

· 疾病控制 ·

## 气温对手足口病发病的影响研究

孙秀秀，沈建勇，杨中荣，罗小福，张子喆

湖州市疾病预防控制中心，浙江 湖州 313000

**摘要：**目的 探讨气温对手足口病发病的影响，为气候对手足口病影响研究提供依据。方法 通过中国疾病预防控制信息系统传染病监测系统收集2010—2022年浙江省湖州市手足口病发病资料，通过湖州市气象局收集同期气象资料，采用分布滞后非线性模型（DLNM）分析气温对手足口病发病的影响。结果 2010—2022年湖州市共报告手足口病病例65 059例，发病高峰为4—7月和10—11月。日均气温第5、25、50、75和95百分位数（ $P_5$ 、 $P_{25}$ 、 $P_{50}$ 、 $P_{75}$ 和 $P_{95}$ ）分别为2.5、9.4、17.8、24.7和30.6 ℃。DLNM分析结果显示，日均气温与手足口病发病呈非线性关系，形状呈不规则“M”形；发病风险分别在6.5 ℃（RR=1.596, 95%CI: 1.154~2.207）和25.7 ℃（RR=3.257, 95%CI: 2.614~4.058）达峰值。日均气温-6.2 ℃滞后0 d单日效应最大（RR=1.250, 95%CI: 1.100~1.420），日均气温34.6 ℃滞后0 d单日效应最小（RR=0.881, 95%CI: 0.826~0.940）。日均气温 $P_5$ 对手足口病发病的影响在滞后0、3、27和30 d时RR值>1，滞后9、12 d时RR值<1，无累积滞后效应；日均气温 $P_{95}$ 对手足口病发病的影响在滞后15、18和21 d时RR值<1，存在累积滞后效应。**结论** 4—7月、10—11月是湖州市手足口病发病高峰，气温与手足口病发病存在非线性关系和滞后效应，建议关注极端气温对手足口病发病的影响。

**关键词：**手足口病；气温；分布滞后非线性模型

中图分类号：R512.5

文献标识码：A

文章编号：2096-5087 (2025) 11-1160-05

## Impact of temperature on the incidence of hand-foot-mouth disease

SUN Xiuxiu, SHEN Jianyong, YANG Zhongrong, LUO Xiaofu, ZHAGN Zizhe

Huzhou Center for Disease Control and Prevention, Huzhou, Zhejiang 313000, China

**Abstract: Objective** To examine the impact of temperature on the incidence of hand-foot-mouth disease (HFMD), so as to provide a basis for research on the impact of climate on HFMD. **Methods** HFMD incidence data in Huzhou City, Zhejiang Province from 2010 to 2022 were collected from the Infectious Disease Surveillance System of Chinese Disease Prevention and Control Information System. Concurrent meteorological data were obtained from the Huzhou Meteorological Bureau. A distributed lag non-linear model (DLNM) was employed to analyze the impact of temperature on HFMD incidence. **Results** A total of 65 059 cases of HFMD were reported in Huzhou City from 2010 to 2022, with incidence peaks occurring from April to July and from October to November. The 5th, 25th, 50th, 75th, and 95th percentiles ( $P_5$ ,  $P_{25}$ ,  $P_{50}$ ,  $P_{75}$ , and  $P_{95}$ ) of daily average temperature were 2.5, 9.4, 17.8, 24.7, and 30.6 ℃, respectively. The results from the DLNM analysis revealed a non-linear relationship between daily average temperature and HFMD incidence, which exhibited an irregular "M" shape. The incidence peaks were observed at 6.5 ℃ (RR=1.596, 95%CI: 1.154~2.207) and 25.7 ℃ (RR=3.257, 95%CI: 2.614~4.058), respectively. The maximum single-day effect was observed at a daily average temperature of -6.2 ℃ at lag 0 day (RR=1.250, 95%CI: 1.100~1.420), while the minimum single-day effect was observed at a daily average temperature of 34.6 ℃ at lag 0 day (RR=0.881, 95%CI: 0.826~0.940). The impact of daily average temperature at  $P_5$  on the incidence of HFMD showed RR values greater than 1 at lag 0, 3, 27, and 30 days, but less than 1 at lag 9 and 12 days, with no significant cumulative lag effect. In contrast, for the daily

