

## 非洲感染性疾病监测现状

陈勇 韩黎 刘超

100071 北京, 中国人民解放军疾病预防控制中心医院感染监控中心(陈勇、韩黎);

100071 北京, 中国人民解放军疾病预防控制中心(刘超)

通信作者: 刘超, Email: liuchao9588@sina.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.11.021

**【摘要】** 感染性疾病的流行与暴发是危害非洲人民健康和全球卫生安全的主要问题之一。感染性疾病监测体系的建立以及持续、规范、系统地开展监测工作, 对于感染性疾病防控至关重要。随着我国“一带一路”战略逐步实施, 中非之间交流合作不断深入, 积极了解和参与非洲感染性疾病监测与防控工作, 有助于保障全球卫生安全和促进中非经贸合作。本文主要从整个非洲、非洲不同区域以及部分非洲国家等 3 个层面介绍与分析非洲感染性疾病的监测现状, 为我国开展输入性感染性疾病防控和卫生援外工作提供参考。

**【关键词】** 感染性疾病; 监测; 流行病学; 非洲

**基金项目:** 生物安全关键技术研发重点专项(2016yfc1200100); 北京市科技新星计划(Z181100006218107)

**Current status of surveillance for infectious diseases in Africa** Chen Yong, Han Li, Liu Chao

Department for Hospital Infection and Control, Institute for Disease Control and Prevention of Chinese People's Liberation Army, Beijing 100071, China (Chen Y, Han L); Institute for Disease Control and Prevention of Chinese People's Liberation Army, Beijing 100071, China (Liu C)

Corresponding author: Liu Chao, Email: liuchao9588@sina.com

**【Abstract】** The outbreak of infectious diseases is a major problem impacting the health of African people and global public health. It is important to establish a surveillance system and conduct continuous, appropriate and systemic surveillance for the prevention and control of infectious diseases. With the implementation of "The Belt and Road Initiative", the communication and collaboration between China and Africa will be enhanced. Understanding and taking part in the surveillance, prevention and control of infectious diseases in Africa would be helpful for ensuring global public health and promoting economic and trade cooperation between China and Africa. This paper aims to introduce and analyze the current status of surveillance for infectious diseases in Africa from the aspect of whole Africa, partial Africa and some African countries to provide reference for the prevention and control of imported infectious diseases in China and implementation of international medical relief by China.

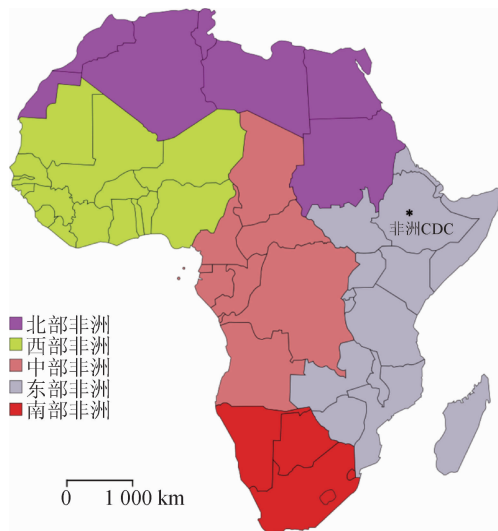
**【Key words】** Infectious diseases; Surveillance; Epidemiology; Africa

**Fund programs:** The National Special Project on Research and Development of Key Biosafety Technologies (2016yfc1200100); Beijing Nova Program (Z181100006218107)

在过去的几十年里, 人类在感染性疾病预防与控制领域取得了重要进展, 然而在社会经济发展相对落后的非洲, 感染性疾病的流行与暴发仍然是危害公众健康与卫生安全的主要问题之一, 带来了巨大的疾病和社会负担<sup>[1]</sup>。2014—2015 年西非 3 国发生有史以来最为严重的埃博拉出血热暴发疫情, 根据 WHO 报告, 此次疫情共造成 28 646 人感染, 11 313 人死亡<sup>[2]</sup>。这次疫情的发生提示, 人类虽然已经进入 21 世纪, 但是在疾病监测与防控体系不完善的情况下, 感染性疾病所带来的影响仍然可能是灾难性的, 尤其是当今社会人员的快速流动, 更使我们始终处于多种古老和新发感染性疾病的威胁之中。中国目前正在推动“一带一路”发展计划,

