Sci Total Environ, 2019, 649: 695-702. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.08.332
- [15] 牛彦麟, 杨军, 林华亮, 等. 高温热浪对北京市居民死亡影响附加效应[J]. 中国公共卫生, 2022, 38(3): 344-350.  
NIU Yanlin, YANG Jun, LIN Hualiang, et al. Added effect of heat waves on mortality in residents of Beijing, 2007—2013 [J]. Chinese Journal of Public Health, 2022, 38(3): 344-350.
- [16] 王琳琳. 2010-2019年桐城市昼夜温差和平均气温与其他感染性腹泻发病风险的关联性研究[D]. 合肥: 安徽医科大学, 2023.
- [17] 段瑶, 李昱颖, 胡文琦, 等. 2011—2013年广州市热浪与感染性腹泻发病关系的初步研究[J]. 环境与健康杂志, 2019, 36(11): 1003-1006.  
UAN Yao, LI Yuying, HU Wenqi, et al. Relationship between heat wave and incidence of infectious diarrhea in Guangzhou, 2011-2013[J]. Journal of Environment and Health, 2019, 36(11): 1003-1006.
- [18] Zheng H, Wang QQ, Fu JG, et al. Geographical variation in the effect of ambient temperature on infectious diarrhea among children under 5 years[J]. Environ Res, 2023, 216(Pt 1): 114491. doi:10.1016/j.envres.2022.114491
- [19] 刘志东. 归因于暴雨洪涝的感染性腹泻疾病负担评价及预估研究[D]. 济南: 山东大学, 2016.
- [20] Altman D G, Martin Bland J. Interaction revisited: the difference between two estimates[J]. BMJ, 2003, 326(7382): 219. doi:10.1136/bmj.326.7382.219
- [21] IPCC. Climate Change 2023 Synthesis Report [R]. Switzerland: IPCC, 2023.
- [22] UNICEF. 559 million children currently exposed to high heatwave frequency, rising to all 2.02 billion children globally by 2050 [Z]. LONDON/NEW YORK. 2022. doi: 10.3390/ijerph192215127
- [23] 张静. 2014-2016年降水和温度对北京市其他感染性腹泻的影响[D]. 济南: 山东大学, 2019. doi: 10.1186/s12962-023-00461-9
- [24] u ZW, Liu Y, Ma ZW, et al. Assessment of the temperature effect on childhood diarrhea using satellite imagery [J]. Sci Rep, 2014, 4: 5389. doi:10.1038/srep05389
- [25] Huang NN, Zheng H, Li B, et al. The short-term effects of temperature on infectious diarrhea among children under 5 years old in Jiangsu, China: a time-series study