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2025.11.016

基金项目：湖州市医学重点支撑学科（流行病学）；湖州市疾病预防控制

中心科技计划项目（KJJH202204）

作者简介：孙秀秀，硕士，主管医师，主要从事传染病预防控制工

作，E-mail: sunxiu628@sina.com

average temperature at  $P_{95}$ , the RR values less than 1 at lag 15, 18, and 21 days, with significant cumulative lag effects identified. **Conclusions** The incidence of HFMD in Huzhou City peaks from April to July and again from October to November. There exists a nonlinear relationship and lag effect between temperature and HFMD incidence, with particular attention drawn to the impact of extreme temperatures on the disease's onset.

**Keywords:** hand-foot-mouth disease; temperature; distributed lag non-linear model

手足口病是由人肠道病毒 71 型和柯萨奇病毒 A 组 16 型引起的儿童常见传染病，一般预后良好，少数病例可出现严重并发症<sup>[1]</sup>。手足口病时间分布呈季节性，其发病可能受气温影响<sup>[2-3]</sup>。研究显示气温对手足口病发病的累积效应曲线呈不规则的“M”形<sup>[4]</sup>，另有研究显示气温与手足口病发病呈倒“V”形分布<sup>[5]</sup>。分布滞后非线性模型（distributed lag non-linear model, DLNM）可同时考虑暴露因素与健康结局间的非线性关系及其滞后效应，广泛应用于气象因素与健康结局关系的研究<sup>[6-7]</sup>。浙江省湖州市是亚热带季风气候，气温变化明显，本研究采用 DLNM 分析湖州市气温对手足口病发病的影响，为完善手足口病预警与防控策略提供依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料来源

2010—2022 年湖州市手足口病发病资料来源于中国疾病预防控制信息系统传染病监测系统，同期气象资料来源于湖州市气象局。收集发病日期为 2010—2022 年、现住址为湖州市的手足口病临床诊断和确诊病例，描述性分析时间分布特征；收集湖州市 4 个气象监测点同期观测数据，包括日均气温、日降水量、日照时长、日均风速、日均相对湿度和日均气压，取平均值。

### 1.2 方法

构建 DLNM 分析日均气温与手足口病的暴露-效应关系，并分析中等日均气温〔第 25、75 百分位数 ( $P_{25}, P_{75}$ )〕、极端日均气温〔第 5、95 百分位数 ( $P_5, P_{95}$ )〕对手足口病发病的单日效应和累积效应。模型以手足口病日发病数为因变量，日均气温为自变量，日降水量、日照时长、日均风速、日均相对湿度、日均气压、星期几效应和长期趋势等为协变量。手足口病日发病数近似 Poisson 分布，本研究采用类 Poisson 分布的 log 连接函数构建模型，基本表达式如下。

$$\log [E(Y_t)] = \alpha + cb(\text{temperature}) + ns(\text{sunshine duration}, \nu) + ns(\text{humidity}, \nu) + ns(\text{pressure}, \nu) + ns(\text{time}, \nu/\text{year}) + \text{DOW} + \text{Holiday}$$

式中： $Y_t$  表示第  $t$  日的手足口病日发病数； $\alpha$  为截距； $cb()$  为 DLNM 产生的交叉基函数，表示自变量与因变量的非线性关系及其滞后效应； $ns()$  为自然立方样条函数，用于控制协变量影响；sunshine duration、humidity 和 pressure 分别表示日照时长、日均相对湿度和日均气压；time 为长期趋势，设置为 7/年<sup>[8]</sup>；DOW 为星期几效应；Holiday 为假期效应。通过改变 DLNM 中参数的设定进行模型敏感性分析。最长滞后时间设置为 7、14、21 和 30 d，模型中控制协变量的  $\nu$ ，根据最小赤池信息准则（Akaike information criterion, AIC）作为模型选择条件，当最长滞后时间设置为 30 d，日均气温的非线性  $\nu$  为 5、滞后  $\nu$  为 4，日照时长、日均相对湿度和日均气压非线性  $\nu$  均为 3 时，AIC 最小，为 26 863.49。采用相对危险度（relative risk, RR）描述气温对手足口病的效应。

