

· 论 著 ·

热浪对食源性疾病发病的影响

宋和佳, 孙炆明, 贾娟娟, 林云

嘉兴市疾病预防控制中心, 浙江 嘉兴 314050

摘要: **目的** 探讨热浪对食源性疾病发病的影响, 为夏季预防食源性疾病提供依据。**方法** 通过浙江省食源性疾病监测平台收集2018—2023年每年的6—9月嘉兴市食源性疾病发病病例资料, 通过嘉兴市气象局收集气象资料, 通过全国城市空气质量实时发布平台收集空气质量资料; 结合温度阈值和持续时间定义热浪, 采用时间分层-病例交叉设计方法构建分布滞后非线性模型(DLNM)分析热浪对食源性疾病发病的影响, 计算累积相对危险度(CRR)和归因分值(AF), 比较不同性别、年龄及疾病类别的累积滞后风险和疾病负担。**结果** 2018—2023年每年的6—9月嘉兴市报告食源性疾病病例13 026例, 其中男性6 646例, 女性6 380例; <15岁746例, 15~65岁10 910例, >65岁1 370例; 感染性腹泻1 425例, 急性胃肠炎9 956例, 其他食源性疾病1 645例。DLNM分析结果显示, 不同定义热浪增加食源性疾病发病风险(均 $CRR>1$, $P<0.05$), 且发病风险随温度阈值和持续时间增加而上升。日均气温不低于2018—2023年日均气温的第95百分位数且至少持续4 d时, 赤池信息准则最小, 食源性疾病的累积滞后风险和疾病负担较高, CRR 值为1.32 (95%CI: 1.09~1.60), AF 值为2.81% (95%CI: 1.05%~4.31%); 其中, 女性、15~65岁人群和急性胃肠炎受热浪日影响较大, CRR 值分别为1.37 (95%CI: 1.12~1.67)、1.35 (95%CI: 1.06~1.73)和1.35 (95%CI: 1.09~1.66), AF 值分别为3.00% (95%CI: 0.82%~4.73%)、3.08% (95%CI: 1.27%~4.61%)和3.00% (95%CI: 1.04%~4.64%)。**结论** 热浪对食源性疾病发病风险的影响存在滞后效应和累积效应, 可增加发病风险和疾病负担; 女性、15~65岁人群和急性胃肠炎受热浪日影响较大。

关键词: 热浪; 食源性疾病; 分布滞后非线性模型

中图分类号: R155.3

文献标识码: A

文章编号: 2096-5087 (2025) 07-0673-05

Impact of heat wave on the incidence of foodborne diseases

SONG Hejia, SUN Yangming, JIA Juanjuan, LIN Yun

Jiaxing Center for Disease Control and Prevention, Jiaxing, Zhejiang 314050, China

Abstract: **Objective** To explore the impact of heat wave on the incidence of foodborne diseases, so as to provide the basis for preventing foodborne diseases in summer. **Methods** Data on foodborne disease cases from June to September each year in Jiaxing City from 2018 to 2023 were collected through the Zhejiang Provincial Foodborne Disease Surveillance Platform. Meteorological data were obtained from the Jiaxing Meteorological Bureau. Air quality data were collected from the National Urban Air Quality Real-time Release Platform. Heat wave were defined based on temperature thresholds and durations. The impact of heat wave on the incidence of foodborne diseases were analyzed by a time stratified case-crossover design with a distributed lag nonlinear model (DLNM). The cumulative relative risk (CRR) and attributable fraction (AF) were calculated to compare the cumulative lagged risks and disease burdens across different genders, age groups, and disease types. **Results** From June to September each year between 2018 and 2023, a total of 13 026 foodborne disease cases were reported in Jiaxing City, including 6 646 male cases and 6 380 female cases. Among them, 746 cases were aged <15 years, 10 910 cases were aged 15~65 years, and 1 370 cases were aged >65 years. There were 1 425 cases of infectious diarrhea, 9 956 cases of acute gastroenteritis, and 1 645 cases of other foodborne diseases. The DLNM analysis revealed that heat waves defined in different ways increased the risk of food-

