

武汉市汉南区血吸虫病传播阻断后检出感染性钉螺的应急处置

左玉婷^{1,2}, 徐明星¹, 罗华堂¹, 宋秀兰³, 陈秋琴³, 王浩¹, 周水茂^{1*}

1. 湖北省武汉市疾病预防控制中心, 湖北 武汉 430015; 2. 中国疾病预防控制中心中国现场流行病学培训项目办公室, 北京 102206; 3. 湖北省武汉市汉南区疾病预防控制中心, 湖北 武汉 430015

摘要: **目的** 分析武汉市汉南区通过环介导恒温扩增技术(loop-mediated isothermal amplification, LAMP)检出感染性钉螺疫情后的应急处置及远期干预效果, 探讨LAMP技术在血吸虫病传播阻断区早期监测预警中的应用。**方法** 对汉南区风险监测捡获钉螺进行解剖镜检和LAMP技术双检, 鉴定钉螺血吸虫感染情况, 对出现阳性钉螺的环境启动应急响应及强化干预, 评估远期效果。**结果** 2018年5月武汉市汉南区LAMP技术检出1管感染性钉螺, 定位阳性螺点东庄村朱家汉, 对其进行机械除障、杂物深坑填埋等工程灭螺, 药物灭螺1.27万m², 钉螺死亡率80%以上; 阳性螺点500m内应急性查病未发现新发血检阳性人员, 年底再对东庄村查病506人, 间接红细胞凝集试验血吸虫感染筛查显示阳性人员30例, 血阳率5.93%, 未发现粪检阳性人员, 血检阳性人员全部预防性服药; 哨鼠、野粪监测结果均为阴性; 开展健康教育, 部署、刷新警示牌7份, 发放宣传折页500份。针对阳性环境所在村进行了近3年强化干预与监测, 阳性螺点钉螺密度由0.094只/框降至0.027只/框, 东庄村人群血检阳性率由5.93%稳步降至3.74%。**结论** 武汉市汉南区通过LAMP技术快速侦测到了镜检漏检的感染性钉螺, 为阳性螺点的快速应急处置和消除创造了条件, 提高了传播阻断区监测预警系统的敏感性。

关键词: 血吸虫; 环介导恒温扩增技术; 监测预警

中图分类号: R532.21 文献标识码: A 文章编号: 1009-9727(2023)02-131-05

DOI: 10.13604/j.cnki.46-1064/r.2023.02.05

Emergency response of infectious snails detected after interruption of schistosomiasis transmission in Hannan District, Wuhan

ZUO Yu-ting^{1,2}, XU Ming-xing¹, LUO Hua-tang¹, SONG Xiu-lan³, CHEN Qiu-qin³, WANG Hao¹, ZHOU Shui-mao¹

1. Wuhan Center for Disease Prevention and Control, Wuhan, Hubei 430015, China; 2. The Office of China Epidemiology Training Program, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing, 102206, China;

3. Hannan Center for Disease Prevention and Control, Wuhan, Hubei 430015, China

Corresponding author: ZHOU Shui-mao, E-mail: 867494784@qq.com

Abstract: **Objective** To analyze the emergency response and long-term intervention effects after the detection of infectious snails epidemic by loop-mediated isothermal amplification (LAMP) assays in Hannan District, Wuhan City, and to explore the application of LAMP in early surveillance and early-warning of schistosomiasis transmission. **Methods** Snails picked up by the risk monitoring system in Hannan District were examined by anatomical microscopy and LAMP technology to identify the schistosomiasis infection. Emergency response and intensive intervention were initiated in the environment where positive snails appeared, and the long-term effects were evaluated. **Results** In May 2018, the infectious snails were detected by LAMP technology in Hannan District, and the positive snails were located in Zhujiacha, Dongzhuang Village, Obstacles and weeds were removed and buried by machine in Zhujiacha. 12 700 m² of snails were killed by drugs, and the mortality rate of snails was more than 80%; no new seropositive persons were found in the emergency examination within 500 m of the positive snail sites. 506 people were examined in Dong Zhuang Village at the end of the year, and 30 positive IHA cases were detected with a blood positive rate of 5.93%, no positive fecal test was found, and all positive blood test patients took preventive medication. The monitoring results of sentinel rats and wild feces were all negative. Health education was carried out, 7 warning signs were deployed and refreshed, and 500 publicity brochures were distributed. After nearly three years of intensified intervention and monitoring in the villages where the positive environment is located, and the density of snails on the stubborn snail has dropped from 0.094/frame to 0.027/frame, and the positive rate of blood test in Dongzhuang Village has steadily dropped from 5.93% to 3.74%. **Conclusions** The infected snails missed by microscopy were detected by LAMP in Hannan District, which created conditions for the rapid emergency treatment of environment and elimination of positive snail and improved the sensitivity of the surveillance and early warning system in transmission-interrupted areas.