这将进一步加强我国与包括非洲在内的沿线国家之间的交往, 也意味着我们未来将面临更大的感染性疾病跨境传播风险<sup>[3]</sup>。本文主要介绍与分析整个非洲及非洲不同区域感染性疾病的监测现状, 为我国开展输入性感染性疾病预防控制工作和执行卫生援外任务提供参考。

1. 整个非洲或非洲联盟(非盟)层面的监测: 非洲在地理上习惯分为北非、东非、西非、中非和南非等五个地区(图 1)。非盟是一个全非洲性的政治实体, 目前共包括 55 个非洲成员国。为了支持非洲各国开展感染性疾病的监测、应急响应与预防工作, 2017 年 1 月非盟正式组建了非洲 CDC, 加强感染性疾病的监测是非洲 CDC 前 5 年发展战略中的首要任务



注: \*为非洲CDC驻地:埃塞俄比亚首都亚的斯亚贝巴

图1 非洲五个区域的划分图

之一<sup>[4]</sup>。为此,非洲CDC制定了具体的实施目标<sup>[5]</sup>,包括加强整个非洲或非盟层面的监测、支持各区域和成员国开展监测以及提升不同层面人员的监测能力水平等3个方面。

目前并没有涵盖所有非盟成员国的感染性疾病监测系统。WHO非洲地区办公室(WHO-AFRO)组织实施的综合疾病监测与响应项目(Integrated Disease Surveillance and Response, IDSR)是覆盖面最广的疾病监测项目。该项目启动于1998年,主要目标是提升区域疾病监测和响应能力、整合实验室支持能力、共享不同疾病监测项目之间的资源、将实验室和监测数据转化为公共卫生行动,其主要特色是提供有关流行病学、病例定义、信息交流、实验室、快速反应等多方面支持<sup>[6]</sup>。截至2010年,已有43个非洲国家采取了IDSR的技术指南,31个国家完成了IDSR所有项目的实施,大量的公共卫生人员通过IDSR项目得到了培训。2016年,已有来自47个WHO非洲成员国的3720个地区每周向监测中心提交需申报疾病数据<sup>[7]</sup>。IDSR作为非洲国家实施《国际卫生条例(2005)》的一个平台,大大提升了非洲国家对主要传染病的发现、确认和应对能力,而《国际卫生条例(2005)》也为持续加强IDSR系统和有效应对突发公共卫生事件提供了机会与保证<sup>[8]</sup>。

2000年,WHO组织建立了全球暴发预警和应对网络(Global Outbreak Alert and Response Network, GOARN),其主要目的是应对感染性疾病暴发事件的国际蔓延、确保受害国家或地区获得适当的技术支持、加强长期流行应对准备和能力建设<sup>[9]</sup>。目前,非洲地区有8个组织和4个网络中心在参与GOARN的日常运作。同时,WHO也会组织GOARN成员参与各地区发生重大感染性疾病暴发疫情的处置工作,包括非洲国家多次发生的霍乱、埃博拉出血热、脑膜炎、脊髓灰质炎、裂谷热和黄热病等。GOARN网络派出人员次数最多、在现场工作最长时间的国家主要是非洲国家,如乌干达、刚果民主共和国、安哥拉、津巴布韦等<sup>[10]</sup>。可见,GOARN网络

对于支援非洲国家应对突发公共卫生事件发挥了重要作用。

近年来,抗菌药物耐药在非洲已经成为一个重要的公共卫生问题,尤其是疟疾、结核病、伤寒、脑膜炎、淋病等,其耐药情况尤为严重<sup>[11-12]</sup>。2017年,非洲CDC计划与WHO合作构建抗菌药物耐药监测网(AMRSNET),其主要目的是通过开展抗菌药物耐药性监测,提升人与动物耐药菌感染的检测能力,延缓相关疾病发生与限制疾病传播,从而降低耐药菌感染给患者所带来的危害<sup>[13]</sup>。