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2025.07.006

基金项目: 嘉兴市科技计划项目 (2023AY11037)

作者简介: 宋和佳, 硕士, 医师, 主要从事食品卫生工作

通信作者: 林云, E-mail: ly_zyh@163.com

borne diseases (all $CRR > 1$, $P < 0.05$), and the risk of disease incidence rose with increasing temperature thresholds and durations. When the daily mean temperature was not lower than the 95th percentile of the daily mean temperature from 2018 to 2023 and lasted for at least 4 days, the Akaike Information Criterion was minimized, and the cumulative lagged risk and disease burden of foodborne diseases were relatively high, with a CRR value of 1.32 (95%CI: 1.09–1.60) and an AF value of 2.81% (95%CI: 1.05%–4.31%). Among them, females, individuals aged 15–65 years, and cases of acute gastroenteritis were more significantly affected by heat wave days, with CRR values of 1.37 (95%CI: 1.12–1.67), 1.35 (95%CI: 1.06–1.73), and 1.35 (95%CI: 1.09–1.66), respectively, and AF values of 3.00% (95%CI: 0.82%–4.73%), 3.08% (95%CI: 1.27%–4.61%), and 3.00% (95%CI: 1.04%–4.64%), respectively. **Conclusions** Heat wave have lagged and cumulative effects on the risk of foodborne disease incidence, increasing both the risk and disease burden. Females, individuals aged 15–65 years, and cases of acute gastroenteritis are more significantly affected by heat wave days.

Keywords: heat wave; foodborne diseases; distributed lag nonlinear model

全球气候变化增加了极端天气事件发生的频率和强度,热浪引起的健康问题成为国际气候与健康领域的关注重点。现有研究表明,热浪可增加人群呼吸系统疾病^[1]、循环系统疾病^[2–3]、内分泌系统疾病^[4]和部分传染病^[5–6]的发病、死亡风险和疾病负担,对老年人和儿童影响较大。食源性疾病是由于食用或饮用被致病因素污染的食物或水引起的感染性、中毒性疾病,多发于气温较高的夏季。细菌、真菌等病原微生物在夏季更容易繁殖,增加急性胃肠炎^[7]、感染性腹泻^[8]等食源性疾病风险。本研究基于2018—2023年浙江省嘉兴市食源性疾病监测资料和同期气象数据,采用时间分层-病例交叉设计方法构建分布滞后非线性模型(distributed lag nonlinear model, DLNM),分析热浪对食源性疾病发病的影响,为夏季预防食源性疾病提供依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源

2018—2023年嘉兴市食源性疾病病例发病资料来源于浙江省食源性疾病监测平台,覆盖嘉兴市99家三级医疗机构。日均气温、日均相对湿度资料来源于嘉兴市气象局(58452站点);空气质量资料来源于全国城市空气质量实时发布平台(<http://www.cne-mc.cn>),研究期间臭氧(O_3)、细颗粒物($PM_{2.5}$)、可吸入颗粒物(PM_{10})、二氧化硫(SO_2)和二氧化氮(NO_2)的日均质量浓度分别为81、21.2、33.4、5.0和21.5 $\mu g/cm^3$,一氧化碳(CO)的日均质量浓度为0.6 mg/cm^3 。

1.2 热浪定义

参考文献[9],选择2018—2023年每年的6~9月(732 d),日均气温不低于2018—2023年日均气温的第90、92.5、95和97.5百分位数(P_{90} 、 $P_{92.5}$ 、 P_{95} 和 $P_{97.5}$),且至少持续2、3或4 d定义为热浪。

根据定义将研究时间分为热浪日和非热浪日,计算累积相对危险度(cumulative relative risk, CRR)和归因分值(attributable fraction, AF)^[10]。