### 1.3 统计分析

采用 Excel 2010 软件整理数据，采用 R 4.0.5 软件统计分析。定量资料不服从正态分布的采用中位数和四分位数间距 [ $M(Q_R)$ ] 描述。采用 Spearman 秩相关分析手足口病日发病数与气象因素的相关性。采用 spline、dlnm 程序包构建气温与手足口病发病关系模型。检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结 果

### 2.1 2010—2022 年湖州市手足口病发病情况及气象资料

2010—2022 年湖州市共报告手足口病病例 65 059 例，2018 年病例数最多，为 10 871 例；2011 年病例数最少，为 3 139 例。手足口病发病存在 2 个发病高峰，主高峰为 4—7 月，34 638 例占 53.24%；次高峰为 10—11 月，11 700 例占 17.98%。

日均气温  $P_5, P_{25}, P_{50}, P_{75}$  和  $P_{95}$  分别为 2.5、9.4、17.8、24.7 和 30.6 °C。日降水量、日照时长、日均风速、日均相对湿度和日均气压  $M(Q_R)$  分别为 0 (3.3) mm、4.9 (8.4) h、1.9 (0.9) m/s、76.0% (19.0%) 和 1 011.7 (15.2) hPa。

## 2.2 手足口病日发病数与气象因素的相关性

Spearman 秩相关分析结果显示，手足口病日发病数与日均气温 ( $r_s=0.279, P<0.001$ )、日照时长 ( $r_s=0.056, P<0.001$ ) 和日均相对湿度 ( $r_s=0.035, P=0.015$ ) 呈正相关，与日均气压呈负相关 ( $r_s=-0.266, P<0.001$ )，与日降水量 ( $r_s=-0.018, P=0.205$ )、日均风速 ( $r_s=-0.023, P=0.162$ ) 相关性无统计学意义。日均气温与日照时长、日均相对湿度和日均气压的方差膨胀因子分别为 2.33、2.62 和 1.21，均  $\leq 5$ ，不存在共线性。

## 2.3 日均气温对手足口病发病的影响

### 2.3.1 日均气温与手足口病的暴露-效应关系

以日均气温  $P_{50}$  ( $RR=1$ ) 为参考，日均气温与手足口病发病风险呈非线性关系，形状呈不规则“M”形，在 6.5 ℃手足口病发病风险达第一个峰值 ( $RR=1.596, 95\%CI: 1.154\sim2.207$ )，在 16.2 ℃时达谷底 ( $RR=0.960, 95\%CI: 0.901\sim1.024$ )，在 25.7 ℃达第二个峰值 ( $RR=3.257, 95\%CI: 2.614\sim4.058$ )。日均气温为  $P_5$ 、 $P_{95}$  时， $RR$  值分别为 1.338 ( $95\%CI: 0.891\sim2.007$ ) 和 0.846 ( $95\%CI: 0.651\sim1.100$ )；日均气温为  $P_{25}$ 、 $P_{75}$  时， $RR$  值分别为 1.439 ( $95\%CI: 1.128\sim1.834$ ) 和 3.059 ( $95\%CI: 2.510\sim3.728$ )。见图 1。