## 2. 五个非洲区域层面的监测:

(1)东部非洲:2000年,为了应对疟疾暴发跨境传播的不断上升,以及提升实验室诊断和疾病防控能力,东部非洲国家建立了东非综合疾病监测网(East African Integrated Disease Surveillance Network, EAIDSNet),该网络自建立以来取得的主要成就包括在东非共同体秘书处下面建立了疾病监测与控制部门来支持各地区的卫生工作、完成了流感大流行应对的现场模拟训练以及开展了基于网络的人和动物相关疾病监测<sup>[14]</sup>。EAIDSNet的主要任务是开展重要传染病的监测、信息交流、技术培训和防控能力建设等工作。EAIDSNet监测的优先疾病包括急性出血热、霍乱、黄热病、麻疹、鼠疫和脊髓灰质炎等。EAIDSNet的建立得到了洛克菲勒基金会的资助,其发展主要受湄公河流域地区疾病监测网络的影响,未来将进一步考虑加强与非洲其他地区监测网络、东非共同体国家和WHO之间的合作与交流,以提升其在感染性疾病监测与防控方面的地位作用。

为了应对疾病早期发现、早期报告和及时反应方面面临的挑战,2015年坦桑尼亚等国家联合发起了一个名为“东南部非洲加强基于社区的疾病暴发发现和影响”(Enhancing Community-Based Disease Outbreak Detection and Response in East and Southern Africa, DODRES)的项目,该项目主要采取基于移动手机APP(AfyaData)的数字信息交流技术开展人和动物疾病等大健康(One Health)相关信息的监测,AfyaData可以支持社区和卫生机构人员开展监测信息的现场、实时采集以及对报告人员进行信息反馈,并包含了大健康知识数据库检索功能<sup>[15]</sup>。来自坦桑尼亚Morogoro和Ngorongoro两个地区动物和卫生部门官员和社区卫生人员接受了APP软件的使用培训。2016年8—12月,两个地区共报告了1915例病例。DODRES项目的开发为不同层面人员共同参与重点感染性疾病的监测与响应提供了新的技术手段。

(2)西部非洲:2014年西非3国发生的埃博拉出血热大暴发疫情充分暴露出该地区疾病防控体系的脆弱与监测能力的不足。埃博拉出血热暴发之后,在国际组织和世界各国的帮助下,西部非洲跨区域的感染性疾病监测系统开始逐步建立。在2014年西非埃博拉暴发期间,为了解决埃博拉出血热病例搜索和防控信息交流方面的不足,尼日利亚和德国的公共卫生与研究机构开发了“监测和暴发响应管理系统”(Surveillance and Outbreak Response Management System, SORMAS),其功能包括病例信息报告、病例隔离管理和追踪、密切接触者追踪、感染控制措施监测等,在埃博拉出血热



等疾病暴发期间,可以进行实时监测、病例管理、密切接触者追踪管理<sup>[16]</sup>。SORMAS 系统适合不同层次用户使用,可以与许多非洲国家目前使用的监测项目进行实时同步,软件架构具有大数据处理功能,方便现场人员使用手机进行数据双向交流。除了埃博拉出血热之外,该系统还可用于麻疹和 H5N1 禽流感等疾病监测。

为了应对西非地区出现的埃博拉出血热疫情,美国 CDC 也在流行病学调查软件 Epi Info 基础上开发了病毒性出血热监测模块<sup>[17]</sup>,为西非疫区国家开展埃博拉出血热监测提供信息技术支持。该监测模块还可用于开展拉沙热、马尔堡病毒病等疾病的密切接触者追踪。另外,一些国际救援组织也在埃博拉出血热暴发期间建立了埃博拉出血热临床监测与数据收集系统,利用疫区建立的埃博拉治疗中心开展监测,通过监测建立的埃博拉出血热临床和流行病学数据库可为疫情防控提供数据支持<sup>[18]</sup>。