1.3 方法

采用时间分层-病例交叉设计,病例期和对照期处于同一年、同一个月和同一个星期几,且在同一时间层内,几个对照期随机分布,病例期非固定于某一位置^[11]。例如,假设病例期发生在2018年6月1日(星期五),则2018年6月的其他星期五均为对照期。构建DLNM模型^[12]分析热浪对食源性疾病发病的影响,比较不同性别、年龄和疾病类别的累积滞后风险和疾病负担。本研究根据人口负担系数将年龄分为<15岁、15~65岁和>65岁组;根据病因和症状表现将食源性疾病分为急性胃肠炎、感染性腹泻和其他食源性疾病,其他食源性疾病发病分散,未纳入模型拟合。根据不同类别食源性疾病的潜伏期^[8],设定14 d为最大滞后时间,模型表达式如下。

$$\log [E(Y_i)] = \alpha + cb(HW, lag) + ns(RH, \nu) + ns(O_3, \nu) + \beta_1 Strata + \beta_2 Holiday$$

式中, Y_i 为嘉兴市第*i*天食源性疾病发病数; α 为截距; $cb()$ 表示交叉基函数,HW为热浪(0=非热浪日,1=热浪日); lag 为滞后时间项,14为最大滞后时间; $ns()$ 为自然三次立方样条函数,RH为控制平均相对湿度, O_3 为控制臭氧, ν 表示自由度,均为3^[1, 7]; β 为系数,Strata为时间分层变量,用于进行时间分层-病例交叉设计和控制长期趋势、季节变化、星期几等时间因素的影响,Holiday为节假日效应。改变模型中控制的气象因素和空气质量指标及其 ν 进行敏感性分析,验证模型的稳定性和可靠性。

1.4 统计分析

采用R 4.4.0软件统计分析。定量资料服从正态分布的采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)描述。采用foreign、

dlnm 程序包构建时间分层-病例交叉设计的 DLNM 模型。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结 果

2.1 2018—2023 年嘉兴市食源性疾病发病及气象资料

2018—2023 年每年的 6—9 月嘉兴市报告食源性疾病发病 13 026 例，其中男性 6 646 例，占 51.02%；女性 6 380 例，占 48.98%。<15 岁 746 例，占 5.73%；15~65 岁 10 910 例，占 83.76%；>65 岁 1 370 例，占 10.52%。感染性腹泻 1 425 例，占 10.94%；急性胃肠炎 9 956 例，76.43%；其他食源性疾病 1 645 例，占 12.63%。2018—2023 年嘉兴市日均气温为 (27.3 ± 3.2) ℃，日均相对湿度为 (80.5 ± 9.5) %。

2.2 2018—2023 年嘉兴市热浪发生情况

当热浪定义为日均气温不低于 2018—2023 年日均气温的 P_{90} ，且至少持续 2 d（编号为 p900d2）时，热浪日最多，为 208 d；当热浪定义为日均气温不低于 2018—2023 年日均气温的 $P_{97.5}$ ，且至少持续 4 d（编号为 p975d4）时，热浪日最少，为 28 d。不同热浪定义中，当温度阈值相同时，持续时间越长热浪日越短；当持续时间相同时，温度阈值越高热浪日越短。见表 1。

表 1 2018—2023 年嘉兴市热浪定义和总时间

Table 1 Definitions and total duration of heat wave in Jiaxing City from 2018 to 2023			
定义编号	温度阈值/℃	持续时间/d	总时间/d
p975d2	$T_m\geq P_{97.5}$ (31.8)	≥ 2	49
p975d3	$T_m\geq P_{97.5}$ (31.8)	≥ 3	38
p975d4	$T_m\geq P_{97.5}$ (31.8)	≥ 4	28
p950d2	$T_m\geq P_{95}$ (30.6)	≥ 2	103
p950d3	$T_m\geq P_{95}$ (30.6)	≥ 3	83
p950d4	$T_m\geq P_{95}$ (30.6)	≥ 4	72
p925d2	$T_m\geq P_{92.5}$ (30.0)	≥ 2	157
p925d3	$T_m\geq P_{92.5}$ (30.0)	≥ 3	135
p925d4	$T_m\geq P_{92.5}$ (30.0)	≥ 4	115
p900d2	$T_m\geq P_{90}$ (29.4)	≥ 2	208
p900d3	$T_m\geq P_{90}$ (29.4)	≥ 3	179
p900d4	$T_m\geq P_{90}$ (29.4)	≥ 4	158

