

登革热流行与不同气象因素相关性研究进展

葛文鑫¹, 靳珂珂², 孙丽娜², 刘起勇³, 伊丽萍¹, 李京^{1,4}

1 潍坊医学院公共卫生与管理学院, 山东 潍坊 261053; 2 潍坊医学院临床医学院, 山东 潍坊 261053;

3 中国疾病预防控制中心传染病预防控制所, 传染病预防控制国家重点实验室, 北京 102206;

4 “健康山东”重大社会风险预测与治理协同创新中心, 山东 潍坊 261053

摘要: 气象因素是影响登革热发生的重要原因, 随着气候变化, 登革热疫情形势可能会更加严峻, 了解不同气象因素对登革热的影响大小, 探讨不同气象因素的作用机制, 可以为登革热的精准防控提供科学依据。该文系统综述了温度、湿度、降雨量等气象因素对登革热病毒的生长繁殖速度、蚊媒的生活史、蚊媒密度以及人类生活行为的影响, 分析各因素的影响程度, 为登革热预测预警和采取干预措施提供理论支持。

关键词: 气象因素; 登革热; 伊蚊; 预警系统

中图分类号: R373.3⁺3 文献标志码: A 文章编号: 1003-8280(2019)04-0367-05

DOI: 10.11853/j.issn.1003.8280.2019.04.002

Research advances in the relationship between dengue epidemic and different meteorological factors

GE Wen-xin¹, JIN Ke-ke², SUN Li-na², LIU Qi-yong³, YI Li-ping¹, LI Jing^{1,4}

1 School of Public Health and Management, Weifang Medical University, Weifang 261053, Shandong Province, China;

2 School of Clinical Medicine, Weifang Medical University; 3 State Key Laboratory of Infectious Disease Prevention and Control, National Institute for Communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and

Prevention; 4 “Health Shandong” Major Social Risk Prediction and Governance Collaborative Innovation Center

Corresponding author: LI Jing, Email: lijingsddx@126.com

Supported by the Project of State Key Laboratory of Infectious Disease Prevention and Control (No. 2018SKLID306), Shandong Provincial Social Science Planning Research Project (No. 18CQXJ18) and Shandong Medical and Health Technology Development Plan (No. 2017WS703, 2016WS0664)

Abstract: Meteorological factors are important causes for the outbreak of dengue fever. As climate changes, the epidemic situation may be getting worse. To investigate the impacts of different meteorological factors on dengue fever and their mechanisms of action can provide a scientific basis for the precise prevention and control of this disease. In this paper, we systematically review and analyze how and to what extent the meteorological factors such as temperature, humidity, and precipitation influence the growth and reproduction rate of dengue virus, the density and life cycle of mosquitoes, and the life style and behaviors of humans, thus providing scientific basis for the prediction, early warning, and intervention of dengue fever.

Key words: Meteorological factor; Dengue fever; *Aedes*; Early warning system

全球气候变暖已经是不争的事实, 根据联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)发布的《全球升温 1.5 °C 特别报告》, 工业化之后, 人类活动造成了大约 1.00 °C 的全球变暖^[1]。相比全球平均水平, 我国的增温情况更为严重, 中国近 50 年来年平均地表气温变暖幅度约为 1.10 °C, 增温速率接近 0.22 °C/10 年^[2]。气候变化还会引起海平面的上升、极端天气

事件的频率和范围增加等, 这些环境改变能够通过生物学和社会学因素直接或间接地影响登革热传播, 对人类健康形成长期或者不可逆的潜在危害。

登革热(dengue fever, DF)是由登革热病毒(Dengue virus)引起的一种急性传播的气候敏感性传染病, 在我国白纹伊蚊(*Aedes albopictus*)和埃及伊蚊(*Ae. aegypti*)是其主要传播媒介。世界卫生组织

基金项目: 传染病预防控制国家重点实验室课题(2018SKLID306); 山东省社会科学规划研究项目(18CQXJ18); 山东省医药卫生科技发展计划(2017WS703, 2016WS0664)

