

DOI:10.13350/j.cjpb.220126

• “一带一路”专题研究 •

缅甸疟疾流行特征研究概况*

吴艳琴¹, 周友华², 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(培育), 云南省寄生虫病防治所)

【摘要】 疟疾是主要通过带有疟原虫子孢子的按蚊叮咬人类传播, 且危害人类健康的重要寄生虫病, 目前广泛流行于热带和亚热带地区。缅甸是大湄公河次区域疟疾病率最高的国家。本文就缅甸近年来疟疾流行特征研究进展进行综述, 为缅甸消除疟疾工作提供参考。

【关键词】 疟疾; 流行特征; 缅甸; 综述

【中图分类号】 R531.3

【文献标识码】 A

【文章编号】 1673-5234(2022)01-0118-05

[Journal of Pathogen Biology. 2022 Jan;17(1):118-122, back cover.]

Progress of malaria epidemiological characteristics in Myanmar

WU Yan-qin¹, ZHOU You-hua², ZHOU Hong-ning^{1,2} (1. College of Public Health, Kunming Medical University, Kunming 650500, China; 2. Yunnan Provincial Key Laboratory of Vector-borne Diseases Control and Research & Yunnan Innovative Team of Key Techniques for Vector Borne Disease Control and Prevention (Developing) of Yunnan Institute of Parasitic Diseases)

【Abstract】 Malaria is an important parasitic disease transmitted to humans mainly by the bite of anopheles mosquitoes carrying plasmodium sporozoites, and harmful to human health. At present, malaria widely transmits in tropical and sub-tropical areas. Myanmar has the highest incidence of malaria in the Greater Mekong Subregion. This paper reviewed the research progress of malaria epidemic characteristics in Myanmar in recent years, providing reference for the malaria eradication in Myanmar.

【Key words】 malaria; epidemic characteristics; Myanmar; review

***疟疾是由携带疟原虫子孢子的雌性按蚊叮咬人类而传播的一种重要寄生虫疾病^[1]。据世界卫生组织报道, 全球每年报告疟疾病例 2.16 亿, 并造成 40 余万人死亡, 主要流行于热带和亚热带地区^[2-3]。缅甸位于北纬 9°-28°, 东经 92°-101°, 属于典型的热带季风气候, 年平均气温 27 °C, 年平均降雨量 300-5 000 mm, 具有高温高湿特点, 适合疟疾媒介生长繁殖, 成为了湄公河次区域疟疾病率最高的国家^[4-7]。2015 年, 根据缅甸疟疾流行特点, WHO 制定了缅甸 2023 年消除恶性疟, 2030 年消除所有人类疟疾的计划^[8]。本文对近年来缅甸疟疾流行特征研究进行综述, 为该国控制和最终消除疟疾工作提供参考。

1 流行概况

据 WHO 报告, 2000-2020 年, 缅甸共报告疟疾病例 4 764 439 例, 死亡 21 362 例, 死亡数呈持续下降趋势, 2000-2012 年期间年病例数呈上升趋势, 但 2013-2020 年期间明显下降(图 1), 可能与 2012 年以来缅甸实施青蒿素耐药性控制项目(the Myanmar Artemisinin Resistance Containment, MARC)有关^[9-10]。该项目所采取的主要措施包括在缅甸疟疾流行地区大规模提供杀虫剂浸泡蚊帐, 诊所或医院加强疟疾快速诊断

检测试剂(rapid detection technology, RDT)的使用, 和以青蒿素联合疗法(artemisinin combination therapy, ACT)为主要药物治疗恶性疟等^[11-13]。

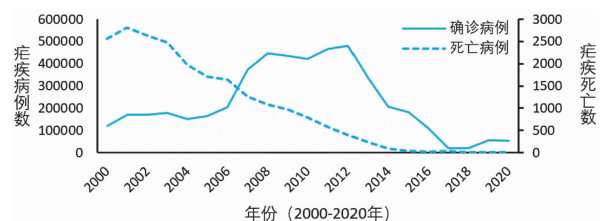


图 1 缅甸 2000-2020 年疟疾病例数及死亡数情况 (数据来源于 WHO2018 年和 2020 年疟疾报告)

