

DOI:10.13350/j.cjpb.240626

• 综述 •

柬埔寨登革热流行特征研究进展*

杨文志¹, 周肖华¹, 詹红梅¹, 周红宁^{1,2**}

(1. 昆明医科大学公共卫生学院, 云南昆明 650500; 2. 云南省热带传染病国际联合实验室, 云南省虫媒传染病防控重点实验室, 云南省虫媒传染病防控关键技术创新团队, 云南省寄生虫病防治所)

【摘要】 登革热是由携带登革病毒的白纹伊蚊或埃及伊蚊叮咬人类传播的一种重要虫媒病毒性传染疾病, 主要流行于热带和亚热带国家或地区。柬埔寨属于热带季风气候, 常年高温多雨, 适合蚊虫孳生繁衍, 登革热流行较为严重。1963年柬埔寨首次发现登革病毒, 2000年以来平均每10 000人中有103人感染登革病毒, 目前已成为该国严重的公共卫生问题之一。本文对近年来柬埔寨登革热流行特征研究进展进行综述, 为该国制定有效的登革热防控对策及措施提供参考。

【关键词】 登革热; 流行特征; 柬埔寨; 综述

【文献标识码】 A **【文章编号】** 1673-5234(2024)06-0741-04

[*Journal of Pathogen Biology*. 2024 Jun.; 19(6):741-744.]

Reviews in progress of the epidemiological characteristics of dengue in Cambodia

YANG Wenzhi¹, ZHOU Xiaohua¹, ZHAN Hongmei¹, ZHOU Hongning^{1,2} (1. College of Public Health, Kunming Medical University, Kunming 650000, China; 2. Yunnan International Joint Laboratory of Tropical Infectious Diseases, Yunnan Key Laboratory of Insect-borne Infectious Diseases Control & Yunnan Key Technology Innovation Team for Prevention and Control of Insect Vectors of Yunnan Institute of Parasitic Diseases)

【Abstract】 Dengue fever is an arboviral infectious disease transmitted by the bite of *Aedes albopictus* or *Aedes aegypti* carrying the dengue virus, mainly prevalent in tropical and subtropical countries or regions. Dengue fever is relatively serious in Cambodia owing to a tropical monsoon climate with high temperatures and rainfall, suited for mosquito breed and reproduction. Dengue virus was first discovered in Cambodia in 1963, and since 2000, it has become one of the serious public health problems with 103 infected dengue virus per 10 000 persons. This paper reviewed the research progress of the epidemiological characteristics of dengue fever in Cambodia in recent years, providing the reference for the development of effective dengue fever prevention and control strategies and measurements.

【Keywords】 dengue fever; epidemiological characteristics; Cambodia; review

***登革热(Dengue fever, DF)是经携带登革病毒(Dengue Virus, DENV)的白纹伊蚊(*Aedes albopictus*)或埃及伊蚊(*Aedes aegypti*)叮咬人群而感染的重要虫媒传染病, 目前 DENV 共发现4种登革病毒血清型(DENV1-4), 广泛流行于热带与亚热带地区^[1-4]。以往调查发现, 该病具有发病急、传染性强和对人体危害大的特点, 且典型DF临床症状主要表现为发热、皮疹、肌肉和关节痛、头痛、全身乏力等特征^[5-9]。柬埔寨位于中南半岛南部, 其西部与泰国相邻, 东北部与老挝紧邻和东部及东南部与越南接壤, 地处10°29'24"~14°46'50"N和102°15'57"~107°32'15"E, 主要分为雨季和旱季, 其中雨季自5月至10月, 年平均降雨量2 000 mm, 年平均气温为28℃, 适合DF媒介孳生繁衍。1963年柬埔寨首次发现DENV, 2000年以来平均每万人中103人感染DENV, 目前已成为该国严重的公共卫生问题之一^[10]。本文对近年来柬埔寨DF流行特征研究进展进行以下综述, 为该国制定有效的DF防控对策或措施提供参考。

1 疫情主要特征

据世界卫生组织(WHO)和柬埔寨国家登革热监测系统(NDSS)报道, 1991-2022年, 柬埔寨共报道DF病例418 994例, 死亡3 571例(图1)^[11-14]。其中, 1991-2006年DF发病例数