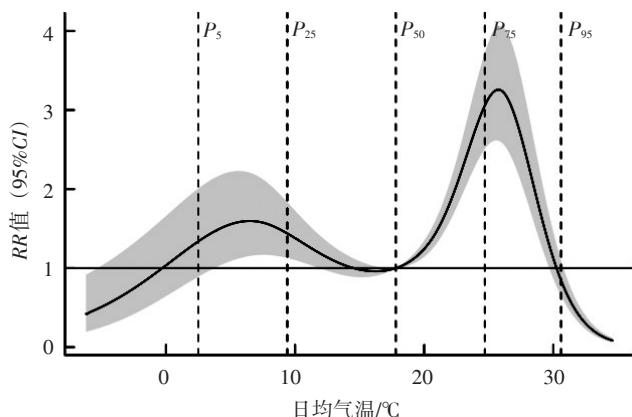


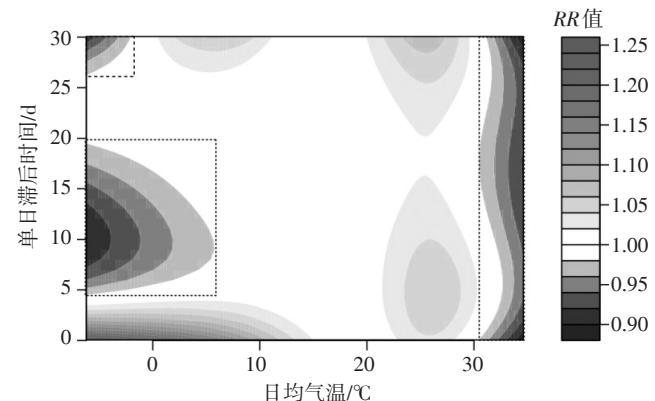
图 1 日均气温与手足口病的暴露-效应关系

**Figure 1** Exposure-response relationship between daily average temperature and hand-foot-mouth disease

### 2.3.2 日均气温与手足口病发病的单日效应

相较于  $P_{50}$ ，日均气温  $<17.8$  ℃在滞后 0~4 d 时增加手足口病发病风险 ( $RR>1$ )，在滞后 5~20 d 时降低手足口病发病风险 ( $RR<1$ )；日均气温 20~30 ℃在滞后 0~16、20~30 d 时增加手足口病发病风险 ( $RR>1$ )。日均气温 -6.2 ℃滞后 0 d 单日效应最大 ( $RR=1.250, 95\%CI: 1.100\sim1.420$ )，日均气温

34.6 ℃滞后 0 d 单日效应最小 ( $RR=0.881, 95\%CI: 0.826\sim0.940$ )。见图 2。



注：虚线框定区域的颜色表示  $RR$  值  $<1$ 。

图 2 日均气温与手足口病发病的单日效应

**Figure 2** Daily average temperature and the single-day effect on the incidence of hand-foot-mouth disease

### 2.3.3 特定日均气温对手足口病发病影响

在日均气温对手足口病发病的单日效应中，日均气温  $P_5$  滞后 0、3、27 和 30 d 时  $RR$  值  $>1$ ，滞后 9、12 d 时  $RR$  值  $<1$ ；日均气温  $P_{25}$  滞后 0、3 和 30 d 时  $RR$  值  $>1$ ；日均气温  $P_{75}$  滞后 0、3、6、9、12、15、18、21、24、27 和 30 d 时  $RR$  值  $>1$ ；日均气温  $P_{95}$  滞后 15、18 和 21 d 时  $RR$  值  $<1$ 。见表 1。

在日均气温对手足口病发病的累积效应中，日均气温  $P_5$  无滞后累积效应；日均气温  $P_{25}$  累积滞后 0、3 d 时  $RR$  值  $<1$ ，累积滞后 6、9、12、15 和 18 d 时  $RR$  值  $>1$ ；日均气温  $P_{75}$  累积滞后 0 d 时  $RR$  值  $<1$ ，累积滞后 6、9、12、15、18 和 27 d 时  $RR$  值  $>1$ ；日均气温  $P_{95}$  累积滞后 0、3 d 时  $RR$  值  $<1$ ，累积滞后 6、9 和 12 d 时  $RR$  值  $>1$ 。见表 1。

## 3 讨论

湖州市手足口病发病时间集中在 4—7 月和 10—11 月，具有明显的季节性特征，与河北省某市<sup>[8]</sup>、浙江省<sup>[9]</sup>手足口病的时间分布类似。研究发现，4—7 月手足口病病例中柯萨奇病毒 A 组 16 型阳性率最高，非柯萨奇病毒 A 组 16 型肠道病毒的检出高峰在 9—11 月<sup>[10]</sup>，提示气温可能通过影响不同肠道病毒病原体的生长繁殖影响手足口病的发病。

气象因素对手足口病发病的影响受到病原体、环境因素和宿主间复杂的相互作用<sup>[11]</sup>。本研究发现湖州市手足口病日发病数与日均气温、日照时长和日均相对湿度呈正相关，与日均气压呈负相关，与南宁市

表 1 特定日均气温在不同滞后时间对手足口病发病的影响 (RR 值)

Table 1 Impact of specific average daily temperatures on the incidence of hand-foot-mouth disease in different lag days (RR values)