注：定义编号前 4 位指示温度阈值，后 2 位指示持续时间。 T_m 表示日均气温。

2.3 热浪对食源性疾病发病的影响

与非热浪日相比，不同热浪定义增加食源性疾病发病风险（均 $CRR>1$ ， $P<0.05$ ），且发病风险随温度

阈值和持续时间的增加而上升。见图 1。不同热浪定义，女性发病风险均高于男性；除编号 p975d4 外，其他热浪定义 15~65 岁组发病风险均高于 <15 岁和 >65 岁组；不同热浪定义对不同疾病类别发病风险的影响存在差异。日均气温不低于 2018—2023 年日均气温的 P_{95} 且至少持续 4 d（编号为 p950d4）时，赤池信息准则最小，食源性疾病的累积滞后风险和疾病负担较高， CRR 值为 1.32（95%CI: 1.09~1.60）， AF 值为 2.81%（95%CI: 1.05%~4.31%）；其中，女性、15~65 岁人群和急性胃肠炎受热浪日影响较大， CRR 值分别为 1.37（95%CI: 1.12~1.67）、1.35（95%CI: 1.06~1.73）和 1.35（95%CI: 1.09~1.66）， AF 值分别为 3.00%（95%CI: 0.82%~4.73%）、3.08%（95%CI: 1.27%~4.61%）和 3.00%（95%CI: 1.04%~4.64%）。

2.4 敏感性分析

改变 DLNM 模型中 RH 和 O_3 变量的 ν （分别设为 4、5 和 6），或将 O_3 变量替换为 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、CO、 SO_2 和 NO_2 指标，热浪对食源性疾病发病的影响有统计学意义（均 $P<0.05$ ）， CRR 值未见明显变化，模型稳定。

3 讨 论

本研究采用时间分层-病例交叉设计方法构建 DLNM 模型，分析 2018—2023 年嘉兴市热浪对食源性疾病发病的影响，结果显示，热浪对食源性疾病发病风险的影响存在滞后效应和累积效应，且发病风险随温度阈值和持续时间的增加而上升，即温度阈值越高且持续时间越长的热浪对食源性疾病发病影响越大。提示持续高温期间应重点关注、实时监测食源性疾病发病情况，避免聚集性疫情发生。

日均气温不低于 2018—2023 年日均气温的 P_{95} 且至少持续 4 d 时，赤池信息准则最小，食源性疾病的累积滞后风险和疾病负担较高。在热浪日，女性食源性疾病发病风险增加， CRR 值为 1.37，与段瑶等 [8] 研究结果不一致。男性和女性在生理、生活行为和环境暴露等方面存在差异，受到热浪的影响可能不同。在热浪日，15~65 岁组食源性疾病发病风险增加，可能因为该年龄段人群外出工作、就餐等机会多，更容易暴露于热浪环境。翟梦滢等 [7] 认为暖季时高日均气温、低相对湿度会增加人群诸如病毒急性胃肠炎暴发的累积滞后风险，与本研究发现热浪日患急性胃肠炎风险增加的结果类似；另有研究认为，热浪可增加不同人群感染性腹泻的发病风险 [13-14]，本研究未发现热浪对感染性腹泻发病的影响。可能因为