(3)南部非洲:2008 年,南部非洲发展共同体与来自英国、美国和亚洲的合作者共同建立了南部非洲感染性疾病监测中心(Southern African Centre for Infectious Disease Surveillance, SACIDS),作为人类和动物感染性疾病与大健康相关学术和研究机构<sup>[19]</sup>。SACIDS 的任务主要包括提供分子生物学和分析流行病学方面的技术培训,提升裂谷热、结核病、手足口病、鼠疫、病毒性出血热等重要疾病的研究能力,共享专家与资源,使用移动信息技术等提升疾病报告与响应能力,其特色在于使用创新性科技手段来提升南部非洲国家发现、监测和管理人与动物感染性疾病风险的能力,包括基于大健康的移动信息技术等<sup>[20-22]</sup>。非洲不同区域几个主要感染性疾病监测系统或项目基本情况见表 1。

(4)北部非洲:北部非洲与中东国家相邻,70%以上为阿拉伯人,因此其感染性疾病的流行情况与中东国家类似,主要流行的疾病包括丙型肝炎(丙肝)、登革热、艾滋病和耐药菌感染等<sup>[23-24]</sup>。目前北部非洲尚无统一的感染性疾病监测系统或项目,该地区的疾病监测工作主要由各个国家独立完成。

(5)中部非洲:中部非洲国家地处赤道两侧,气温相对较高,存在埃博拉出血热、艾滋病、猴痘以及疟疾、登革热、蜱咬热等多种虫媒传染病的暴发或流行<sup>[25]</sup>。该地区经济发展相对落后,目前尚无统一的感染性疾病监测系统或项目。

3. 非洲主要国家层面的监测:非洲国家政治、经济、文化、气候等方面差异较大,感染性疾病的流行特点也有差异,

因此各自监测重点会有所不同。下面主要挑选几个代表性国家进行介绍。

(1)尼日利亚:尼日利亚位于西非东南部,是非洲第一大经济体。2011 年尼日利亚建立了国家 CDC,以应对公共卫生威胁,提升预防、控制传染病和慢性非传染性疾病的能力。CDC 下设监测与流行病学部门,主要通过 WHO 组织的 IDSR 项目开展感染性疾病监测工作,主要采取基于事件的监测系统,目前正在向电子报告系统转变。尼日利亚 CDC 每周发布流行病学报告,通报当前 1 周主要感染性疾病的监测结果,包括拉沙热、脑脊髓膜炎、腹泻、麻疹、流感以及虫媒传染病等的流行或暴发情况。

(2)南非:南非是一个社会经济条件相对较好的国家,其在感染性疾病监测、检测与研究水平处于非洲前列。南非国家传染病研究所(NICD)作为一所高等级传染病科研与防控机构,承担着全国性主要感染性疾病监测的任务。NICU 下属的结核病中心负责开展结核病的综合监测工作,并承担参比实验室的职能,主要通过国家各区域实验室来开展新发确诊结核病以及耐药结核病的监测、追踪,该中心目前已采取全基因组测序、限制性片段长度多态性(FRLP)等方法开展分子流行病学监测与研究。NICD 下属的呼吸道疾病和脑膜炎中心组织开展了流感样病例的症状监测。NICD 下属的非洲肠道、呼吸道和脑膜疾病监测工作组(Group for Enteric, Respiratory, and Meningeal Disease Surveillance in South Africa, GERMS-SA)主要负责开展基于实验室的导致肺炎、脑膜炎和肠道疾病细菌和真菌病原体的监测工作,大概有 200 家实验室参与了 GERMS-SA 组织的病例报告和菌株收集工作,来自全国 20 个监测哨点的监测人员进行病原菌相关临床信息收集工作。通过该项目的实施可以估计相关感染性疾病的负担,掌握抗菌药物耐药与医院感染流行趋势,监测艾滋病管理与治疗项目对相关机会性感染的影响以及人群免疫接种的效果。