单日滞后时间/d	$P_5$	$P_{25}$	$P_{75}$	$P_{95}$	累积滞后时间/d	$P_5$	$P_{25}$	$P_{75}$	$P_{95}$
0	1.190 <sup>①</sup>	1.100 <sup>①</sup>	1.032 <sup>①</sup>	0.976	0	1.001	0.925 <sup>①</sup>	0.868 <sup>①</sup>	0.820 <sup>①</sup>
3	1.045 <sup>①</sup>	1.026 <sup>①</sup>	1.049 <sup>①</sup>	1.010	3	1.000	0.982 <sup>①</sup>	1.003	0.967 <sup>①</sup>
6	0.983	0.997	1.049 <sup>①</sup>	1.016	6	1.000	1.014 <sup>①</sup>	1.067 <sup>①</sup>	1.033 <sup>①</sup>
9	0.964 <sup>①</sup>	0.991	1.041 <sup>①</sup>	1.006	9	0.999	1.027 <sup>①</sup>	1.079 <sup>①</sup>	1.042 <sup>①</sup>
12	0.969 <sup>①</sup>	0.995	1.031 <sup>①</sup>	0.992	12	0.999	1.027 <sup>①</sup>	1.063 <sup>①</sup>	1.023 <sup>①</sup>
15	0.982	1.002	1.022 <sup>①</sup>	0.981 <sup>①</sup>	15	1.000	1.020 <sup>①</sup>	1.040 <sup>①</sup>	0.999
18	0.995	1.005	1.018 <sup>①</sup>	0.978 <sup>①</sup>	18	1.000	1.010 <sup>①</sup>	1.023 <sup>①</sup>	0.984
21	1.003	1.005	1.021 <sup>①</sup>	0.983 <sup>①</sup>	21	1.000	1.002	1.017	0.980
24	1.009	1.006	1.031 <sup>①</sup>	0.993	24	1.000	0.996	1.022	0.983
27	1.019 <sup>①</sup>	1.014	1.049 <sup>①</sup>	1.000	27	1.000	0.994	1.029 <sup>①</sup>	0.981
30	1.046 <sup>①</sup>	1.042 <sup>①</sup>	1.072 <sup>①</sup>	0.996	30	0.999	0.995	1.024	0.951

注: <sup>①</sup>表示  $P < 0.05$ 。

结果<sup>[12]</sup>一致。手足口病日发病数与日降水量、日均风速的相关性无统计学意义,与福建省厦门市<sup>[13]</sup>研究结果一致,与河南省濮阳市<sup>[14]</sup>、天津市<sup>[15]</sup>研究结果不一致,这种差异可能与地理气候、环境因素、社会人口学特征和病原体不同有关。

DLMN 分析结果显示,在最大滞后时间为 30 d 时,日均气温对手足口病发病的暴露-效应关系呈不规则“M”形,与 4—7 月、10—11 月手足口病发病数较多的结果一致,也与李晨晨<sup>[8]</sup>研究结果类似。日均气温为 6.5~25.7 °C 时,温度、湿度等适合肠道病毒的生存和繁殖,人们户外交流活动较频繁,增加手足口病风险。另有研究结果显示,气温对手足口病发病的影响呈单峰模式,近似倒“V”形,如广州市<sup>[5]</sup>、上海市嘉定区<sup>[16]</sup>研究结果,可能因为这 2 个地区属于亚热带季风气候的沿海城市,高温高湿更有利于病原体生长繁殖,且人口密度较高,人群接触频率增加,手足口病传播效率提高,导致手足病发病快速上升后缓慢下降。研究表明,在双峰模式下,第一个高峰由季节性温度峰值驱动(与春季学期重叠),第二个高峰由秋季学期的开学因素引发,当温度变化范围扩大时,相较于季节性温度驱动因素,开学因素的相对影响逐渐减弱,导致年度单峰模式<sup>[17]</sup>。

手足口病是儿童的常见传染病,相较于成人,儿童更容易受到极端气温的影响。本研究发现极低气温对手足口病发病的单日短期效应表现为风险增加,可能与肠道病毒低温下存活时间长、儿童免疫力短暂下降有关;中期效应表现为保护作用,可能是因为及时采取病例居家隔离、停课等措施,易感人群数量减少;单日长期效应再次增加风险,可能随着时间推移,因为不完全隔离和与其他感染儿童接触,导致病