Keywords: Schistosomiasis; LAMP; surveillance and early-warning

基金项目: 湖北省卫健委联合项目(No. WJ2019H399); 武汉市卫健委青年项目(No. WG19Q02)

作者简介: 左玉婷(1991—), 女, 硕士, 主管医师, 研究方向: 寄生虫病防治。

*通信作者: 周水茂, E-mail: 867494784@qq.com

环介导恒温扩增技术(loop-mediated isothermal amplification, LAMP)是一项基于核酸为靶标的快速DNA检测技术,能有效提高血吸虫感染性钉螺鉴定的准确性和灵敏性^[1]。为提高低流行区血吸虫病监测系统的敏感性,全国血吸虫病监测方案(2014年版)推荐在传播阻断有螺区,除采用解剖镜检法鉴定血吸虫感染性钉螺外,有条件地区可同时用LAMP技术检测钉螺体内血吸虫核酸^[2]。武汉市汉南区于2017年达到传播阻断标准,2018年汉南区对设置的29个血吸虫病传播风险监测村(其中东庄村同为武汉市12个国家级血吸虫病监测点之一)开展风险监测^[3-4],尝试对风险监测村检获的钉螺随机进行解剖镜检和LAMP双检。5月经LAMP技术检出1管阳性,经复核为阳性后立即启动应急响应,开展现场快速处置,未出现血吸虫病重大疫情,随后针对阳性重点环境所在村进行了近3年强化干预与监测,促进了汉南区疫情的稳步下降。

1 材料与方法

1.1 钉螺监测调查 2018年5月武汉市汉南区血防所对汉南区现有螺环境、历史有螺环境和可疑钉螺孳生环境进行调查。参照文献^[5-6]采用系统抽样结合环境抽样法调查,调查框数不少于100框,以框为单位装入螺袋,螺袋外标注调查环境名称、环境类型、框号和日期,手持GPS测定每一个调查环境的经纬度,检获的钉螺全部鉴别死活和计数,计算活螺密度、钉螺死亡率和有螺框出现率等参数。

1.2 钉螺血吸虫感染性检测

1.2.1 解剖镜检法 参照文献^[5],每处环境挑取100只进行感染性检测(不足100全部检测),把钉螺直接压碎在解剖镜下镜检,观察是否有血吸虫卵或尾蚴,计算钉螺感染率(感染性钉螺数/解剖钉螺数×100%)。挑取钉螺软体置于干净的2.0 mL微量离心管内用于LAMP技术检测(分环境至多10只钉螺活体组织1管,在样本离心管中加入1 mL 75%乙醇液体,4℃保存备用)。

1.2.2 LAMP检测 主要需恒温水浴箱或控温电加热块、组织基因组DNA提取试剂(TIANGEN试剂盒),钉螺体内血吸虫核酸检测试剂盒(LAMP技术,由中国疾控中心研制)、去核酸酶等仪器和试剂。依次进行软体组织研磨、裂解离心、提取钉螺基因组DNA,血吸虫基因组DNA)-20℃冻存等步骤后,进行扩增及显色读取结果,肉眼观察反应管内液体颜色变化,绿色判定为阳性,(棕)黄色为阴性。在实验过程中对检测样本严格遵守单盲试验原则^[7]。

1.3 应急处置

1.3.1 钉螺孳生环境调查 根据GPS定位感染性钉

螺所在环境(以下称“阳性螺点”),利用全市钉螺分布示意图掌握环境基本信息,并实地勘察现场环境。

1.3.2 灭螺 针对阳性螺点及其周边环境类型、气候、实地调研情况采取药物、生态或工程等方式灭螺,灭螺1周后再次查螺评估灭螺效果(查螺方法同1.1)。

1.3.3 野粪与水体感染性监测 对阳性螺点周边500 m范围区域进行野粪监测,对检测野粪塑料杯顶管孵化法(1粪3检)检测血吸虫毛蚴;在周边可疑水域采用哨鼠法检测水体血吸虫感染性,回收哨鼠后饲喂30 d检测血吸虫感染情况。