南非是全世界艾滋病流行最为严重的一个国家,目前南非并没有一个持续的全国性艾滋病监测项目,艾滋病的病例监测和追踪主要由卫生行政部门、大学和一些科研机构共同承担。据估计,目前南非大约有 700 万 HIV 感染者,其中夸祖鲁-纳塔尔省是流行最为严重的省份。南非国家卫生部每年针对怀孕妇女开展艾滋病的血清流行病学调查,结果显示 HIV 患病率从 1990 年的 0.8% 上升到 2012 年的约 30%。另外

表 1 非洲不同区域的几个主要感染性疾病监测系统或项目基本情况

区域	系统或项目名称	项目启动时间(年)	监测病种	主要特色	参考文献
东部非洲	东非综合疾病监测网(EAIDSNet)	2000	急性出血热、霍乱、黄热病、麻疹、鼠疫和脊髓灰质炎等	除开展重要传染病监测外,还为相关信息交流、技术培训和防控能力建设提供支撑	[14]
东部和南部非洲	东南部非洲加强基于社区的疾病暴发发现和影响(DODRES)	2016	裂谷热、炭疽、狂犬病等人和动物间重要感染性疾病	采取基于移动手机 APP 的数字信息交流技术开展大健康相关信息的监测	[15]
西部非洲	监测和暴发响应管理系统(SORMAS)	2014	埃博拉出血热、麻疹和 H5N1 禽流感等	适合不同层次用户使用,具有大数据处理功能,方便现场人员使用	[16]
南部非洲	南部非洲感染性疾病监测中心(SACIDS)	2008	裂谷热、结核病、手足口病、鼠疫、病毒性出血热等	使用基于大健康的移动信息技术等创新性科技手段进行感染性疾病的监测和风险管理	[20-22]

一项针对15~49岁人群的全国性HIV调查显示,HIV总体患病率为18.8%<sup>[26]</sup>,提示南非存在艾滋病的高度流行,其防控形势十分严峻。为了弥补现有调查与监测系统的不足,有专家开发了基于家庭调查的HIV地区发病率监测系统,以便掌握高危区域HIV流行和发病的最新情况<sup>[27]</sup>。

(3)埃及:埃及是一个经济、科技相对较发达的北非国家。埃及一直非常重视传染性疾病的监测工作。1999年,通过与WHO、美国CDC、美国海军医学研究机构合作,埃及建立了一个综合疾病监测系统,对26种需申报疾病进行监测。2006年,埃及卫生与人口部下属的流行病与监测中心开发了一个电子系统来进行疾病报告。此外,埃及还有一些针对某些特殊疾病的监测系统,包括流感样疾病与重症呼吸道感染的哨点监测以及结核病、艾滋病和疟疾的分级监测等。根据2006—2013年的监测结果,埃及感染性疾病发病率居前几位的主要为食品和水相关疾病(如出血性腹泻、布鲁氏菌病、甲型肝炎等)、伤寒、丙肝以及一些疫苗可预防疾病(如结核病、风疹、麻疹等)<sup>[28]</sup>。

4. 启示与展望:公共卫生监测是感染性疾病防控至关重要的一个环节,许多传染性疾病的暴发都与当地公共卫生监测体系能力的不足或缺失有关等<sup>[29-30]</sup>。非洲国家由于社会发展相对落后,其在感染性疾病监测体系与能力建设方面也存在很多不足,很多监测项目的建立都依赖于WHO和一些其他国家、非公益组织的支持,包括IDSR、GOARN、EAIDSNet等(表1),这些监测项目的建立与运行对于提升非洲国家的感染性疾病监测与防控能力发挥了重要作用。从目前非洲区域性感染性疾病监测现状来看,不同地区之间差异较大,北部非洲和中部非洲缺乏区域性监测项目,不利于当地传染性疾病的防控。2014—2015年西非3国埃博拉出血热暴发疫情的控制也主要依赖于各类国际力量的援助<sup>[31]</sup>,这些国家感染性疾病监测能力也在此次疫情暴发之后得到大幅提升<sup>[29]</sup>。正是得益于国际力量的援助,非洲很多地区已经开始采取现代化的信息技术进行感染性疾病监测,包括电子报告系统和手机移动APP技术等<sup>[15,32]</sup>,这也将是未来非洲感染性疾病监测的一个重点发展方向。