毒出现多代际传播。极低气温无显著累积效应,表明低温影响以单日短期波动为主,长期持续低温未进一步增加传播风险。极高气温对手足口病发病的单日长期滞后和短期累积滞后效应均表现为保护作用,可能是因为持续高温抑制病毒存活,儿童聚集性活动减少等<sup>[18]</sup>。

综上所述,4—7 月、10—11 月是湖州市手足口病发病高峰,手足口病发病受气温变化影响较大,与日均气温存在非线性关系和滞后效应。建议依据气温变化,提前预判风险峰值时间,尽早预警并及时发布防控建议,同时着重关注与防控极端气温下手足口病的人际传播。本文仅考虑气温对手足口病的影响,可能忽略气象因素之间的交互效应<sup>[19]</sup>,未来研究可进一步探究各气象因素相互作用对手足口病传播的影响,以更全面地揭示气温与手足口病发病之间的复杂关系。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国卫生部. 手足口病预防控制指南(2009 版) [J]. 全科医学临床与教育, 2010, 8 (2): 125-127, 133. National Health Commission of the People's Republic of China. Guidelines for prevention and control of hand, foot and mouth disease (2009 edition) [J]. Clin Educ Gen Pract, 2010, 8 (2): 125-127, 133. (in Chinese)
- [2] 梁小洁, 张智芳, 王晓欢. 中国大陆手足口病流行特征及空间聚集性分析 [J]. 中国人兽共患病学报, 2023, 39 (10): 1009-1016. LIANG X J, ZHANG Z F, WANG X H. Spatio-temporal distribution of hand, foot and mouth disease in mainland China [J]. Chin J Zoonoses, 2023, 39 (10): 1009-1016. (in Chinese)
- [3] 石佳琪, 龚曼炜, 吴健. 手足口病流行与气象因素关系的研究进展 [J]. 预防医学论坛, 2024, 30 (5): 397-400.