Fig. 1 Number of malaria cases and deaths in Vietnam from 2000 to 2020 (Data from the World Health Organization Malaria report 2018 and 2020)

* **【基金项目】** 国家自然科学基金项目(No. U1602223); 云南省科技重大专项(No. 2017ZF007); 澜湄合作专项基金项目(No. 2020399)。

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

【作者简介】 吴艳琴(1994-), 女, 云南昭通人, 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: 823755238@qq.com

从病例月分布来看, Mu等^[14]2013年在缅甸中部的勃固省的一项调查报告显示, 该地区疟疾病例高峰主要集中在5-8月。Thway等^[15]2016年对缅甸南部的克伦邦疟疾病例数据分析发现, 该地区疟疾高峰为5-7月。2016-2020年WHO报道, 缅甸疟疾病例高峰主要集中在5-8月^[8,16]。Geng等^[17]对缅甸北部的克钦邦6175例疟疾病例研究显示, 2011-2016年该地区疟疾病例高峰出现在5-7月。上述疟疾病例月分布特点可能与5-8月属于缅甸雨季, 以及该期间高温高湿等气候条件较适合媒介按蚊孳生繁衍, 致使按蚊种群密度较高等密切相关^[11-13]。这与中国云南2000-2009年5-7月疟疾发病较高的结果基本相似^[18]。

从病例地区分布来看, 缅甸疟疾病例属全国性分布, 其中以泰缅边境的克耶邦、克伦邦, 印缅边境的钦邦、若开邦, 中缅边境的克钦邦和南部沿海地区的德林达依省较为严重^[19]。Wongsrichanalai等^[20]对2001年全国疟疾病例分析发现, 泰缅边境的克耶邦和印缅边境的钦邦疟疾发病率最高(发病率高于50/1000人)。2003和2005年WHO报道, 缅甸疟疾平均死亡率为6.3/100000人, 其中中缅边境的克钦邦死亡率高达30.3/100000人, 约为缅甸平均水平的5倍^[21,22]。Lee等^[23-24]2010年对缅甸东部边境地区的研究结果显示, 2003-2004年期间, 因疟疾死亡的人数占该地区成人和儿童死亡数的45%。Nwe等^[25]研究揭示, 2012年泰缅边境的德林达依省疟疾发病率较高(36.9/1000人)。2019年WHO报道也提示, 泰缅边境的克伦邦、中缅边境的克钦邦和印缅边境的若开邦均为疟疾高危地区^[26]。上述结果提示, 中缅、泰缅和印缅边境地区疟疾控制活动成效将直接影响缅甸消除疟疾进程。

从年龄分布上来看, 2013年Ghinai等^[27]对缅甸东部的勃固省164例疟疾病例分析显示, 0-5岁、6-15岁、16-25岁、26-50岁、>50岁人群疟疾病率分别为0.6%、6.7%、6.0%、43.9%、42.7%。Geng等^[17]对缅甸北部的克钦邦的6175例疟疾病例研究显示, 5岁、6-14岁、15-24岁、>25岁人群疟疾病率分别为9.3%、32.8%、33.7%、24.2%。Huang等^[28]对缅甸东部的掸邦和缅甸北部的克钦邦346名疟疾患者调查发现, <5岁、5-17岁、18-40岁、41-60岁、>60岁人群患病率分别为14.9%、50%、18.1%、11.7%、5.3%。上述结果提示, 缅甸各年龄段均有疟疾病例发生, 特别是儿童或青少年感染疟疾比例较高, 这可能与儿童和青少年蚊帐使用率较低有关。