非洲感染性疾病监测体系中另外一个问题是病原学诊断与分析能力的不足,尤其是基于基因组测序等现代分子技术的病原学监测项目比较缺乏,不利于掌握感染病原体的流行、传播与变异变迁规律。充分利用现代分子诊断技术,结合传统流行病学方法开展创新性的数字病原学监测,已经成为目前感染性疾病病原学监测的发展趋势<sup>[33]</sup>。美国CDC自2014年起启动了高级分子检测(Advanced Molecular Detection, AMD)计划,以促进下一代测序与生物信息分析技术在感染性疾病防控中的应用<sup>[34]</sup>。目前,强化AMD计划的实施已成为美国CDC的一个战略发展方向。尽管基因组测序等高级分子技术在非洲感染性疾病监测中的应用较少,但是近年来这方面的研究与培训项目正在逐步增加,包括非洲第七次霍乱大流行的基因组历史分析<sup>[35]</sup>、结核分枝杆菌的群体基因组分析<sup>[36]</sup>和非洲基因组合作网络培训项目等<sup>[37]</sup>,这对

于促进非洲地区病原基因组学分析与分子流行病学监测水平具有重要意义。

虽然非洲地区感染性疾病监测领域仍然面临着许多挑战,但是随着非洲CDC的建立以及非洲国家社会经济发展水平和卫生投入经费的不断提高,未来非洲感染性疾病监测能力将有望获得大幅提升。当然,在未来一段时间内,非洲感染性疾病监测工作仍然离不开国际社会的大力支持。最新非洲CDC的建设工作正是在美国、中国、日本等国家和国际组织的支持下才得以顺利开展。近年来,中非之间经贸合作不断深入,人员交流也更为广泛,积极参与非洲感染性疾病监测与防控工作,既有助于提升全球卫生安全与我国感染性疾病防御能力,也将巩固加深中非政治与经济关系,增进中非人民感情,促进我国“一带一路”战略实施。

利益冲突 无

## 参 考 文 献

- [1] Bhutta ZA, Sommerfeld J, Lassi ZS, et al. Global burden, distribution, and interventions for infectious diseases of poverty [J]. *Infect Dis Poverty*, 2014, 3: 21. DOI: 10.1186/2049-9957-3-21.
- [2] World Health Organization. Ebola situation report [EB/OL]. (2016-03-30) [2018-04-13]. <http://apps.who.int/ebola/current-situation/ebola-situation-report-30-march-2016>.
- [3] Tang K, Li ZH, Li WK, et al. China's Silk Road and global health [J]. *Lancet*, 2017, 390 (10112): 2595-2601. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)32898-2.
- [4] Nkengasong JN, Maiyegun O, Moeti M. Establishing the Africa Centres for Disease Control and Prevention: responding to Africa's health threats [J]. *Lancet Glob Health*, 2017, 5 (3): E246-247. DOI: 10.1016/S2214-109X(17)30025-6.
- [5] Africa CDC. Surveillance and disease intelligence [EB/OL]. (2017-11-07) [2018-04-13]. <http://africacdc.org/focus-areas/surveillance-disease-intelligence>.
- [6] World Health Organization. Integrated disease surveillance and response [EB/OL]. (2017-11-07) [2018-04-13]. <http://www.who.int/countries/eth/areas/surveillance/en/>.
- [7] World Health Organization. WHO scales up implementation of integrated disease surveillance tools in Africa [EB/OL]. (2017-11-07) [2018-04-13]. <http://www.afro.who.int/news/who-scales-implementation-integrated-disease-surveillance-tools-africa>.
- [8] Kasolo F, Yoti Z, Bakyaita N, et al. IDSR as a platform for implementing IHR in African countries [J]. *Biosecur Bioterror*, 2013, 11 (3): 163-169. DOI: 10.1089/bsp.2013.0032.
- [9] World Health Organization. Global outbreak alert and response network (GOARN) [EB/OL]. (2017-11-07) [2018-04-16]. [http://www.who.int/ihr/alert\\_and\\_response/outbreak-network/en/](http://www.who.int/ihr/alert_and_response/outbreak-network/en/).
- [10] Mackenzie JS, Drury P, Arthur RR, et al. The global outbreak alert and response network [J]. *Glob Public Health*, 2014, 9 (9): 1023-1039. DOI: 10.1080/17441692.2014.951870.
- [11] Tadesse BT, Ashley EA, Ongarello S, et al. Antimicrobial resistance in Africa: a systematic review [J]. *BMC Infect Dis*, 2017, 17 (1): 616. DOI: 10.1186/s12879-017-2713-1.
- [12] Perovic O, Schultzs C. Stepwise approach for implementation of