相对较少, 可能与诊断技术缺乏和数据收集系统不完善等因素有关^[15]; 2007-2022年DF疫情暴发频繁, 可能与柬埔寨人口迅速增长、城市化快速发展和埃及伊蚊和白纹伊蚊密度较高等因素有关^[16]。与邻国老挝DF流行趋势相比基本相似, 即老挝2009年之前DF病例也相对较低, 但2010年之后DF疫情病例数较高^[17]。

时间分布上, 1998-2012年Choi等^[18]对Banteay Meanchey、Kampong Thom和Siem Reap等3个省DF分析发现, 全年均有病例报告, 其中DF高峰主要发生在5~10月(占病例报告总数58%以上)。2006-2008年Vong等^[19]对Kampong Cham DF病例分析结果显示, 全年均有病例报告, 其中病例高峰出现在5~8月(占病例报告总数86%以上)。2004-

* **【基金项目】** 云南省重点研发计划项目(No. 202103AQ100001)。

** **【通讯作者】** 周红宁, E-mail: zhounh66@163.com

【作者简介】 杨文志(1998-), 男, 云南保山人, 昆明医科大学在读硕士研究生, 主要从事虫媒传染病防治研究。E-mail: y19988432160@163.com

2016年 Cousien 等^[20]对柬埔寨 DF 病例调查,发现全年均有病例报告,且病例高峰也主要出现在 6~9 月(占病例报告总数 55%以上)。2018-2020 年 Yek 等^[21]对柬埔寨 DF 上报病例分析显示,全年均有病例报告,但病例高峰主要发生在 6~8 月(占病例报告总数 50%以上)。上述研究结果提示,柬埔寨全年均有 DF 病例报告,但病例高峰为 6~9 月,可能与该期间属于柬埔寨雨季,温湿度适合蚊虫孳生,且蚊虫孳生地较为丰富,致使蚊虫种群密度较高等因素有关。与周边国家老挝 DF 病例季节消长近似,病例高峰也出现在 6~9 月^[22]。

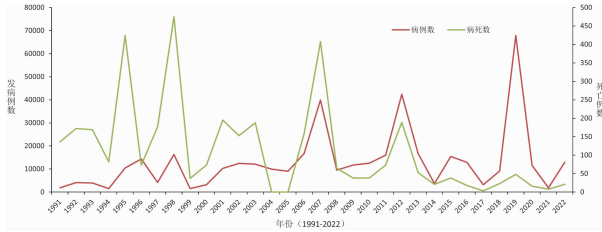


图 1 柬埔寨 1991-2022 年登革热病例数及死亡数情况 (数据来源于 WHO 和 NDSS)

Fig. 1 Number of dengue cases and deaths in Cambodia, 1991-2022 (data from WHO and NDSS)

地区分布上,2002-2008 年 Teurlai 等^[23]对 Kampong Cham (东部)、Siem Reap (北部)和 Phnom Penh (中南部)DF 数据分析发现,该 3 个地区发病率分别为 2.5/1 000、3.3/1 000 和 3.2/1 000 以上。2012-2015 年, Ledien 等^[24]对柬埔寨 8 个省市 (Phnom Penh、Kampong Speu、Kampong Chhnang、Kratie、Kampong Speu、Takeo、Kampong Cham 和 Battambang)DF 监测点 DF 病例调查发现, Kampong Cham (东部)、Phnom Penh (中南部)和 Kampong Speu (南部)的 DF 病例数相对较高,分别占 8 个省市病例总数的 29.27%、19.51% 和 14.63%。此外,2002-2020 年, Yek 等^[21]对全国 DF 监测点报告病例分析,发现 Siem Reap (北部)、Phnom Penh (中南部)、Otdar Meanchey (西北部)和 Banteay Meanchey (西北部)的 DF 发病率较高,分别为 3/1 000、2.03/1 000、1.96/1 000 和 1.91/1 000,分别占监测点病例总数的 10.67%、7.22%、6.97% 和 6.79%。上述研究结果提示,柬埔寨全国均有病例发生,但东部、南部和北部 DF 病例相对较高,可能与该 3 个地区的温度(温度 27~29 ℃)、年降雨量(2 000 mm)较适合 DF 媒介孳生繁衍有关^[25-26]。