从职业分布来看, Geng等^[17]对缅甸北部的克钦邦6175例疟疾病例研究显示, 从事森林职业和学生发病率高于其他职业人群, 分别为14%(889/6175)和

46.5%(2875/6175)($P < 0.01$)。2013年Ghinai等^[27]对缅甸东部的勃固省184例疟疾病例研究显示, 从事森林职业和非森林职业人群患病率分别为78.8%(145/184)和21.2%(39/184)($P < 0.01$)。缅甸卫生部2014年的一项报告也显示, 缅甸从事农业和森林职业人群患疟疾的风险高于其他人群($P < 0.05$)^[29]。上述结果可能与缅甸从事农业或森林职业人群防蚊知识缺乏, 蚊帐使用率较低等因素有关, 提示相关部门应进一步加强该类人群疟疾自我防护宣教工作^[27]。

从性别分布上来看, 2013年Ghinai等^[27]对缅甸东部的勃固省184例疟疾病例分析显示, 女性和男性发病率分别为32.5%和67.5%, 男性高于女性($P < 0.05$)。Geng等^[17]对缅甸北部的克钦邦6175例疟疾病例的研究也显示, 女性和男性发病率分别为37.4%和62.6%。Huang等^[28]对缅甸中部的掸邦和北部的克钦邦346名疟疾患者的研究发现, 女性和男性发病率分别为41.5%和58.5%。此外, Thway等^[15]2016年对缅甸南部的克伦邦266名疟疾患者的研究显示, 女性和男性发病率分别为38.9%和61.1%。上述结果提示, 缅甸男性感染疟疾比例高于女性, 可能与男性从事野外活动频繁和缺乏蚊虫叮咬防护知识有关。

2 疟疾媒介

以往疟疾媒介调查发现, 缅甸疟疾媒介种类较多, 主要包括大劣按蚊(*Anopheles dirus*)、微小按蚊(*An. minimus*)、多斑按蚊(*An. maculates*)、中华按蚊(*An. sinensis*)、乌头按蚊(*An. aconitus*)和库态按蚊(*An. culicifacies*), 其中大劣按蚊和微小按蚊属于主要媒介^[30]。

从媒介地理分布来看, 大劣按蚊主要分布于缅甸东部的森林地区, 微小按蚊全国性分布, 但在丘陵地区密度较高^[30-31]。Yu等^[32]在缅甸北部的克钦邦的研究显示, 微小按蚊占78.83%(3810/4833), 多斑按蚊占5.55%(268/4833), 库态按蚊占4.03%(195/4833)。2013年Kwansomboon等^[33]在泰缅边境缅甸地区的研究显示, 微小按蚊占43.5%(1873/4301), 大劣按蚊占0.7%(31/4301), 多斑按蚊占18.6%(754/4301)。2013-2015年Chaumeau等^[31]在缅甸东部的克伦邦的研究显示, 微小按蚊占53.14%(4619/8692), 多斑按蚊占11.23%(976/8692), 大劣按蚊占2.52%(219/8692), 库态按蚊占1.10%(96/8692)。

从媒介重要生态学习性上来看, Ool等^[30-31]的研究显示, 大劣按蚊主要栖息于森林地区潮湿的木桩上, 10月是其繁殖高峰期, 叮咬高峰多为18:00-20:00, 与缅甸相邻的泰国和老挝大劣按蚊叮咬高峰主要出现在0:00-02:00有所不同^[34-35]; 但与相邻的中国云南边境

地区大劣按蚊叮咬高峰出现在黄昏结果相似^[36]。微小按蚊主要栖息于丘陵地区的溪流附近的浅滩、岩石和沙池,5-6月是其种群密度高峰,夜间叮咬高峰为21:00-23:00和01:00-03:00^[31,37]。与云南省微小按蚊月种群密度高峰9月,叮咬高峰仅出现在00:00-01:00和老挝月种群密度高峰8月,叮咬高峰仅为21:00-23:00有所不同^[38-41]。