作者简介: 葛文鑫, 男, 从事气候变化与传染病研究, Email: 504928748@qq.com

通信作者: 李京, Email: lijingsddx@126.com

网络出版时间: 2019-06-20 19:58 **网络出版地址:** <http://navi.cnki.net/knavi/JournalDetail?pcode=CJFD&pykm=ZMSK>

的数据显示,约占世界4成以上的人口生存在登革热的易感环境中或存在某种染病易感行为,每年世界上有5 000万至1亿登革热感染病例报告^[3]。从近5年的全国法定传染病报告来看,我国登革热发病数呈现连续居高态势,尤其2014年最为严重,确诊46 864例^[4],这无疑对中国公共卫生防疫事业提出了严峻挑战。通过在Pubmed数据库中检索词条“dengue fever”和“climate change”,得到近10年和近5年的文献数目分别为253和182篇,后5年同比增长率超过156%,足以表明国内外学者对气象因素与登革热发病之间关系的重视。广东省是登革热的重灾区,现有研究发现,气象因素介导下蚊虫密度增加是该地登革热暴发流行的主要原因之一^[5],而且这种适宜登革热发病的条件在气象变量影响下有进一步放大的趋势。目前气象变量与登革热的某些时空分布之间的定量关系仍不明确,潜在的不良影响迫使我们开展更多高质量的研究,以评估气候变暖背景下登革热发病的风险^[6]。本文将从影响登革热传播的主要气象因素对登革热暴发或流行的影响机制和研究进展进行综述。

1 影响登革热传播的主要气候因素

1.1 温度 我国的登革热疫情主要发生在南方,南北差异大,说明登革热与温度密切相关,目前温度被认为是影响登革热较为重要的气象因素之一。伊蚊作为冷血节肢动物,对温度变化非常敏感,蚊虫的生长发育、活动状态、病毒的传播等均受到温度的显著影响,此外温度变化影响着人群生活状态,一定程度上导致登革热的传播风险增加。

1.1.1 温度对登革热媒介生活史的影响 伊蚊属于完全变态昆虫,生活史要经过卵、幼虫、蛹、成虫4个阶段。按其生长环境又可分为2个阶段:以水生为主的生长期(卵、幼虫及蛹)及在陆上生活的繁殖期(成蚊)。气温的高低可直接影响蚊卵孵化期、幼虫期的长短及全年世代数,并决定全年蚊虫密度的高低,进一步影响登革热的传播与流行。

1.1.1.1 蚊卵期 雌蚊吸血2~3 h后开始产卵,5~7 h为产卵高峰。适宜的温度利于蚊虫繁殖,丁国允等^[7]采用诱蚊诱卵器法监测佛山市蚊卵密度时,数据显示6—8月蚊虫的诱卵指数达到最高峰。卵的孵化对温度也有要求,若在20~30℃升高温度会加快卵发育为成蚊。广州市登革热发病情况的研究表明^[8-9],当温度<20℃或>35℃时,卵的死亡率会显著提高,或完全停止发育。这一结论与肖扬^[10]、Githeko等^[11]研究结果相似。白纹伊蚊蚊卵的抗旱和耐冷能力较埃及伊蚊强,即使在比较极端的情况

下,蚊卵依然可以存活达3个月之久^[12]。此外,滞育卵抗寒、抗干旱能力强,体积和脂质储存量大,有利于其度过不良环境,增加越冬存活率,且Wu等^[13]的研究结果证实登革热病毒能在媒介滞育卵内存活并传至子代,从而肯定了滞育卵在登革热传播中的重要作用。

1.1.1.2 幼虫期 伊蚊作为一种变温动物,幼虫保持和调节体内温度的能力不强,这就决定了幼虫在水中发育时间受到气温的制约。通常蚊虫生长发育合适的温度为25~30℃,此时幼虫生长期为6~8 d。陈业滨等^[14]研究得出,在16~31℃的范围内,随温度升高,伊蚊成蚊生存能力和繁育能力有较快的提高,生殖周期缩短,并加速幼虫的生长。蚊虫发育的最适宜温度为28℃左右,在该温度基础上再升高或降低,通过影响蚊虫体内新陈代谢的速度,造成幼虫个体相对减小或发育缓慢,进而影响成虫大小,导致其更容易死亡。在越冬期,幼虫则可以长时间潜伏水底,活动受到限制,生长发育也停滞。