人群分布上,2002 年以来,NDSS 每年 DF 报告数据显示,15 岁以下儿童 DF 住院病例数为 10 000~40 000 例,占全国病例总数的 14.73%~58.92%^[27]。Huy 等^[28]对 2002-2008 年柬埔寨监测点 DF 病例分析发现,9 岁及以下的儿童感染 DENV 比例较高,占全国病例总数的 79.0%。Wichmann 等^[9]对 2003-2007 年柬埔寨 15 岁以下儿童 DF 病例监测发现,0~4 岁、5~9 岁和 10~14 岁的发病数比例分别为 33.71%(4044/11995)、43.10%(5170/11995)和 23.19%(2781/11995)。Ly 等^[29]在 Kampong Cham 对 2012-2013 年 346 例 0.5~30 岁 DF 病例分析也发现,<1 岁、1~4 岁、5~9 岁、10~14 岁和 15~30 岁的发病数比例分别为 2.6%(9/346)、31.2%(108/346)、36.4%(126/346)、20.5%(71/346)和 9.3%(32/346)。Yek 等^[21]对 2002-2022 年柬埔寨监测点 DF 病例上报数据分析,发现<1 岁、1~4 岁、5~9 岁、10~14 岁、15~19 岁、20~24 岁、

25~39 岁和 ≥40 岁的发病数比例分别为 24.45%(1396/5709)、22.60%(1290/5709)、31.30%(1787/5709)、18.32%(1046/5709)、2.29%(131/5709)、0.61%(35/5709)、0.30%(17/5709)和 0.12(7/5709)。上述调查结果表明,所有年龄组人群均有病例报告,但 15 岁以下人群 DENV 感染率相对较高,可能与该人群人蚊接触几率较高等因素有关^[21,30]。与老挝 15 岁以下人群 DENV 感染相对较高的特征基本相似^[17]。

2 DENV 血清型

Huy 等^[28]对 2000-2008 年柬埔寨 DF 监测点 3 996 份样本检测发现,DENV1、DENV2、DENV-3 和 DENV4 所占比例分别为 9.43%、32.46%、48.02%和 10.09%。2011-2013 年 Nikolayeva 等^[31]对 Kampong Cham 316 例 DF 样本检测也发现,4 种 DENV 均有发现,但 DENV-1 为主要优势 DENV (83.86%,265/316)。2019 年 Togami 等^[32]对柬埔寨 5 个 DF 监测点病例样本检测,发现 4 种 DENV 均有发现,其中 DENV-1 为主要优势 DENV(占 DENV 总数的 73%)。2020 年 Manning 等^[33]对 Kampong Speu 296 例 2~9 岁儿童 DF 样本检测发现,DENV-1、DENV-2、DENV-3 和 DENV-4 分别为 40.20%、20.95%、5.74%和 5.41%。此外,2002-2020 年, Yek 等^[21]对柬埔寨 DF 监测点样本检测,发现 DENV-1、DENV-2、DENV-3 和 DENV-4 分别占 DENV 总数的 32.2%、37.1%、22.6%和 8.1%。上述结果提示,柬埔寨 4 种 DENV 均有发现,其中 DENV-1、DENV-2 和 DENV-3 感染率相对较高。

3 DF 传播媒介

以往调查发现,柬埔寨 DF 媒介主要为埃及伊蚊和白纹伊蚊^[8]。2009 年, Seng 等^[34]采取整群随机抽样方法对柬埔寨 13 个省 DF 媒介种类调查,共捕获埃及伊蚊和白纹伊蚊幼虫 21 355 只,其中埃及伊蚊幼虫 20 325 只(占所有伊蚊幼虫的 95.18%)。2017-2018 年, Boyer 等^[35]采取 CDC 灯光诱捕和 BG 诱捕法在 Kampong Cham 和 Tboung Khmum 24 所学校 DF 媒介种类调查,共捕获埃及伊蚊和白纹伊蚊成虫 1 169 只,其中埃及伊蚊成虫 774 只(占所有伊蚊成虫的 66.21%)。2018 年, Parker 等^[36]采取 BG 诱捕法在 Kampong Speu 省 Chbar Mon 镇 DF 媒介种类调查也发现,埃及伊蚊和白纹伊蚊比例分别为 84.5%和 15.5%。