在疟疾媒介带虫率方面,Yu等^[32]在缅甸北部的克钦邦采用巢式PCR检测微小按蚊发现,其携带孢子率为0.7%(1/150)。2013年Kwansomboon等^[33]在泰缅边境地区采用显微镜检测唾液腺发现,该地媒介按蚊总携带疟原虫子孢子率为0.1%(23/2323),其中微小按蚊携带孢子率为1.4%(23/1641),但多斑按蚊和大劣按蚊中均未发现疟原虫子孢子。2013-2014年Phubeth等^[42]在泰缅边境地区采用PCR方法检测媒介按蚊发现,该地区媒介按蚊总携带疟原虫子孢子率为0.3%(123/47914),其中微小按蚊、大劣按蚊和多斑按蚊携带孢子率分别为0.29%(104/35177)、0.46%(5/1071)、0.17%(12/7251)。2013-2015年Chaumeau等^[43]在缅甸东部的克伦邦采用qPCR方法检测媒介按蚊发现,微小按蚊、大劣按蚊和多斑按蚊等媒介按蚊总携带疟原虫子孢子率为0.2%(107/56872)。与中国云南媒介按蚊总携带孢子率为0.2%(11/5154),其中微小按蚊、多斑按蚊和中华按蚊携带孢子率分别为0.2%(4/2180)、0.3%(3/833)、0.2%(4/1878)相似^[44]。上述研究结果显示,缅甸疟疾媒介种类复杂,其中大劣按蚊和微小按蚊仍然属于疟疾主要媒介种类。

3 疟原虫虫种

以往研究揭示,缅甸疟原虫主要有4种,即(*Plasmodium falciparum*)、(*Plasmodium vivax*)、三日疟原虫(*Plasmodium malariae Laveran*)和卵形疟原虫(*Plasmodium ovale Stephens*),且恶性疟和间日疟属于缅甸常见疟原虫种类^[45]。据WHO报道,2005、2014、2015、2018、2019和2020年缅甸恶性疟比例分别为80%、74%、75%、73%、41%、26%,缅甸间日疟比例分别为20%、26%、25%、27%、59%、74%^[8,46-51]。上述结果提示,随着缅甸间日疟感染比例上升,应加强对间日疟的监测工作^[8]。

4 蚊帐使用

2014年Linn等^[52]对缅甸6328居民的调查显示,该地区蚊帐使用率为36%-45%。2015-2016年Min等^[53]对缅甸4597例5岁以下儿童调查发现,其蚊帐使用率仅为19.5%。2014年Aung等^[54]对缅甸东部地区的研究发现,蚊帐使用率也仅为11.16%。2016年Maung等^[55]对缅甸北部的克钦邦、中部的勃

固省和南部的克伦邦、孟邦、德林达依省3230居民的调查显示,蚊帐使用率为52.1%。以上数据提示,缅甸蚊帐使用率仍然较低,可能与蚊帐内闷热、杀虫剂蚊帐诱发一些人群的过敏反应等因素有关^[56]。

5 杀虫剂对按蚊抗性

2014-2015年Chaumeau等^[57]在泰缅边境地区的研究显示,疟疾媒介对拟除虫菊酯普遍产生了抗药性,总致死率仅为80%(2127/2647),其中微小按蚊致死率为92%(339/370),多斑按蚊致死率为85%(239/280)。2016年Chaumeau等^[31]在缅甸克伦邦的监测显示,疟疾媒介按蚊对拟除虫菊酯普遍产生了抗药性,60分钟总击倒率为86%(381/441),其中微小按蚊击倒率为75/88(85%),大劣按蚊击倒率为1/1(100%),多斑按蚊击倒率为89/102(87%)。2014-2015年Chaumeau等^[57]在泰缅边境地区的研究显示,疟疾媒介按蚊普遍对DDT产生了抗药性,总致死率为69%(902/1302),但微小按蚊和多斑按蚊仍然敏感,致死率分别为100%(295/295)和99%(236/239)。与中国云南中华按蚊和微小按蚊对拟除虫菊酯产生抗药性,普遍致死率<70%,微小按蚊对DDT敏感,致死率为100%的监测结果相似^[58]。提示,缅甸主要疟疾媒介对除虫菊酯类杀虫剂产生了抗性,但对DDT杀虫剂仍然敏感,建议今后应进一步加强按蚊对杀虫剂敏感性的监测。