- (2015-2019)[J]. *Curr Med Sci*, 2021, 41(2): 211-218.
- [26] Zhou XD, Zhou YB, Chen RJ, et al. High temperature as a risk factor for infectious diarrhea in Shanghai, China [J]. *J Epidemiol*, 2013, 23(6): 418-423.
- [27] 苏通, 赵文娜, 刘莹莹, 等. 河北省日平均气温对其他感染性腹泻发病的影响[J]. *中华传染病杂志*, 2022, 40(3): 159-164.
- SU Tong, ZHAO Wenna, LIU Yingying, et al. Effects of daily mean temperature on the incidence of other infectious diarrhea in Hebei Province [J]. *Chinese Journal of Infectious Diseases*, 2022, 40(3): 159-164.
- [28] Bentham G, Langford IH. Environmental temperatures and the incidence of food poisoning in England and Wales [J]. *Int J Biometeorol*, 2001, 45(1): 22-26.
- [29] 刘重程, 唐雅清, 王瑞琴, 等. 气象因素与北京市昌平区其他感染性腹泻发病相关性研究[J]. *首都公共卫生*, 2017, 11(2): 75-76.
- LIU Zhongcheng, TANG Yaqing, WANG Ruiqin, et al. Analysis on the correlation between meteorological factors and infectious diarrhea in Changping district, Beijing [J]. *Capital Journal of Public Health*, 2017, 11(2): 75-76.
- [30] Fang XY, Ai J, Liu WD, et al. Epidemiology of infectious diarrhoea and the relationship with etiological and meteorological factors in Jiangsu Province, China [J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 19571. doi:10.1038/s41598-019-56207-2
- [31] 张隆垚, 路珊珊, 官锦兴, 等. 新型冠状病毒感染对苏州市法定传染病流行的影响分析[J]. *中华疾病控制杂志*, 2024, 28(10): 1196-1203.
- ZHANG Longyao, LU Shanshan, GUAN Jinxing, et al. Analysis of the impact of COVID-19 on the prevalence of notifiable infectious diseases in Suzhou [J]. *Chinese Journal of Disease Control & Prevention*, 2024, 28(10): 1196-1203.
- [32] 蔡靖靖, 栾荣生. 2017—2022年四川省法定传染病流行特征分析[J]. *现代预防医学*, 2023, 50(9): 1566-1571.
- CAI Jingjing, LUAN Rongsheng. Epidemiological characteristics of notifiable infectious disease in Sichuan Province from 2017 to 2022 [J]. *Modern Preventive Medicine*, 2023, 50(9): 1566-1571.
- [33] Liu ZD, Zhang FF, Zhang Y, et al. Association between floods and infectious diarrhea and their effect modifiers in Hunan province, China: a two-stage model [J]. *Science of The Total Environment*, 2018, 626: 630-637. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.130
- [34] Guo YM, Gasparrini A, Armstrong BG, et al. Heat wave and mortality: a multicountry, multicomunity study [J]. *Environ Health Perspect*, 2017, 125(8): 087006. doi:10.1289/EHP1026
- [35] Jay O, Capon A, Berry P, et al. Reducing the health effects of hot weather and heat extremes: from personal cooling strategies to green cities [J]. *Lancet*, 2021, 398(10301): 709-724.
- [36] Tong MX, Hansen A, Hanson-Easey S, et al. Infectious diseases, urbanization and climate change: challenges in future China [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2015, 12(9): 11025-11036.

(编辑:郑潇)

(上接第98页)

- [19] 张晗, 孙瑶. 先天缺牙致病基因的相关研究进展[J]. *中国口腔种植学杂志*, 2024, 29(3): 218-223.
- ZHANG Han, SUN Yao. Progress in research on genes associated with tooth agenesis [J]. *Chinese Journal of Oral Implantology*, 2024, 29(3): 218-223.
- [20] He HY, Han D, Feng HL, et al. Involvement of and interaction between *WNT10A* and *EDA* mutations in tooth agenesis cases in the Chinese population [J]. *PLoS One*, 2013, 8(11): e80393. doi:10.1371/journal.pone.0080393
- [21] Posey JE, Harel T, Liu PF, et al. Resolution of disease phenotypes resulting from multilocus genomic variation [J]. *N Engl J Med*, 2017, 376(1): 21-31. doi: 10.1056/NEJMoa1516767
- [22] Dinckan N, Du R, Petty LE, et al. Whole-exome sequencing identifies novel variants for tooth agenesis [J]. *J Dent Res*, 2018, 97(1): 49-59. doi:10.1177/0022034517724149
- [23] Nieminen P. Genetic basis of tooth agenesis [J]. *J Exp Zool B Mol Dev Evol*, 2009, 312(4): 320-342. doi: 10.1002/jez.b.21277
- [24] Zhao Y, Hou Y, Ren J, et al. Phenotypic characteristics of taurodontism and a novel *WNT10A* variant in non-syndromic oligodontia family [J]. *Arch Oral Biol*, 2023, 154: 105759. doi:10.1016/j.archoralbio.2023.105759
- [25] Zheng J, Yu M, Liu H, et al. Novel *MSX1* variants identified in families with nonsyndromic oligodontia [J]. *Int J Oral Sci*, 2021, 13(1): 2. doi:10.1038/s41368-020-00106-0
- [26] Zhou M, Zhang H, Camhi H, et al. Analyses of oligodontia phenotypes and genetic etiologies [J]. *Int J Oral Sci*, 2021, 13(1): 3. doi:10.1038/s41368-021-00135-3
- [27] 许涛云, 郭新月, 段小红. *WNT10A* 基因突变导致非综合征型先天缺牙的表型与基因型分析 [J]. *口腔生物医学*, 2024, 15(4): 206-211.
- XU Taoyun, GUO Xinyue, DUAN Xiaohong. Genotype-phenotype analysis of non-syndromic tooth agenesis caused by *WNT10A* gene variation [J]. *Oral Biomedicine*, 2024, 15(4): 206-211.

(编辑:李伟)