1.3.4 人畜感染情况监测 应急性地对阳性螺点半径500 m范围内居民采取间接红细胞凝集试验(indirect haemagglutination test, IHA)血吸虫感染筛查,以抗体滴度≥1:10为阳性,血检阳性者采用粪便尼龙绢袋集卵孵化结合沉渣镜检以及Kato-Katz法进行血吸虫病病原学检查;对牛、羊等家畜采集粪便后采用塑料杯顶管孵化法检测血吸虫感染情况。

1.3.5 其他措施 采取讲座、发放宣传折页、设置劝阻下水巡查岗等多种社会措施强化易感人群个人防护意识和能力,减少暴露疫点的机会。

2 结果

2.1 钉螺血吸虫感染性检测结果 2018年5月18日,市疾控中心抽取该区东荆街东庄村钉螺进行解剖镜检和LAMP双检,LAMP初次检出1管阳性,复核依旧为阳性。见表1。

表1 汉南区东庄村钉螺血吸虫感染性检测结果
Table 1 Results of schistosomiasis infection of snails in Dongzhuang Village of Hannan District

编号 ID	钉螺采集地 Snail collection sites	检测钉螺No. detected snails	解剖镜检法 An- atomical micro- scopic detection	LAMP法 Lamp as- says
1	团子湖	10	阴性	阴性
2	团子湖	10	阴性	阴性
3	朱家汉	10	阴性	阳性
4	朱家汉上段机台	10	阴性	阴性
5	朱家汉上段机台	10	阴性	阴性
6	新河	7	阴性	阴性
7	毛山沟	10	阴性	阴性
8	毛山沟	10	阴性	阴性
9	毛山沟	10	阴性	阴性
10	刘家墩	10	阴性	阴性
11	刘家墩	10	阴性	阴性

2.2 应急处置与效果

2.2.1 钉螺孳生环境调查 汉南区2017年底现有钉螺面积1 187万 m²,有螺环境87处,阳性管编号定位的

螺点位于东庄村朱家汉,现有钉螺面积5亩(3 333 m²),是新河第2条支渠,为坑内湖沼型;朱家汉以及毗邻的朱家汉上段机台硬化台渠是周边农田、渔池用水的唯一引水渠,与周边多条农渠相通,沟渠内杂草丛生,常年湿润适于钉螺生长,2017年底武汉市活螺平均密度为0.041只/框,本次查螺朱家汉活螺平均密度为0.094只/框。见表2。

2.2.2 灭螺 对阳性螺点朱家汉和毗邻的朱家汉上段机台开展机械除障、除障杂物深坑填埋等工程灭螺。药物灭螺条件具备后,采用50%的氯硝柳胺乙醇盐可湿性粉剂25.33 kg,对阳性螺点及其周边环境实施药物喷杀扩大灭螺1.27万m²。灭螺7d后,对朱家汉及朱家汉上段机台开展灭螺效果考核评估,钉螺死亡率由灭螺前低于1%均升至80%以上(表2)。6月底再次进行现场查螺复核与环境调研,已全部清除除草(图1),查螺240框,未发现活螺。

2.2.3 人畜感染情况调查 东庄村2017年血清学检查IHA阳性率5.04%(26/516),为无牛耕村。阳性螺点周边500 m范围居民应急性查病未发现新发血检阳性人员,未发现散放家畜。2018年9—11月,对东庄村本地居民查病506人,IHA阳性30例,血检阳性率5.93%,粪检未检出阳性,30例血检阳性者全部给

药扩大化疗。

2.2.4 野粪与水体感染性监测 未发现野粪。7月在阳性螺点的上游新河及周边东荆河外滩两处水域布点,各投放小白鼠20只,回收率100%,40只哨鼠饲喂30d后进行解剖,未发现血吸虫感染鼠。