6 疟原虫抗药性

2002年以来,缅甸恶性疟治疗方案主要采用青蒿琥酯/甲氟喹(*artesunate /mefloquine, AS/MQ*)、蒿甲醚/苯芴醇(*artemether/lumefantrine, ATM/LF*)和双青蒿素/哌喹(*artemether/lumefantrine, DHA/PPQ*)^[59]。1999-2011年Carrara等^[59]在泰缅边境的缅甸中南部的研究显示,该地区青蒿素治疗恶性疟,3天疟原虫清除率为72%(21/29)。2013年Kyaw等^[60]首次报道缅甸南部德林达依省出现青蒿素抗药性,治愈率为73.1%(38/52)。2009-2013年Nyunt等^[61]在缅甸东部的克伦邦的研究显示,青蒿素类药物治疗恶性疟的治愈率为79.3%(65/82)。结果提示,上述缅甸边境地区可能出现了恶性疟对青蒿素类药物的耐药性,但与中缅边境地区的云南省恶性疟对青蒿素类药物仍然较敏感,治愈率为99.2%(241/243)的监测结果不同^[62]。

对于间日疟抗疟药方面,Smithuis等^[63]在1970年首次报道缅甸出现了间日疟对氯喹的抗药性。2001年Wongsrichanalai等^[64]在缅甸南部德林达依省的研究也显示,氯喹治疗间日疟,3d清除率仅为57%。2009-2012年Nyunt等^[65]在南部德林达依省的研究显示,氯喹治疗间日疟的治愈率为70%(42/60)。此

外,2004年Smithuis等^[66]在缅甸北部的克钦邦的研究显示,氯喹治疗间日疟的治愈率为46%(34/76)。上述结果提示,缅甸上述地区的间日疟可能对氯喹产生了耐药性,而与中缅边境云南省的间日疟对氯喹治疗仍然敏感,治愈率为100%(594/594)的监测结果不同^[67]。

上述结果提示,缅甸南部或北部地区可能出现了恶性疟对青蒿素,间日疟对氯喹类药物的耐药性,建议相关部门进一步开展这些地区疟原虫对抗疟药物的监测,为缅甸消除疟疾药物使用策略提供依据。

7 展望

缅甸作为湄公河次区域疟疾发病率最高的国家,疟疾疫情形势严峻,尤其与泰国、印度和中国接壤的边境地区较为严重,主要与这些地区居民蚊帐使用率较低,以及这些地区媒介对常用杀虫剂产生了抗药性及其疟原虫在临床治疗药物中治疗效果降低等问题有关,建议缅甸相关部门进一步开展相关研究或监测,制定出有效的消除疟疾策略与措施。