1.1.1.3 成蚊期 成虫阶段可行交配、吸血、产卵。高巨真等^[15]对20~30℃温度下白纹伊蚊的死亡率进行研究,发现在此温度区间内,雌蚊寿命与温度呈负相关。段恒璐^[16]在准确控制温度、湿度和光照等变量的实验中,发现白纹伊蚊雌蚊在26℃条件下其平均生存天数(37.13 d)高于21℃(33.68 d)和31℃(26.39 d),推测温度影响了蚊媒整体酶促反应等生理生化反应,同时发现高温或过度繁殖会使伊蚊成蚊体内营养物质消耗严重,减少其生存时间。还有一些研究结果显示,温度较高会使伊蚊幼虫虫体减小,最终影响成虫的大小,为了发育成熟产卵,虫体较小的成虫觅食的次数必然增多,使得成虫在一个生殖成熟周期中重复觅食的发生率大大增加^[17]。

1.1.2 温度对蚊媒行为的影响 蚊媒的繁殖和活动受温度影响,其中日平均气温和温差是最重要的2个因素。当气温达到12℃时,伊蚊开始叮咬活动,在25~30℃之间时叮咬率最高。但当温度>32℃时,叮咬率则会下降,可能由于蚊虫会选择温度更低或者阴凉的栖息环境从而躲避高温所带来的危害^[8-9]。有研究结果指出^[18],当日平均气温为20℃且温差较大时会增加蚊媒的繁殖和活动,此时传播扩散登革热病毒的可能性达60%,与Liu-Helmerson等^[19]的研究结果相似。此外,温度对蚊虫的飞行能力也有影响,当温度<18℃时,成蚊的飞行距离一般<50 m,而当温度适宜时(20~27℃),蚊虫的飞行距离可达400 m^[20]。温度也会影响蚊虫的外部潜伏期,温度升高,蚊虫从吸血到感染的时间会缩短,利于疾病的传播^[21]。

1.1.3 温度对登革热病毒的影响 登革热病毒在蚊虫体内的发育、繁殖也依赖于适宜的温度, $\geq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度利于病毒的复制。有学者经实验研究发现, 一定范围内的温度升高会缩短不同类型的登革热病毒在蚊虫体内的潜伏期, 也能增强其致病性, 使有感染性的蚊虫比例增加^[22-23]。

1.1.4 阈值温度 多数研究发现, 温度对登革热发病风险的影响关系存在一个最佳温度范围, 当低于或超出该范围, 均不利于登革热的发病和流行。Xiang 等^[24]在研究中发现环境温度与登革热的流行呈现“n”形的非线性关系, 并且发现广州市登革热传播存在最佳最高温度范围($21.6\sim 32.9\text{ }^{\circ}\text{C}$)和最低温度范围($11.2\sim 23.7\text{ }^{\circ}\text{C}$), 若不存在滞后关系的影响, 每当超出上述最高和最低温度范围 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 登革热发病风险相应增加 11.9% 和 9.9% 。李晓宁^[25]采用 Poisson 广义相加模型, 在排除了周期效应、长期趋势等混杂因素后, 发现温度影响登革热发病的滞后时间为 28 d , 可认为温度限制了蚊虫孳生数量和活动频率, 一定时间后, 这种限制被释放出来最终表现在发病例数的变化上。由此也可以解释侯祥等^[26]研究中得出上月温度 $< 23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 登革热的流行与上月平均温度呈现为负相关, 可能是存在温度的滞后效应, 导致随着上月温度升高使本月登革热病例数降低。

1.1.5 温度对生活行为的影响 温度可以通过改变人们的穿衣指数、行为方式等影响登革热发生。温度升高, 人们穿衣减少, 暴露皮肤面积增加, 为蚊媒叮咬提供了机会, 更利于疾病的传播^[25, 27]; 人们习惯在室内养花草虫鱼, 适宜的温度有利于植物等的生长, 提供了更多蚊媒活动的场所, 进而增加蚊媒密度; 此外, 温度还可以影响人们外出活动的频率, 温度适宜, 增加人们外出活动的次数, 间接增加了与蚊媒的接触机会; 人口流动也会影响登革热传播, 例如旅游热季会使某些地区的人口密度大规模增加, 若加之温度升高这一因素, 则会增加传染性疾病的传播风险。