- antimicrobial resistance surveillance in Africa [J]. *Afr J Lab Med*, 2016, 5(3):482. DOI: 10.4102/ajlm.v5i3.482.
- [13] Africa CDC. African countries launch framework to tackle the threat of antibiotic resistant infections [EB/OL]. (2017-11-07) [2018-04-16]. <https://au.int/en/pressreleases/20171107/african-countries-launch-framework-tackle-threat-antibiotic-resistant>.
- [14] Ope M, Sonoiya S, Kariuki J, et al. Regional initiatives in support of surveillance in East Africa: the east africa integrated disease surveillance network (EAIDSN) experience[J]. *Emerg Health Threats J*, 2013, 6(1): 19948. DOI: 10.3402/ehj.v6i0.19948.
- [15] Karimuribo ED, Mutagahywa E, Sindato C, et al. A smartphone app (AfyaData) for innovative one health disease surveillance from community to national levels in Africa: intervention in disease surveillance [J]. *JMIR Public Health Surveill*, 2017, 3(4):e94. DOI: 10.2196/publichealth.7373.
- [16] Fährnich C, Denecke K, Adeoye OO, et al. Surveillance and Outbreak Response Management System (SORMAS) to support the control of the Ebola virus disease outbreak in West Africa[J]. *Euro Surveill*, 2015, 20(12): 21071. DOI: 10.2807/1560-7917.ES2015.20.12.21071.
- [17] McNamara LA, Schafer IJ, Nolen LD, et al. Ebola surveillance-guinea, liberia, and sierra leone[J]. *MMWR Suppl*, 2016, 65(3): 35-43. DOI: 10.15585/mmwr.su6503a6.
- [18] Roshania R, Mallow M, Dunbar N, et al. Successful implementation of a multicountry clinical surveillance and data collection system for ebola virus disease in West Africa: findings and lessons learned [J]. *Glob Health Sci Pract*, 2016, 4(3): 394-409. DOI: 10.9745/GHSP-D-16-00186.
- [19] Karimuribo ED, Sayalel K, Beda E, et al. Towards one health disease surveillance: the Southern African Centre for infectious disease surveillance approach[J]. *Onderstepoort J Vet Res*, 2012, 79(2):454. DOI: 10.4102/ojvr.v79i2.454.
- [20] Rweyemamu M, Kambarage D, Karimuribo E, et al. Development of a one health national capacity in Africa: the Southern African Centre for infectious disease surveillance (SACIDS) one health virtual centre model [J]. *Curr Top Microbiol Immunol*, 2013, 366: 73-91. DOI: 10.1007/82\_2012\_244.
- [21] Rweyemamu MM, Mmbuji P, Karimuribo E, et al. The Southern African Centre for infectious disease surveillance: a one health consortium [J]. *Emerg Health Threats J*, 2013, 6. DOI: 10.3402/ehj.v6i0.19958.
- [22] Rweyemamu MM, Paweska J, Kambarage D, et al. Towards one Africa, one health: the Southern African Centre for infectious disease surveillance one health focus on infectious diseases [J]. *Onderstepoort J Vet Res*, 2012, 79(2): a449. DOI: 10.4102/ojvr.v79i2.449.
- [23] Mahmud S, Al-Kanaani Z, Chemaitelly H, et al. Hepatitis C virus genotypes in the Middle East and North Africa: distribution, diversity, and patterns [J]. *J Med Virol*, 2018, 90(1): 131-141. DOI: 10.1002/jmv.24921.
- [24] Humphrey JM, Cleton NB, Reusken CB, et al. Dengue in the middle east and north Africa: a systematic review [J]. *PLoS Negl Trop Dis*, 2016, 10(12): e0005194. DOI: 10.1371/journal.pntd.0005194.