【参考文献】

- [1] 车河龙,林栋. 疟疾的防控现状及进展[J]. 热带医学杂志,2010,10(2):218-220.
- [2] WHO. Issues new guidance for research on genetically modified mosquitoes to fight malaria and other vector-borne diseases[R]. Geneva: World Health Organization,2021.
- [3] WHO. Life expectancy has increased by five years since 2000, but health inequalities remain[R]. Geneva: World Health Organization,2021.
- [4] 张磊. 中国—东盟年鉴[M]. 北京:中国线装书局,2004.
- [5] WHO. World Malaria Report 2015[R]. Geneva: World Health Organization,2015.
- [6] Hay SI, Okiro EA, Gething PW, et al. Estimating the global clinical burden of *Plasmodium falciparum* malaria in 2007[J]. PLoS Med,2010,7(6):e1000290.
- [7] Aung T, White C, Montagu D, et al. Improving uptake and use of malaria rapid diagnostic tests in the context of artemisinin drug resistance containment in eastern Myanmar: an evaluation of incentive schemes among informal private healthcare providers[J]. Malaria J,2015,14:105.
- [8] WHO. Countries of the Greater Mekong ready for the "last mile" of malaria elimination[R]. Geneva: World Health Organization,2015.
- [9] National Malaria Control Program. Proceedings of annual review meeting 2013[R]. Republic of the Union of Myanmar: National Malaria Control Program,2014.
- [10] Kyaw TT, Hlaing T, Thimasarn K, et al. Containing artemisinin resistance of *Plasmodium falciparum* in Myanmar: achievements, challenges and the way forward[J]. WHO South-East Asia J Public Health,2014,3(1):90-94.
- [11] Nyunt MH, Aye KM, Kyaw MP, et al. Challenges in universal coverage and utilization of insecticide-treated bed nets in migrant plantation workers in Myanmar[J]. Malaria J,2014,13(1):1-7,13.
- [12] Aung T, White C, Montagu D, et al. Improving uptake and use of malaria rapid diagnostic tests in the context of artemisinin drug resistance containment in eastern Myanmar: an evaluation of incentive schemes among informal private healthcare providers[J]. Malaria J,2015(14):105.
- [13] WHO. Strategic framework for artemisinin resistance containment in Myanmar (MARC) 2011-2015[R]. World Health Organization, South-East Asia Regional Office,2011.
- [14] Mu TT, Sein AA, Kyi TT, et al. Malaria incidence in Myanmar 2005-2014: steady but fragile progress towards elimination[J]. Malaria J,2016,15(1):503.
- [15] Thway AM, Rotejanaprasert C, Sattabongkot J, et al. Bayesian spatiotemporal analysis of malaria infection along an international border: Hlaingbwe Township in Myanmar and Tha-Song-Yang District in Thailand[J]. Malaria J,2018,17(1):428.
- [16] WHO. Mekong Malaria Elimination Epidemiology summary[R]. Geneva: World Health Organization,2015.
- [17] Geng J, Malla P, Zhang J, et al. Increasing trends of malaria in a border area of the Greater Mekong Subregion[J]. Malaria J,2019,18(1):309.
- [18] Feng J, Xia ZG, Vong S, et al. Preparedness for malaria resurgence in China: case study on imported cases in 2000-2012[J]. Adv Parasitol,2014(86):231-265.
- [19] World Health Organization. Malaria situation in SEAR countries[R]. New Delhi: World Health Organization Regional Office of South-East Asia,2006.
- [20] Wongsrichanalai C, Lin K, Pang LW, et al. *In vitro* susceptibility of *Plasmodium falciparum* isolates from Myanmar to antimalarial drugs[J]. Am J Trop Med Hyg,2001,65(5):450-455.
- [21] World Health Organization. Malaria profiles of SEA region[R]. New Delhi: World Health Organization Regional Office for South-East Asia,2003.
- [22] World Health Organization. Malaria: Disease burden in SEA region[R]. New Delhi: World Health Organization Regional Office for South-East Asia,2005.
- [23] Lee TJ, Mullany LC, Richards AK, et al. Mortality rates in conflict zones in Karen, Karenni, and Mon states in eastern Burma[J]. Trop Med Inter Health,2010,11(7):1119-1127.
- [24] Maung C. Annual report 2004[R]. Mae Sot (Tak): Mae Tao Clinic,2005.
- [25] Nwe TW, Oo T, Wai KT, et al. Malaria profiles and challenges in artemisinin resistance containment in Myanmar[J]. Infect Dis Poverty,2017,6(1):76.
- [26] WHO. Countries of the Greater Mekong zero in on falciparum malaria[R]. World Health Organization,2019
- [27] Ghinai I, Cook J, Hla TT, et al. Malaria epidemiology in central Myanmar: identification of a multi-species asymptomatic reservoir of infection[J]. Malar J,2017,16(1):16.
- [28] Huang F, Takala-Harrison S, Liu H, et al. Prevalence of clinical and subclinical *Plasmodium falciparum* and *Plasmodium vivax* malaria in two remote rural communities on the Myanmar China Border[J]. Am J Trop Med Hyg,2017,97(5):1524-1531.
- [29] MOH. Union of Myanmar: National Strategic Plan for Malaria