1.2 降雨量 登革热发病大多集中于高温多雨的夏秋季, 提示降雨量对疫情也有一定影响。相关研究发现, 降雨量可以通过影响蚊媒的生长发育, 蚊幼虫孳生地和栖息地的形成, 进而影响蚊媒的种群密度。适宜的降雨能促进幼虫大量繁殖, 增加疾病发生的风险。在研究降雨量对登革热的影响时, 出现了不同结果: 当降雨量 $< 11.9\text{ mm/d}$ 时, 登革热日发病数急剧增加, 即具有明显的负相关现象^[24]; 而在张红等^[27]的研究中发现, 降雨量与登革热疫情无相关性, 可能与降雨后开展清除孳生地的活动有关; 侯祥

等^[26]采用广义相加模型等方法研究 2005—2015 年广东省 5 个地市的登革热暴发与气候因素的关系, 结果显示上月降雨天数与疾病的发生存在非线性正相关关系。即不同的降雨情况对于不同地区登革热疫情产生了不同影响, 分析可能与降雨量影响蚊幼虫孳生地的形成、人类活动干预以及降雨量与其他气候因素的交互作用有关。

1.3 相对湿度 相对湿度是温度和降雨的综合表现, 研究发现降雨日数比月累计降雨量更能作为预报因子, 其潜在机制可能与长期保持湿润状态有关。在温度不变的情况下, 伊蚊卵的孵化率随着相对湿度的增加而增加, 在 $70\%\sim 80\%$ 的相对湿度下, 蚊媒的吸血、产卵行为最活跃^[28], 幼虫存活率增加, 种群密度增加。相对湿度也通过改变蚊虫的行为影响登革热发生。一项研究发现^[29], 从旱季到雨季, 蚊虫叮咬人的次数可从 $19\text{ 次}/(\text{人}\cdot\text{h})$ 增加到 $60\text{ 次}/(\text{人}\cdot\text{h})$ 。但对台湾省的研究发现, 相对湿度与登革热的发生存在负相关性^[30], 可能是温度和降雨综合作用的一种体现形式, 具体机制还需要进一步研究。值得注意的是, 在相对湿度 $> 60\%$ 的地区, 相对湿度不是限制因素, 温度则是主要的驱动因素^[31-34]。

1.4 其他因素 大多数文献只分析了温度、湿度及降雨量对登革热发病的影响。对其他气象因素的研究文献数量较少, 主要涉及日照时间、气压和风速, 且由于研究方法和地域差异, 结果多不相同。李晓宁^[25]采用广义相加模型将气候因素对广州市登革热发病的综合作用进行分析发现, 日均风速、气压和日照时长与登革热发病之间的相关系数均不超过 0.04 。Ren 等^[35]利用 8—10 月平均气象数据拟合显示, 高的日照时数是登革热发病的保护因素之一, 与国外诸多研究相一致^[36]。可能是因为较长的日照时间通过蒸干地面水分、改变温度而影响白纹伊蚊阴暗潮湿的产卵环境。相反, 广东省潮州市登革热发病与否与同期日照时间有较高的正相关关系^[5], 可能是模型的差异造成的。适宜的日照时间还能促进伊蚊的吸血行为, 从而促进登革热的流行。另外, 喻潇^[12]对伊蚊卵的孵化、幼虫的生长发育以及成虫的繁殖率等过程与光周期的关系进行实验研究, 发现白纹伊蚊相比埃及伊蚊更能适应长日照环境。

广州市的多项研究显示, 月当地登革热病例发生与否及流行严重程度与月平均气压呈负相关关系^[14, 37]。另一项在深圳市的定量研究发现, 日平均气压 $< 100.4\text{ kPa}$ 时, 病例数呈上升趋势; 气压 $> 100.4\text{ kPa}$ 时, 登革热病例数呈下降趋势, 与甘立勤等^[38]、李雯雯和祝光湖^[39]的结果一致。此外, 风力大小也可以影响蚊虫的飞行距离和叮咬率。由于气象