2.2.5 其他措施与效果 发放血吸虫病防治知识宣传折页500份到每户,在村委会张贴宣传板报,到东庄村小学课堂开展了一堂血吸虫病科普知识讲座;在朱家汉周边及其相连的东荆河外滩部署、刷新警示牌7份,强化东荆河外滩急感监督岗的巡查,指导防汛人员使用防蚴灵(霜),发放宣传页劝导民众近期暂勿打渔捞虾接触疫水,在坑内外州滩生产生活时文明如厕。

开展远期干预与监测。2019—2020年对重点环境朱家汉及其上段,进行高频次风险监测和多次灭螺,活螺平均密度分别为0.034只/框、0.027只/框,2020年其活螺平均密度已低于当年全市与全区平均水平,未检出阳性钉螺(LAMP和镜检双检)和哨鼠。2019—2020年东庄村居民未出现新发血检阳性人员,IHA阳性率分别为4.17%(21/503)、3.74%(19/507),相较2015—2018年高位波动,人群疫情与全市同步,开始出现较稳定下降的趋势。见图2。

表2 有螺环境灭螺效果

Table 2 Effect of snail control in snail habitats

环境名称 Name of the environment	钉螺面积 Area of snail/ m ²	灭螺前 Before snail control						灭螺后 After snail control					
		调查框数 No. of frames	捕获螺数 Captured snails	活螺数 No. of living snails	活螺平均密度/ (只·框 ⁻¹) Average density of living snails/(n·frame ⁻¹)	钉螺死亡率 Mortality rate of snails/%	LAMP结果 Result of LAMP	调查框数 No. of frames	捕获螺数 Captured snails	活螺数 No. of living snails	活螺平均密度/ (只·框 ⁻¹) Average density of living snails/(n·frame ⁻¹)	钉螺死亡率 Mortality rate of snails/%	LAMP结果 Result of LAMP
A	3 333	170	16	16	0.094	0	阳性	120	5	1	0.0 083	80.00	阴性
B	9 334	910	232	230	0.250	0.86	阴性	108	8	1	0.0 092	87.50	阴性

注:A. 朱家汉;B. 朱家汉上段机台。Note: A. Zhujiacha; B. Bench of upper Zhujiacha.



A. 灭螺前;B. 灭螺后。A. Before engineering snail control; B. After engineering snail control.

图1 工程灭螺前后

Fig. 1 Before and after engineering snail control

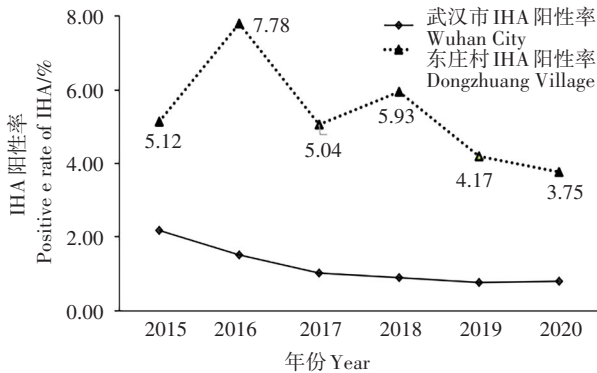


图2 2015—2020年武汉市国家监测点与东庄村居民血吸虫病抗体检测阳性率

Fig. 2 The positive rate of IHA of residents in all national surveillance sites in Wuhan and Dongzhuang Village, 2015–2020

3 讨论

汉南区地处长江下游,三面环水,历史上曾是血吸虫病重度流行区^[8],2017年达到传播阻断标准。但其钉螺孳生环境未得到彻底改造,且易受多水系钉螺扩散和周边疫区外来传染源影响,为应对高疫情反弹风险,武汉市在汉南区设置了全市最多的风险监测村和监测。1999—2003年调查发现全国有6.15%的传播阻断县出现疫情回升^[9],四川省、云南省等地部分传播阻断县也曾因发现阳性螺点后暴发急、慢性血吸虫病疫情^[10-11],提示在传播阻断地区,对有钉螺分布且人畜活动频繁的区域应定期进行动态风险监测,以便能早期预警应急处置,防止疫情反弹^[12]。