- [25] Shibl A, Senok A, Memish Z. Infectious diseases in the Arabian Peninsula and Egypt [J]. *Clin Microbiol Infect*, 2012, 18(11): 1068-1080. DOI: 10.1111/1469-0691.12010.
- [26] Shisana O, Rehle T, Simbayi LC, et al. South African national HIV prevalence, incidence and behaviour survey, 2012 [R]. Cape Town: HSRC Press, 2014.
- [27] Kharsany AB, Cawood C, Khanyile D, et al. Strengthening HIV surveillance in the antiretroviral therapy era: rationale and design of a longitudinal study to monitor HIV prevalence and incidence in the uMgungundlovu District, KwaZulu-Natal, South Africa [J]. *BMC Public Health*, 2015, 15: 1149. DOI: 10.1186/s12889-015-2179-2.
- [28] Abdel-Razik MSM, Rizk HII, Hassan MHM. Surveillance of communicable diseases for decisionmaking in Egypt: 2006-2013 [J]. *East Mediterr Health J*, 2017, 23(6): 395-404.
- [29] Marston BJ, Dokubo EK, van Steelandt A, et al. Ebola response impact on public health programs, West Africa, 2014-2017 [J]. *Emerg Infect Dis*, 2017, 23(13): 170727. DOI: 10.3201/eid2313.170727.
- [30] Wolicki SB, Nuzzo JB, Blazes DL, et al. Public health surveillance: at the core of the global health security agenda [J]. *Health Secur*, 2016, 14(3): 185-188. DOI: 10.1089/hs.2016.0002.
- [31] 陈勇, 刘超, 杨瑞薇. 塞拉利昂埃博拉出血热疫情防控国际组织的协调作用 [J]. *中华预防医学杂志*, 2015, 49(5): 450-451. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2015.05.015.
- Chen Y, Liu C, Yang RF. The coordination of international organizations and its role in the prevention and control of ebola outbreak in Sierra Leone [J]. *Chin J Prev Med*, 2015, 49(5): 450-451. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2015.05.015.
- [32] Brinkel J, Krämer A, Krumkamp R, et al. Mobile phone-based mHealth approaches for public health surveillance in sub-Saharan Africa: a systematic review [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2014, 11(11): 11559-11582. DOI: 10.3390/ijerph11111559.
- [33] Gardy JL, Loman NJ. Towards a genomics-informed, real-time, global pathogen surveillance system [J]. *Nat Rev Genet*, 2018, 19(1): 9-20. DOI: 10.1038/nrg.2017.88.
- [34] Gwinn M, MacCannell DR, Khabbaz RF. Integrating advanced molecular technologies into public health [J]. *J Clin Microbiol*, 2017, 55(3): 703-714. DOI: 10.1128/JCM.01967-16.
- [35] Weill FX, Domman D, Njamkepo E, et al. Genomic history of the seventh pandemic of cholera in Africa [J]. *Science*, 2017, 358(6364): 785-789. DOI: 10.1126/science.aad5901.
- [36] Comas I, Hailu E, Kiros T, et al. Population genomics of *Mycobacterium tuberculosis* in Ethiopia contradicts the virgin soil hypothesis for human tuberculosis in sub-Saharan Africa [J]. *Curr Biol*, 2015, 25(24): 3260-3266. DOI: 10.1016/j.cub.2015.10.061.
- [37] Mlotshwa BC, Mwesigwa S, Mboowa G, et al. The collaborative African genomics network training program: a trainee perspective on training the next generation of African scientists [J]. *Genet Med*, 2017, 19(7): 826-833. DOI: 10.1038/gim.2016.177.

(收稿日期: 2018-05-14)

(本文编辑: 王岚)