因素对媒介的影响和疾病流行所发挥的作用相互影响,所以基于交互作用的登革热预测模型的构建很有必要。

2 局限性

在研究气象因素对登革热影响的进程中,大多数研究的模型仅建立在单一因素或少数几个因素对疾病的影响上,忽视了不同气象因素间的交互作用,而使模型预测的结果存在较大偏差;有些研究仅限于短期分析,未考虑相关因素作用的累积效应和滞后性,使研究结果具有局限性;数据收集和处理方法的不同,可能也会对研究结果有所干扰;同时,因地域差异,不同规模的研究材料与研究结果缺乏可比性;此外,社会、经济、文化等因素对登革热流行也有重要意义,但针对他们之间联合作用效应的研究较少。因此迫切需要改善现有的监测体系,建立更准确的预测预警系统,提高早期公共卫生应急能力。

3 总结与展望

登革热的发生主要受气象因素影响。温度、降雨量、湿度、光照等通过改变蚊虫的地理分布,影响蚊虫的生长发育和病毒在蚊虫体内的繁殖速度等,进而影响登革热发病率。因此,应加强对不同气象因素和生物媒介的监测,根据风险区的实际情况,建立登革热预警系统,做到实时监测,以控制疾病的流行。

参考文献

- [1] IPCC. Global warming of 1.5°C [R]. Switzerland: IPCC, 2018: 10-12.
- [2] 任国玉,郭军,徐铭志,等.近50年中国地面气候变化基本特征[J].气象学报,2005,63(6):942-956. DOI: 10.11676/qxxb.2005.090.
- [3] 李兰娟,任红.传染病学[M].9版.北京:人民卫生出版社,2018:108-112.
- [4] 中国疾病预防控制中心.2014年度全国法定传染病疫情情况[EB/OL].(2015-02-16)[2019-03-01].<http://www.nhc.gov.cn/jkj/s3578/201502/847c041a3bac4c3e844f17309be0cabd.shtml>.
- [5] 易彬樑,张治英,徐德忠,等.气候因素对登革热媒介伊蚊密度影响的研究[J].中国公共卫生,2003,19(2):129-131. DOI: 10.3321/j.issn:1001-0580.2003.02.001.
- [6] Bai L, Morton LC, Liu QY. Climate change and mosquito-borne diseases in China: a review[J].Global Health, 2013,9:10. DOI: 10.1186/1744-8603-9-10.
- [7] 丁国允,伍华驹,魏俊,等.从2012-2014年佛山市登革热疫情看媒介生物防控[J].中国国境卫生检疫杂志,2015,38(4):282-286. DOI: 10.16408/j.1004-9770.2015.04.015.
- [8] Patz JA, Martens WJM, Focks DA, et al. Dengue fever epidemic potential as projected by general circulation models of global climate change [J]. Environ Health Perspect, 1998, 106(3): 147-153. DOI: 10.1289/ehp.98106147.
- [9] Azil AH, Long SA, Ritchie SA, et al. The development of predictive tools for pre-emptive dengue vector control: a study of *Aedes aegypti* abundance and meteorological variables in North Queensland, Australia [J]. Trop Med Int Health, 2010, 15(10): 1190-1197. DOI: 10.1111/j.1365-3156.2010.02592.x.
- [10] 肖扬.广州白纹伊蚊分布及与气象因素和登革热发病的关联性研究[D].广州:广东药科大学,2017.
- [11] Githeko AK, Lindsay SW, Confalonieri UE, et al. Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis [J]. Bull World Health Organ, 2000, 78(9): 1136-1147.
- [12] 喻潇.白纹伊蚊和埃及伊蚊对温度、光周期耐受范围的比较研究[D].北京:中国疾病预防控制中心,2013.
- [13] Wu F, Liu QY, Lu L, et al. Distribution of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in northwestern China [J]. Vector Borne Zoonotic Dis, 2011, 11(8): 1181-1186. DOI: 10.1089/vbz.2010.0032.
- [14] 陈业滨,李卫红,黄玉兴,等.广州市登革热时空传播特征及影响因素[J].热带地理,2016,36(5):767-775. DOI: 10.13284/j.cnki.rddl.002881.
- [15] 高巨真,曾昭玉,薛景珉,等.白纹伊蚊寿命的研究:实验室内雌蚊的存活[J].昆虫学报,1984,27(2):182-188. DOI: 10.16380/j.kcxb.1984.02.009.
- [16] 段恒璐.白纹伊蚊成蚊在不同温度条件下生存繁殖能力变化研究[D].北京:中国疾病预防控制中心,2017.
- [17] 王金娜,陆焯,郭颂,等.气象因素影响登革热传播研究进展[J].中国媒介生物学及控制杂志,2014,25(6):594-596. DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.06.033.
- [18] Carrington LB, Armijos MV, Lambrechts L, et al. Fluctuations at a low mean temperature accelerate dengue virus transmission by *Aedes aegypti* [J]. PLoS Negl Trop Dis, 2013, 7(4): e2190. DOI: 10.1371/journal.pntd.0002190.
- [19] Liu-Helmersson J, Stenlund H, Wilder-Smith A, et al. Vectorial capacity of *Aedes aegypti*: effects of temperature and implications for global dengue epidemic potential [J]. PLoS One, 2014, 9(3): e89783. DOI: 10.1371/journal.pone.0089783.
- [20] 景晓,王学军,江媛媛.白纹伊蚊飞翔能力和扩散距离观察[J].中国媒介生物学及控制杂志,1998,9(3):165-167. DOI: 10.3969/j.issn.1003-4692.1998.03.004.
- [21] Sang SW, Gu SH, Bi P, et al. Predicting unprecedented dengue outbreak using imported cases and climatic factors in Guangzhou, 2014 [J]. PLoS Negl Trop Dis, 2015, 9(5): e0003808. DOI: 10.1371/journal.pntd.0003808.
- [22] Watts DM, Burke DS, Harrison BA, et al. Effect of temperature on the vector efficiency of *Aedes aegypti* for dengue 2 virus [J]. Am J Trop Med Hyg, 1987, 36(1): 143-152. DOI: 10.4269/ajtmh.1987.36.143.
- [23] Rohani A, Wong YC, Zamre I, et al. The effect of extrinsic incubation temperature on development of dengue serotype 2 and 4 viruses in *Aedes aegypti* (L.) [J]. Southeast Asian J Trop Med Public Health, 2009, 40(5): 942-950.
- [24] Xiang JJ, Hansen A, Liu QY, et al. Association between dengue fever incidence and meteorological factors in Guangzhou, China, 2005-2014 [J]. Environ Res, 2017, (下转第378页)