- SHI J Q, GONG M W, WU J. Research progress on meteorological factors affecting hand-foot-mouth disease [J]. Prev Med Tribune, 2024, 30 (5): 397–400. (in Chinese)
- [4] 李建兵, 王玉明, 李世雄, 等. 嘉峪关市气温和相对湿度对儿童手足口病的影响及其交互作用分析 [J]. 中国公共卫生管理, 2022, 38 (6): 852–855, 859.
- LI J B, WANG Y M, LI S X, et al. Influence and interactive effects of air temperature and humidity on hand, foot and mouth disease of children in Jiayuguan City [J]. Chin J P H M, 2022, 38 (6): 852–855, 859. (in Chinese)
- [5] CHEN C, JIANG Q Q, SONG Z Z, et al. Influence of temperature and humidity on hand, foot, and mouth disease in Guangzhou, 2013–2017 [J/OL]. J Int Med Res, 2020, 48 (6) [2025-08-27]. <https://doi.org/10.1177/0300060520929895>.
- [6] HUANG S J, WANG H, LI Z, et al. Risk effects of meteorological factors on human brucellosis in Jilin Province, China, 2005–2019 [J/OL]. Heliyon, 2024, 10 (8) [2025-08-27]. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29611>.
- [7] 何晓庆, 罗进斌, 王小红, 等. 金华市大气污染物短期暴露对居民死亡和寿命损失年的影响 [J]. 预防医学, 2024, 36 (5): 383–387.
- HE X Q, LUO J B, WANG X H, et al. Effects of short-term exposure to air pollutants on death and years of life lost in Jinhua City [J]. China Prev Med J, 2024, 36 (5): 383–387. (in Chinese)
- [8] 李晨晨. 河北省某市气象因素对手足口病发病影响的研究 [D]. 保定: 河北大学, 2023.
- LI C C. Study on the influence of meteorological factors on the incidence of foot and mouth disease in a city in Hebei Province [D]. Baoding: Hebei University, 2023. (in Chinese)
- [9] 庞孟涛, 李傅冬, 林君芬, 等. 2016—2019 年浙江省手足口病流行特征 [J]. 预防医学, 2022, 34 (3): 307–310.
- PANG M T, LI F D, LIN J F, et al. Epidemiological characteristics of hand, foot and mouth disease in Zhejiang Province from 2016 to 2019 [J]. China Prev Med J, 2022, 34 (3): 307–310. (in Chinese)
- [10] 文艳, 杨小蓉, 陈华, 等. 2012—2021 年绵阳市手足口流行病学及病原学特征分析 [J]. 医学动物防制, 2023, 39 (4): 371–374, 378.
- WEN Y, YANG X R, CHEN H, et al. Analysis of epidemiological and etiological characteristics of hand-foot-mouth disease in Mianyang from 2012 to 2021 [J]. J Med Pest Control, 2023, 39 (4): 371–374, 378. (in Chinese)
- [11] GAO Q, LIU Z D, XIANG J J, et al. Forecast and early warning of hand, foot, and mouth disease based on meteorological factors: Evidence from a multicenter study of 11 meteorological geographical divisions in mainland China [J/OL]. Environ Res, 2021, 192 [2025-08-27]. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110301>.
- [12] 梁东旭, 康强, 曾毅, 等. 基于分布滞后非线性模型探讨南宁市手足口病的发病与气象因素的关联 [J]. 中华疾病控制杂志, 2023, 27 (11): 1254–1261.
- LIANG D X, KANG Q, ZENG Y, et al. Study on the relationship between the incidence of hand-foot-mouth disease and meteorological factors in Nanning City based on the distribution lag nonlinear model [J]. Chin J Dis Control Prev, 2023, 27 (11): 1254–1261. (in Chinese)
- [13] XU J W, YANG M, ZHAO Z Y, et al. Meteorological factors and the transmissibility of hand, foot, and mouth disease in Xiamen City, China [J/OL]. Front Med (Lausanne), 2021, 7 [2025-08-27]. <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.597375>.
- [14] 高子庆, 高秀静, 宋传清, 等. 濮阳市气象因素与手足口病发病的相关性 [J]. 河南医学研究, 2023, 32 (16): 2904–2908.
- GAO Z Q, GAO X J, SONG C Q, et al. Correlation between meteorological factors and incidence of hand-foot-mouth disease in Puyang City [J]. Henan Med Res, 2023, 32 (16): 2904–2908. (in Chinese)
- [15] 纪学锐, 费春楠, 宋佳, 等. 2014—2018 年天津市气温对儿童手足口病发病的短期效应研究 [J]. 华南预防医学, 2021, 47 (11): 1366–1370.
- JI X Y, FEI C N, SONG J, et al. Short-term effect of air temperature on the incidence of hand-foot-mouth disease in children in Tianjin, 2014–2018 [J]. South China J Prev Med, 2021, 47 (11): 1366–1370. (in Chinese)
- [16] 杨亚, 费洁, 杨怡玮, 等. 手足口病发病与气象因素的关联研究 [J]. 预防医学, 2025, 37 (4): 346–349, 355.
- YANG Y, FEI J, YANG Y W, et al. Association between incidence of hand-foot-mouth disease and meteorological factors [J]. China Prev Med J, 2025, 37 (4): 346–349, 355. (in Chinese)
- [17] BAKER R E, YANG W C, VECCHI G A, et al. Increasing intensity of enterovirus outbreaks projected with climate change [J/OL]. Natl Commun, 2024, 15 (1) [2025-08-27]. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-50936-3>.
- [18] 李昆, 武泽昊, 刘国涛, 等. 北京市手足口病的流行特征及日均气温对其流行的滞后效应 [J]. 中华医学杂志, 2020, 100 (34): 2696–2700.
- LI K, WU Z H, LIU G T, et al. Epidemiological characteristics of hand, foot and mouth disease in Beijing and the lag effect of daily average temperature on its epidemic [J]. Natl Med J China, 2020, 100 (34): 2696–2700. (in Chinese)
- [19] 王梦, 雷娟, 王子云, 等. 气象因素对贵阳市 5 岁及以下儿童手足口病的影响及其交互效应研究 [J]. 现代预防医学, 2023, 50 (15): 2726–2730.
- WANG M, LEI J, WANG Z Y, et al. Study on the influence and interaction of meteorological factors on HFMD in children aged 5 and under in Guiyang city [J]. Mod Prev Med, 2023, 50 (15): 2726–2730. (in Chinese)

收稿日期: 2025-06-11 修回日期: 2025-08-27 本文编辑: 徐亚慧