在媒介孳生习性方面上,以往调查发现,由于柬埔寨农村地区缺乏家庭管道供水,常使用大型粘土罐、混凝土罐、盆和水箱等作为家庭储水,这些储水容器较容易成为 DF 媒介(埃及伊蚊和白纹伊蚊)孳生容器^[37-38]。2005-2006 年, Setha 等^[39]在 Kampong Chhnang 的 Peani 和 Ou Ruessei 社区调查发现,23%的埃及伊蚊幼虫孳生在小型容器(如粘土罐、盆和动物食槽等)。2009 年, Seng 等^[34]在柬埔寨 13 个省 DF 媒介孳生容器调查发现,伊蚊幼虫在储水罐、水泥罐、小盆、轮胎、花瓶和小土罐阳性容器占比分别为 64.9%(1121/1728)、10.5%(181/1728)、5.2%(89/1728)、4.8%(83/1728)、2.4%(41/1728)和 0.7%(12/1728)。2015 年, Kumaran 等^[40]在 Kampong Cham 30 个村庄调查发现,储水罐和椰子壳/罐头属于埃及伊蚊和白纹伊蚊常见的孳生容器,它们的幼虫阳性率分别为 85.1%和 78.6%。2018-2020 年, Bigio 等^[10]在 Kampong Cham 调查,发现伊蚊幼虫在储水罐、混凝土罐、小盆和轮胎占比分别为 45.83%(483/1054)、30.08%(317/1054)、1.14%(12/1054)和

4.27%(45/1054)。上述研究结果提示,储水罐、水泥罐、小盆、轮胎、椰子壳、罐头和水箱是埃及伊蚊和白纹伊蚊的主要孳生容器,可能与这些容器容易积水且保持积水时间较长等因素有关。

4 居民 DF 防控知识知晓率

2002-2003年 Khun 等^[41]在 Kampong Cham 两所村小学采用开放式问卷调查发现,73.02%(46/63)的学生知道 DF 是通过伊蚊叮咬传播,17.20%(16/93)的学生不知道 DF 症状。2003-2004年, Khun 等^[42]在 Kampong Cham 采用访谈方式的调查发现,58%(19/33)的受访者会定期清除伊蚊孳生容器积水,27%(9/33)的受访者会在水罐中使用双硫磷(temephos)杀灭蚊虫幼虫。2015年, Kumaran 等^[40]在 Kampong Cham 开展 DF 知识、态度和行为(Knowledge, Attitudes and Practices, KAP)调查发现,96.7%的受访者知道 DF 是通过伊蚊叮咬传播,74.0%的受访者认为伊蚊在白天叮咬活动,17.8%的受访者认为伊蚊在夜晚叮咬活动,8.2%的受访者不知道伊蚊在什么时候叮咬活动,95.5%的受访者能正确认识伊蚊孳生环境,93.9%的受访者至少知道一种防止伊蚊孳生的方法,92.1%的受访者知道发热是 DF 的症状之一,但仅 42.7%的受访者知道 3 种及以上 DF 症状,59.0%的受访者会在白天使用蚊帐,32.2%的受访者在出现 DF 症状时采取就医行为。2015-2016年, Hustedt 等^[43]在 Kampong Cham 开展 KAP 调查发现,95.5%~98%的受访者了解 DF 相关传播知识。上述结果说明,虽然近年来该国居民对 DF 了解程度有所提高,但仍有部分居民 DF 防范措施和就医行为意识较弱。