- [2] 谢晖,周红,杨亚明.我国登革热重要媒介埃及伊蚊的研究进展[J].中国媒介生物学及控制杂志,2011,22(2):194-197.
- [3] 龚道方,周红宁.中国登革热重要媒介白纹伊蚊的研究进展[J].中国媒介生物学及控制杂志,2009,20(6):607-610.
- [4] 许国章,施南峰,董红军,等.浙江慈溪输入性登革热爆发的流行特征与防制对策研究[J].中国热带医学,2006,6(7):1129-1131. DOI:10.3969/j.issn.1009-9727.2006.07.005.
- [5] 徐来潮,于伟,何茶清,等.一起登革热暴发疫情流行病学调查分析[J].浙江预防医学,2016,28(6):557-560,564. DOI:10.19485/j.cnki.issn1007-0931.2016.06.005.
- [6] Yan H, Ding ZY, Yan JY, et al. Epidemiological characterization of the 2017 dengue outbreak in Zhejiang, China and molecular characterization of the viruses [J]. Front Cell Infect Microbiol, 2018,8:216. DOI:10.3389/fcimb.2018.00216.
- [7] 凌锋,范伟忠,林君芬,等.浙江省义乌市一起登革热暴发疫情流行病学调查[J].疾病监测,2010,25(9):757-759. DOI:10.3784/j.issn.1003-9961.2010.09.028.
- [8] 中国疾病预防控制中心.中国疾控中心印发登革热防治技术指南[中疾控传防发[2014]360号][EB/OL].(2014-09-25)[2019-02-28].http://www.chinacdc.cn/jkzt/crb/zl/dgr/jszl_2235/201409/t20140929_104958.html.
- [9] 马敏,马晓,杨思嘉,等.宁波市2017年登革热媒介监测结果分析[J].中国媒介生物学及控制杂志,2018,29(4):379-382. DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2018.04.015.
- [10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.登革热诊疗指南(2014年版)[J].国际流行病学传染病学杂志,2014,41(5):292-294. DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4149.2014.05.002.