- Control in Myanmar, 2016-2020[R]. Yangon, Myanmar; Ministry of Health, 2014.
- [30] Ool TT, Storch V, Becker N. Review of the anopheline mosquitoes of Myanmar[J]. J Vector Ecol, 2004, 29(1): 21-40.
- [31] Chaumeau V, Kajeewiwa L, Kulabkeeree T, et al. Impact of outdoor residual spraying on the biting rate of malaria vectors; A pilot study in four villages in Kayin state, Myanmar[J]. PLoS ONE, 2020, 15(10): e0240598.
- [32] Yu G, Yan G, Zhang N, et al. The Anopheles community and the role of *Anopheles minimus* on malaria transmission on the China-Myanmar border[J]. Parasit Vectors, 2013, 6(1): 264-264.
- [33] Kwansomboon N, Chaumeau V, Kittiphanakun P, et al. Vector bionomics and malaria transmission along the Thailand - Myanmar border; a baseline entomological survey[J]. J Vector Ecol, 2017, 42(1): 84-93.
- [34] Chatchai T, Rungarun T, Waraporn J, et al. Species diversity and biting activity of *Anopheles dirus* and *Anopheles baimaii* (Diptera: Culicidae) in a malaria prone area of western Thailand[J]. Bio Med Central, 2012, 5(1): 211.
- [35] Vythi LI, Phet SR, Keoken CK, et al. The prevalence of *Anopheles* (Diptera: Culicidae) mosquitoes in Sekong Province, Lao PDR in relation to malaria transmission[J]. Trop. Med. Int. Health, 2010, 8(6): 525-535.
- [36] 周红宁, 卢勇荣. 云南大劣按蚊生态习性、地理分布和传疟作用研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 1998, 9(6): 455-459.
- [37] Walton C, Handley JM, Willoughby TL, et al. Population structure and population history of *Anopheles dirus* mosquitoes in Southeast Asia[J]. Bell, 2000, 17(6): 962-974.
- [38] 王学忠, 杜尊伟, 卢勇荣, 等. 云南南部微小按蚊生态学及传疟作用研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 1999, 10(5): 343-346.
- [39] 王剑, 董学书, 郭晓芳, 等. 老挝北部蚊虫种群组成及孳生习性调查[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2016, 27(6): 549-554.
- [40] 张少森, 王加志, 李胜国, 等. 中国-缅甸边境地区微小按蚊种群密度及其生态习性调查[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2017, 28(3): 216-219.
- [41] Vythilingam I, Phetsouvanh R, Keokenchanh K, et al. The prevalence of *Anopheles* (Diptera: Culicidae) mosquitoes in Sekong Province, Lao PDR in relation to malaria transmission[J]. Trop. Med. Int. Health, 2010, 8(6): 525-535.
- [42] Phubeth YU, Dominique C, Parker DM, et al. Use of an *Anopheles* Salivary Biomarker to Assess Malaria Transmission Risk Along the Thailand-Myanmar Border[J]. J Infect Dis, 2017(3): 396-404.
- [43] Chaumeau V, Benedicte F, Hsel SN, et al. Entomological determinants of malaria transmission in Kayin state, Eastern Myanmar: A 24-month longitudinal study in four villages[J]. Wellcome Open Res, 2018, 3: 109.
- [44] 周红宁, 张再兴, 李春富, 等. 云南湄公河流域上游河谷地区疟疾媒介传疟作用研究(英文)[J]. 中国寄生虫病防治杂志, 2005(6): 407-411.
- [45] WHO. World Malaria Report 2015[R]. Geneva; World Health Organization, 2015.
- [46] WHO. Malaria: Disease burden in SEA region[R]. New Delhi; World Health Organization Regional Office for South-East Asia, 2005.