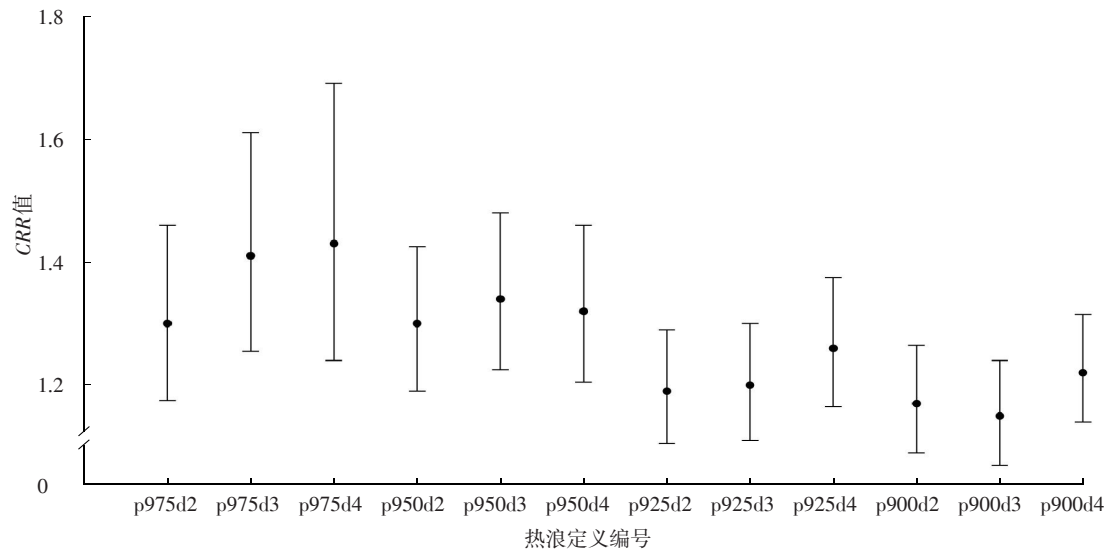


图1 不同定义的热浪对食源性疾病发病的效应

Figure 1 Effects of different definitions of heat wave on the incidence of foodborne diseases

不同地区食源性疾病监测系统中感染性腹泻和急性胃肠炎的填报和判定标准尚未统一，且本研究感染性腹泻和急性胃肠炎病例数差距较大，可能影响模型拟合结果。GASPARRINI 等^[10]提出可通过计算 AF 值评估气象因素或极端天气事件对人群的归因风险和疾病负担，本研究结果显示，2018—2023 年嘉兴市食源性疾病发病的 2.81% 归因于热浪，若不暴露于热浪，女性、15~65 岁人群和感染性腹泻的食源性疾病发病例数可减少 3.00%、3.08% 和 3.00%。可能因为热浪日高温加速食物腐败，人群摄入未经加热的生食频率较高和免疫力较低，食源性疾病发病风险增加。

综上所述，热浪增加食源性疾病的发病风险，女性、15~65 岁人群和急性胃肠炎受影响较大。建议加强人群健康教育，减少热浪日非必要外出和不健康饮食习惯；提升医疗机构和其他卫生部门的食源性疾病监测能力，加强疾病防控意识。

参考文献

[1] 陈亦晨, 彭丽, 周弋, 等. 热浪对上海市浦东新区居民每日死亡与疾病负担影响的病例交叉研究 [J]. 环境与职业医学, 2020, 37 (7): 657-663.
CHEN Y C, PENG L, ZHOU Y, et al. A case-crossover study on impacts of heat wave on daily mortality and disease burden among residents in Pudong New Area, Shanghai [J]. J Environ Occup Med, 2020, 37 (7): 657-663. (in Chinese)

[2] 谷少华, 金永高, 陆蓓蓓, 等. 2013—2018 年宁波市高温热浪致超额死亡风险评价 [J]. 预防医学, 2021, 33 (9): 897-901, 905.
GU S H, JIN Y G, LU B B, et al. Evaluation of excess mortality risk related to heat wave in Ningbo from 2013 to 2018 [J]. China Prev Med J, 2021, 33 (9): 897-901, 905. (in Chinese)

[3] 房启迪, 刘盈, 程传龙, 等. 热浪和寒潮对出血性脑卒中发病的影响研究 [J]. 预防医学, 2023, 35 (1): 6-10.
FANG Q D, LIU Y, CHENG C L, et al. Effects of heat waves and cold spells on the incidence of hemorrhagic stroke [J]. China Prev Med J, 2023, 35 (1): 6-10. (in Chinese)

[4] 冯达, 张翼, 马润美, 等. 热浪与北京市 2 型糖尿病患者入院和再入院关系的病例交叉研究 [J]. 环境卫生学杂志, 2023, 13 (1): 10-19.
FENG D, ZHANG Y, MA R M, et al. A case-crossover study of relationship between heat wave and hospital admission and readmission for type 2 diabetes in Beijing, China [J]. J Environ Hyg, 2023, 13 (1): 10-19. (in Chinese)

[5] ZHANG R, LIN Z H, GUO Z, et al. Daily mean temperature and HFMD: risk assessment and attributable fraction identification in Ningbo China [J]. J Expo Sci Environ Epidemiol, 2021, 31 (4): 664-671.