收稿日期:2019-02-28 (编辑:陈秀丽)

(上接第370页)

- 153:17-26. DOI:10.1016/j.envres.2016.11.009.
- [25] 李晓宁.广州2014年登革热流行特征及气候、蚊媒对广州登革热发病的影响[D].广州:广东药学院,2015.
- [26] 侯祥,刘可可,刘小波,等.气候因素对广东省登革热流行影响的非线性效应[J].中国媒介生物学及控制杂志,2019,30(1):25-30. DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2019.01.005.
- [27] 张红,张恒端,彭志强,等.中国2011—2015年登革热疫情分析[J].寄生虫与医学昆虫学报,2017,24(2):118-125. DOI:10.3969/j.issn.1005-0507.2017.02.008.
- [28] Jetten TH, Focks DA. Potential changes in the distribution of dengue transmission under climate warming[J]. Am J Trop Med Hyg, 1997,57(3):285-297. DOI:10.4269/ajtmh.1997.57.285.
- [29] Li CL, Lu YM, Liu JN, et al. Climate change and dengue fever transmission in China: evidences and challenges [J]. Sci Total Environ, 2018, 622-623: 493-501. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.326.
- [30] Shang CS, Fang CT, Liu CM, et al. The role of imported cases and favorable meteorological conditions in the onset of dengue epidemics [J]. PLoS Negl Trop Dis, 2010, 4(8): e775. DOI: 10.1371/journal.pntd.0000775.
- [31] Xiao D, Long Y, Wang SQ, et al. Spatiotemporal distribution of malaria and the association between its epidemic and climate factors in Hainan, China [J]. Malar J, 2010, 9: 185. DOI: 10.1186/1475-2875-9-185.
- [32] Hui FM, Xu B, Chen ZW, et al. Spatio-temporal distribution of malaria in Yunnan province, China [J]. Am J Trop Med Hyg, 2009, 81(3):503-509. DOI:10.4269/ajtmh.2009.81.503.
- [33] Clements AC, Barnett AG, Cheng ZW, et al. Space-time variation of malaria incidence in Yunnan province, China [J]. Malar J, 2009, 8:180. DOI:10.1186/1475-2875-8-180.
- [34] Tian LW, Bi Y, Ho SC, et al. One-year delayed effect of fog on malaria transmission: a time-series analysis in the rain forest area of Mengla county, south-west China [J]. Malar J, 2008, 7:110. DOI:10.1186/1475-2875-7-110.
- [35] Ren HY, Ning WY, Lu L, et al. Characterization of dengue epidemics in mainland China over the past decade [J]. J Infect Dev Ctries, 2015, 9(9):970-976. DOI:10.3855/jidc.5998.
- [36] Pham HV, Doan HTM, Phan TTT, et al. Ecological factors associated with dengue fever in a central highlands province, Vietnam [J]. BMC Infect Dis, 2011, 11: 172. DOI: 10.1186/1471-2334-11-172.
- [37] 景钦隆,罗雷,李晓宁,等.布雷图指数、输入病例、气象因子与登革热本地流行的关系研究[J].华南预防医学,2015,41(5):401-406. DOI:10.13217/j.scjpm.2015.0401.
- [38] 甘立勤,王荀,马智超,等.登革热发病与气象因素关系的研究[J].中国热带医学,2015,15(11):1333-1337. DOI:10.13604/j.cnki.46-1064/r.2015.11.13.
- [39] 李雯雯,祝光湖.气候对登革热传播的驱动机制和预测分析[J].桂林电子科技大学学报,2018,38(6):491-495. DOI:10.16725/j.cnki.cn45-1351/tn.2018.06.012.

收稿日期:2019-03-06 (编辑:陈秀丽)