5 媒介对杀虫剂抗性

2001年 Polson 等^[44]Phnom Penh 和 Kampong Cham 采用埃及伊蚊幼虫对 temephos 不同浓度的抗性敏感性监测结果显示, Phnom Penh 埃及伊蚊幼虫对 0.005、0.01、0.02、0.03、0.04 mg/L 的 temephos 死亡率分别为 5.05%、18.5%、56.34%、86.93%、96.0%; Kampong Cham 埃及伊蚊对 0.004、0.005、0.01、0.02 mg/L temephos 的死亡率分别为 10.5%、21.5%、55.5%、99.5%。2016年, Boyer 等^[45]在柬埔寨 8 个城市采用埃及伊蚊成虫对拟除虫菊酯类杀虫剂抗性敏感性监测,发现 24 h 该蚊平均死亡率为 0.02%。2021年, Boyer 等^[46]在 Phnom Penh 采用埃及伊蚊幼虫对常见杀虫剂抗性敏感性监测,发现 temephos、多杀霉素(spinosad)和以色列苏云金芽孢杆菌(*Bacillus thuringiensis israelensis*(Bti))对埃及伊蚊幼虫半数致死量分别为 13.6±0.7、287.8±29.7 和 5.2±0.4; 0.25% 氯菊酯、0.03% 溴氰菊酯、0.2% 联苯菊酯、0.03% 氟氰菊酯、0.03% 溴氰菊酯、0.03% 氯氰菊酯、0.15% 氟氰菊酯等拟除虫菊酯类对埃及伊蚊成虫致死率分别为 1±1.9%、4.2±8.3%、3.1±4.1%、4.2±8.3%、10.2±7.1%、11±4.5% 和 35±11%, 地特灵(dieldrin)和马拉硫磷(malathion)对埃及伊蚊成虫致死率分别为 97.8±4.3% 和 91.1±5.9%, 以及苯敌威和丙溴磷的对埃及伊蚊成虫致死率分别为 96±3.3% 和 97.8±2.6%。上述监测结果提示,柬埔寨埃及伊蚊幼虫对 spinosad 杀虫剂具有抗性,但对 Bti 仍然较为敏感;成蚊对拟除虫菊酯类杀虫剂产生了不同程度的抗性,但对 dieldrin 和 malathion、苯敌威和丙溴磷仍然较为敏感。

6 展望

DF 仍然属于柬埔寨主要公共卫生问题,发病数仍然较高,可能与社区居民参与清除 DF 幼虫孳生容器的积极性不足和 DF 媒介对常见杀虫剂如拟除虫菊酯类杀虫剂产生了较高的抗性等因素相关,建议柬埔寨相关部门加大 DF 监测和卫生宣教工作,并制定出适合该国 DF 控制对策及措施。

【参考文献】

- [1] Hustedt J, Doum D, Keo V. Ability of the premise condition index to identify premises with adult and immature aedes mosquitoes in Kampong Cham, Cambodia[J]. Am J Trop Med Hyg, 2020, 102(6):1432-1439.
- [2] Lambrechts L, Scott TW, Gubler DJ. Consequences of the expanding global distribution of *Aedes albopictus* for dengue virus transmission[J]. PLoS Negl Trop Dis, 2010, 4(5):e646.
- [3] Malavige GN, Fernando S, Fernando DJ. Dengue viral infections [J]. Postgrad Med J, 2004, 80(948):588-601.
- [4] Islam MA, El Zowalaty ME, Islam S. A novel multiplex RT-PCR assay for simultaneous detection of Dengue and Chikungunya viruses[J]. Int J Mol Sci, 2020, 21(21):8281.
- [5] Soneja S, Tsarouchi G, Lumbroso D. A Review of Dengue's historical and future health risk from a changing climate[J]. Curr Environ Health Rep, 2021, 8(3):245-265.
- [6] 李杨思琪, 李曼, 贾文爽, 等. 云南景洪登革病毒感染合并肝损害病例临床特征分析[J]. 热带医学杂志, 2021, 21(2):140-143.
- [7] Rahman M, Rahman K, Siddique AK. First outbreak of dengue hemorrhagic fever, Bangladesh[J]. Emerg Infect Dis, 2002, 8(7):738-740.
- [8] 郑晓燕, 张世勇, 罗从新, 等. 中缅边境地区输入性登革热临床特征分析[J]. 中国病原生物学杂志, 2021, 16(11):1350-1352.
- [9] Wichmann O, Yoon IK, Vong S. Dengue in Thailand and Cambodia: an assessment of the degree of underrecognized disease burden based on reported cases[J]. PLoS Negl Trop Dis, 2011, 5(3):e996.
- [10] Bigio J, Braack L, Chea T. Entomological outcomes of cluster-randomised, community-driven dengue vector-suppression interventions in Kampong Cham province, Cambodia[J]. PLoS Negl Trop Dis, 2022, 16(1):e0010028.
- [11] WHO. Dengue Situation Updates 2018[R]. Geneva; WHO, 2018.
- [12] WHO. Dengue Situation Updates 2020[R]. Geneva; WHO, 2020.
- [13] WHO. Dengue Situation Updates 2021[R]. Geneva; WHO, 2021.
- [14] Togami E, Chiew M, Lowbridge C. Epidemiology of dengue reported in the World Health Organization's Western Pacific Region, 2013-2019[J]. Western Pac Surveill Response J, 2023, 22:14(1):1-16.
- [15] Huy R, Buchy P, Conan A. National dengue surveillance in Cambodia 1980-2008: epidemiological and virological trends and the impact of vector control[J]. Bull World Health Organ, 2010, 1; 88(9):650-657.
- [16] Suaya JA, Shepard DS, Chang MS. Cost-effectiveness of annual targeted larviciding campaigns in Cambodia against the dengue vector *Aedes aegypti*[J]. Trop Med Int Health, 2007, 12(9):1026-1036.