[6] ANDERSON G B, BELL M L. Heat waves in the United States: mortality risk during heat waves and effect modification by heat wave characteristics in 43 U.S. communities [J]. Environ Health Perspect, 2011, 119 (2): 210-218.

[7] 翟梦滢, 汤巧雨, 李永红, 等. 气候要素对我国诺如病毒急性胃肠炎感染暴发的影响分析 [J]. 环境卫生学杂志, 2023, 13 (3): 154-161.
ZHAI M Y, TANG Q Y, LI Y H, et al. Influence of climatic factors on the outbreaks of acute gastroenteritis caused by norovirus in China [J]. J Environ Hyg, 2023, 13 (3): 154-161. (in Chinese)

[8] 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.
DUAN Y, LI Y Y, HU W Q, et al. Relationship between heat wave and incidence of infectious diarrhea in Guangzhou, 2011-2013 [J]. J Environ Health, 2019, 36 (11): 1003-1006. (in Chinese)

[9] GUO Y M, GASPARRINI A, ARMSTRONG B G, et al. Heat

- trends of gastric cancer in the world and China: interpretation of the GLOBOCAN 2018–2022 [J]. *Chin J Basic Clin Gen Surg*, 2024, 31 (10): 1236–1245. (in Chinese)
- [3] HE F F, WANG S M, ZHENG R S, et al. Trends of gastric cancer burdens attributable to risk factors in China from 2000 to 2050 [J/OL]. *Lancet Reg Health West Pac*, 2024, 44 [2025-06-13]. <https://doi.org/10.1016/j.lanwpc.2023.101003>.
- [4] HAN B F, ZHENG R S, ZENG H M, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2022 [J]. *J Natl Cancer Cent*, 2024, 4 (1): 47–53.
- [5] 温州市疾病预防控制中心(温州市卫生监督所). 温州市 2023 年癌谱报告 [EB/OL]. [2025-06-13]. https://wjw.wenzhou.gov.cn/art/2024/4/15/art_1229419335_58916863.html.
- [6] 王超. 中国生物医学文献数据库中罕见疾病数据回顾性研究 [D]. 济南: 济南大学, 2015.
- WANG C. Retrospective study on rare disease data in Chinese biomedical literature database [D]. Jinan: University of Jinan, 2015. (in Chinese)
- [7] 葛阳, 汪俞威, 字传华. 利用 DisMod 软件分析江干区三种癌症的疾病负担 [J]. *中国卫生统计*, 2013, 30 (6): 910–912.
- GE Y, WANG Y W, YU C H. Using DisMod software to analyze the disease burden of three kinds of cancers in Jianggan District [J]. *Chin J Health Stat*, 2013, 30 (6): 910–912. (in Chinese)
- [8] KRUIJSHAAR M E, BARENDREGT J J, HOEYMANS N. The use of models in the estimation of disease epidemiology [J]. *Bull World Health Organ*, 2002, 80 (8): 622–628.
- [9] 阎月明, 刘阳, 江国虹, 等. 基于 DisMod 校正法对天津市 2007–2015 年发病监测系统中急性心肌梗死发病报告完整性判断 [J]. *中国公共卫生*, 2019, 35 (7): 861–865.
- YAN Y M, LIU Y, JIANG G H, et al. Completeness of acute myocardial infarction incidence reports in Chronic Disease Incidence Surveillance System of Tianjin city, 2007 to 2015: an evaluation using DisMod software [J]. *Chin J Public Health*, 2019, 35 (7): 861–865. (in Chinese)
- [10] 曾令乾. 慢性病疾病负担的计算及应用 [D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2019.
- ZENG L Q. Calculation and application of chronic disease burden [D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2019. (in Chinese)
- [11] YANG W J, ZHAO H P, YU Y, et al. Updates on global epidemiology, risk and prognostic factors of gastric cancer [J]. *World J Gastroenterol*, 2023, 29 (16): 2452–2468.
- [12] 赵琳, 蒋龙艳, 徐斌, 等. 南宁市五种主要恶性肿瘤发病率分析 [J]. *预防医学*, 2025, 37 (2): 135–138.
- ZHAO L, JIANG L Y, XU B, et al. Incidence characteristics of five major malignant tumors in Nanning City [J]. *China Prev Med J*, 2025, 37 (2): 135–138. (in Chinese)
- [13] 郑纲, 张沛琦, 陈茜, 等. 温州市鹿城区居民慢性病相关行为危险因素现况调查 [J]. *中国农村卫生事业管理*, 2018, 38 (11): 1447–1449.
- ZHENG G, ZHANG P Q, CHEN X, et al. Risk factors of chronic disease behavior among residents in Lucheng District, Wenzhou [J]. *Chin Rural Health Serv Adm*, 2018, 38 (11): 1447–1449. (in Chinese)
- [14] 杜君彦, 潘杰, 周晴接, 等. 2013–2020 年浙江温州地区幽门螺杆菌耐药情况分析 [J]. *中国全科医学*, 2023, 26 (7): 825–829.
- DU J Y, PAN J, ZHOU Q J, et al. The *Helicobacter Pylori* antibiotic resistance in Wenzhou, Zhejiang from 2013 to 2020 [J]. *Chin Gen Pract*, 2023, 26 (7): 825–829. (in Chinese)
- [15] 曾玲, 胥馨尹, 谭大华, 等. 2015–2019 年四川省肿瘤登记地区胃癌发病与死亡变化趋势分析 [J]. *中国肿瘤*, 2024, 33 (7): 535–541.
- ZENG L, XU X Y, TAN D H, et al. Trends in incidence and mortality of gastric cancer in Sichuan cancer registration areas from 2015 to 2019 [J]. *China Cancer*, 2024, 33 (7): 535–541. (in Chinese)
- [16] 浙江省民政厅. 2023 年浙江省老年人口和老龄事业统计公报 [EB/OL]. [2025-06-13]. https://mzt.zj.gov.cn/art/2024/8/20/art_1229776733_5351453.html.
- 收稿日期: 2025-04-14 修回日期: 2025-06-13 本文编辑: 徐亚慧