- [47] WHO. World malaria report 2005[R]. Geneva; World Health Organization, 2005.
- [48] WHO. World Malaria Report[R]. Geneva; World Health Organization, 2014.
- [49] WHO. World malaria report[R]. Geneva; World Health Organization, 2015.
- [50] WHO. Mekong malaria elimination epidemiology summary[R]. Geneva; World Health Organization, 2018.
- [51] WHO. Mekong malaria elimination epidemiology summary[R]. Geneva; World Health Organization, 2020.
- [52] Linn SY, Maung TM, Tripathy JP, et al. Barriers in distribution, ownership and utilization of insecticide-treated mosquito nets among migrant population in Myanmar, 2016; a mixed methods study[J]. Malaria J, 2019(18): 172.
- [53] Min KT, Maung TM, Oo MM, et al. Utilization of insecticide-treated bed nets and care-seeking for fever and its associated socio-demographic and geographical factors among under-five children in different regions; evidence from the Myanmar Demographic and Health Survey, 2015-2016[J]. Malaria J, 2020(19): 7.
- [54] Aung T, Wei C, McFarland W, et al. Ownership and use of insecticide-treated nets among people living in malaria endemic areas of Eastern Myanmar[J]. Plos One, 2016, 11(9): e0162292.
- [55] Maung TM, Oo T, Wai KT, et al. Assessment of household ownership of bed nets in areas with and without artemisinin resistance containment measures in Myanmar[J]. Infect Dis Poverty, 2018, 7(1): 19.
- [56] Nyunt MH, Aye KM, Kyaw MP, et al. Evaluation of the behaviour change communication and community mobilization activities in Myanmar artemisinin resistance containment zones. Malar J, 2015(14): 522.
- [57] Chaumeau V, Cerqueira D, Zadrozny J, et al. Insecticide resistance in malaria vectors along the Thailand-Myanmar border[J]. Parasites Vectors, 2017, 10(1): 165.
- [58] 苑晶晶. 云南疟疾媒介按蚊对杀虫剂的抗药性监测[D]. 大理学院, 2012.
- [59] Carrara VI, Lwin KM, Phyo AP, et al. Malaria burden and artemisinin resistance in the mobile and migrant population on the Thai-Myanmar border, 1999-2011: An observational study[J]. PLoS Medicine, 2013, 10(3): e1001398.
- [60] Kyaw MP, Nyunt MH, Khin C, et al. Reduced susceptibility of *Plasmodium falciparum* to artesunate in southern Myanmar[J]. Plos One, 2013, 8(3): e57689.
- [61] Nyunt MH, Soe MT, Myint HW, et al. Clinical and molecular surveillance of artemisinin resistant falciparum malaria in Myanmar (2009-2013)[J]. Malaria J, 2017, 16(1): 333.
- [62] Liu H, Yang HL, Tang LH, et al. In vivo monitoring of dihydroartemisinin-piperaquine sensitivity in *Plasmodium falciparum* along the China-Myanmar border of Yunnan Province, China from 2007 to 2013[J]. Malaria J, 2015, 14(1): 47.
- [63] Smithuis FM, Monti F, Grundl M, et al. In vivo sensitivity of *Plasmodium falciparum* to chloroquine, sulfadoxine/pyrimethamine and mefloquine in Rakhine State, Western Myanmar[J]. Trans R Soc Trop Med Hyg, 1997, 91: 468-472.