- [17] Zafar S, Overgaard HJ, Pongvongsa T. Epidemiological profile of dengue in Champasak and Savannakhet provinces, Lao People's Democratic Republic, 2003-2020 [J]. Western Pac Surveill Response J, 2022, 13(4): 1-13.
- [18] Choi Y, Tang CS, McIver L. Effects of weather factors on dengue fever incidence and implications for interventions in Cambodia [J]. BMC Public Health, 2016, 8(16): 241.
- [19] Vong S, Khieu V, Glass O. Dengue incidence in urban and rural Cambodia; results from population-based active fever surveillance, 2006-2008 [J]. PLoS Negl Trop Dis, 2010, 4(11): e903.
- [20] Cousien A, Ledien J, Souv K. Predicting dengue outbreaks in Cambodia [J]. Emerg Infect Dis, 2019, 25(12): 2281-2283.
- [21] Yek C, Li Y, Pacheco AR. Dengue in Cambodia 2002-2020: Cases, characteristics and capture by national surveillance [J]. medRxiv [Preprint], 2023, 4: 9207.
- [22] Calvez E, Pommelet V, Somlor S. Trends of the dengue serotype-4 circulation with epidemiological, phylogenetic, and entomological insights in Lao PDR between 2015 and 2019 [J]. Pathogens, 2020, 9(9): 728.
- [23] Teurlai M, Huy R, Cazelles B. Can human movements explain heterogeneous propagation of dengue fever in Cambodia? [J] PLoS Negl Trop Dis, 2012, 6(12): e1957.
- [24] Ledien J, Souv K, Leang R. An algorithm applied to national surveillance data for the early detection of major dengue outbreaks in Cambodia [J]. PLoS One, 2019, 14(2): e0212003.
- [25] Choi Y, Tang CS, McIver L. Effects of weather factors on dengue fever incidence and implications for interventions in Cambodia [J]. BMC Public Health, 2016, 16: 241.
- [26] Lover AA, Buchy P, Rachline A. Spatial epidemiology and climatic predictors of paediatric dengue infections captured via sentinel site surveillance, Phnom Penh Cambodia 2011-2012 [J]. BMC Public Health, 2014, 14: 658.
- [27] Vong S, Goyet S, Ly S. Under-recognition and reporting of dengue in Cambodia; a capture-recapture analysis of the National Dengue Surveillance System [J]. Epidemiol Infect, 2012, 140(3): 491-499.
- [28] Huy R, Buchy P, Conan A. National dengue surveillance in Cambodia 1980-2008; epidemiological and virological trends and the impact of vector control [J]. Bull World Health Organ, 2010, 88(9): 650-657.
- [29] Ly S, Fortas C, Duong V. Asymptomatic dengue virus infections, Cambodia, 2012-2013 [J]. Emerg Infect Dis, 2019, 25(7): 1354-1362.
- [30] Yek C, Li Y, Pacheco AR. National dengue surveillance, Cambodia 2002-2020 [J]. Bull World Health Organ, 2023, 101(9): 605-616.
- [31] Nikolayeva I, Bost P, Casademont I. A blood RNA signature detecting severe disease in young dengue patients at hospital arrival [J]. J Infect Dis, 2018, 217(11): 1690-1698.
- [32] Togami E, Chiew M, Lowbridge C. Epidemiology of dengue reported in the World Health Organization's Western Pacific Region, 2013-2019 [J]. Western Pac Surveill Response J, 2023, 14(1): 1-16.