(上接第 676 页)

- wave and mortality: a multicountry, multicomunity study [J/OL]. *Environ Health Perspect*, 2017, 125 (8) [2025-04-24]. <https://doi.org/10.1289/EHP1026>.
- [10] GASPARRINI A, LEONE M. Attributable risk from distributed lag models [J]. *BMC Med Res Methodol*, 2014, 14: 55–62.
- [11] 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.
- ZHANG C X, ZHANG Z D, ZHANG F F, et al. The implementation of time-stratified case-crossover study in R software [J]. *Chin J Health Statistics*, 2016, 33 (3): 507–509. (in Chinese)
- [12] GASPARRINI A, ARMSTRONG B, KENWARD M G. Distributed lag non-linear models [J]. *Stat Med*, 2010, 29 (21): 2224–2234.
- [13] 陈静, 夏涛, 李荭, 等. 南沙区其他感染性腹泻病与气象要素的关系初探 [J]. *广东气象*, 2016, 38 (3): 56–58.
- CHEN J, XIA T, LI J, et al. A Preliminary study on the relationship between other infectious diarrheal diseases and meteorological factors in Nansha District [J]. *Guangdong Meteorol*, 2016, 38 (3): 56–58. (in Chinese)
- [14] 刘勋, 孟秋雨. 江津区气温对感染性腹泻发病的影响研究 [J]. *预防医学*, 2021, 33 (10): 1046–1049.
- LIU X, MENG Q Y. Effect of air temperature on infectious diarrhea in Jiangjin District [J]. *China Prev Med J*, 2021, 33 (10): 1046–1049. (in Chinese)
- 收稿日期: 2025-01-02 修回日期: 2025-04-24 本文编辑: 高碧玲