- [33] Manning JE, Chea S, Parker DM. Development of inapparent Dengue associated with increased antibody levels to *Aedes aegypti* salivary proteins: A Longitudinal dengue Cohort in Cambodia [J]. Infect Dis, 2022, 226(8): 1327-1337.
- [34] Seng CM, Setha T, Nealon J. Pupal sampling for *Aedes aegypti* (L.) surveillance and potential stratification of dengue high-risk areas in Cambodia [J]. Trop Med Int Health, 2009, 14(10): 1233-1240.
- [35] Boyer S, Marcombe S, Yean S. High diversity of mosquito vectors in Cambodian primary schools and consequences for arbovirus transmission [J]. PLoS One, 2020, 15(6): e0233669.
- [36] Parker DM, Medina C, Bohl J. Determinants of exposure to *Aedes* mosquitoes; A comprehensive geospatial analysis in peri-urban Cambodia [J]. Acta Trop, 2023, 239: 106829.
- [37] Hustedt J, Doum D, Keo V. Determining the efficacy of guppies and pyriproxyfen (Sumilarv 2MR) combined with community engagement on dengue vectors in Cambodia; study protocol for a randomized controlled trial [J]. Trials, 2017, 18(1): 367.
- [38] Seng CM, Setha T, Nealon J. The effect of long-lasting insecticidal water container covers on field populations of *Aedes aegypti* (L.) mosquitoes in Cambodia [J]. Vector Ecol, 2008, 33(2): 333-341.
- [39] Setha T, Chantha N, Benjamin S. Bacterial larvicide, bacillus thuringiensis israelensis STRAIN AM 65-52 water dispersible granule formulation impacts both dengue vector, *Aedes aegypti* (L.) population density and disease transmission in Cambodia [J]. PLoS Negl Trop Dis, 2016, 10(9): e0004973.
- [40] Kumaran E, Doum D, Keo V. Dengue knowledge, attitudes and practices and their impact on community-based vector control in rural Cambodia [J]. PLoS Negl Trop Dis, 2018, 12(2): e0006268.
- [41] Khun S, Manderson L. Community and school-based health education for dengue control in rural Cambodia; a process evaluation [J]. PLoS Negl Trop Dis, 2007, 1(3): e143.
- [42] WHO. Community participation and social engagement in the prevention and control of dengue fever in rural Cambodia [R]. Geneva, WHO, 2008.
- [43] Hustedt JC, Doum D, Keo V. Field Efficacy of larvivorous fish and pyriproxyfen combined with community engagement on Dengue vectors in Cambodia; A randomized controlled trial [J]. Am J Trop Med Hyg, 2021, 105(5): 1265-1276.
- [44] Polson KA, Curtis C, Moh C. Susceptibility of two cambodian population of *Aedes aegypti* mosquito larvae to temephos during 2001 [J]. Dengue Bulletin, 2001, 25: 79-84.
- [45] Boyer S, Lopes S, Prasetyo D. Resistance of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) populations to deltamethrin, permethrin, and temephos in Cambodia [J]. Asia Pac J Public Health, 2018, 30(2): 158-166.
- [46] Boyer S, Maquart PO, Chhuoy K. Monitoring insecticide resistance of adult and larval *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Phnom Penh, Cambodia [J]. Parasit Vectors, 2022, 15(1): 44.