2014年武汉市对576个疫区村采用容量比例概率法抽取90个村为风险监测村,以一定频次进行钉螺、野粪、水体感染等风险因素监测^[13],连续3年未发现阳性。2018年汉南区抽取风险监测钉螺开展镜检与LAMP双检,LAMP检出的阳性螺点朱家汉,近年因受养殖及种植业的影响,药物灭螺工作难以开展致螺情反复。人群病情方面,血阳人员多为早年曾查出血吸虫病并治疗过的40岁以上男性农民、民工,日常生活生产不可避免接触水体,对其中高效价抗体人员随访也显示,虽规范服药但抗体滴度居高不下,2018年底该区人群血检阳性率跃居武汉市12个国家监测点之首,较2017年新检出几例阳性,提示当地可能仍存在隐匿的传染源。东庄村LAMP阳性钉螺预警后,开展了应急性工程改造钉螺孳生环境、药物灭螺、人群查治病、健康教育以及远期3年针对性强化监测和干预措施,虽然难以明确LAMP阳性环境的处置与疫情下降的直接关联,但血检阳性人员稳步减少、未再发现阳性钉螺环境、活螺平均密度降至全市中低水平,这些效果显而易见。

钉螺感染毛蚴后发育至尾蚴一般需60 d,传统检测为压碎镜检法和逸蚴法,仅能发现胞蚴发育至尾蚴的感染性钉螺^[14]。理论上,不同发育阶段血吸虫基因组DNA完全相同,宿主检出特异性DNA是感染明确指征^[15],因此低流行区检测血吸虫DNA可以更敏感监测当地钉螺感染情况。此前汉南区活螺密度和人群血阳率较高,压缩困难,但与其他监测点一样未检出阳性野粪、哨鼠和钉螺,在低水平流行地区采用传统方法可能已无法满足精准施策的需求^[16]。此次通过LAMP检出感染性钉螺而镜检未发现,可能因尚钉螺处于血吸虫毛蚴至胞蚴之间的早期感染阶段^[17];朱家汉与东庄村其他螺点相比并无特殊性,活螺密度甚至低于朱家汉上段机台及团子湖,依靠LAMP的高灵敏性与特异性为阳性螺点的早期预警处置创造了条件,为血吸虫病精准防控提供了强有力依据^[6]。

在传播阻断和消除后阶段,监测预警将发挥主导作用^[18],PCR和LAMP技术因其灵敏性高、特异性强正被纳入我国血吸虫病监测预警系统^[19]。LAMP技术检测尾蚴的方法具有快速、非靶序列的污染少、灵敏性高(可检测1条尾蚴)等优点^[6],其不需要特殊昂贵的仪器设备,结果获取和判定简便^[20],基层血防检验人员掌握度和认可度高。本研究也充分表明LAMP技术显著提高了监测预警系统的灵敏性和时效性,综上,可在传播阻断有螺区将LAMP技术作为血吸虫病监测系统的重要组成部分在基层现场推广应用。

利益冲突声明 所有作者声明不存在利益冲突

参考文献

[1] 余传信,殷旭仁,华万全,等.环介导同温DNA扩增技术鉴定血吸虫感染性钉螺方法的建立[J].中国病原生物学杂志,2008,3(9):661-664,669.
YU C X, YIN X R, HUA W Q, et al. Establishment of loop mediated isothermal DNA amplification for identifying oncomelania snails infected with *Schistosoma japonicum*[J]. J Pathog Biol, 2008, 3(9): 661-664, 669. (in Chinese)

[2] 李华忠.全国血吸虫病监测方案(2014年版)解析[J].热带病与寄生虫学,2015,13(1):1-3.
LI H Z. Analysis of national schistosomiasis surveillance program (2014 edition)[J]. J Trop Dis Parasitol, 2015, 13(1): 1-3. (in Chinese)

[3] 左玉婷,徐明星,王浩,等.2017年武汉市血吸虫病传播阻断和消除达标地区疫情评估[J].热带病与寄生虫学,2018,16(2):98-101,113.
ZUO Y T, XU M X, WANG H, et al. Evaluation on the endemic status of schistosomiasis in Wuhan area in 2017 following transmission interruption and elimination[J]. J Trop Dis Parasitol, 2018, 16(2): 98-101, 113. (in Chinese)

[4] 洪希成.湖北省钉螺分布规律及血吸虫病防控策略的研究[D].武汉:武汉大学,2013.

- HONG X C. The study of oncomelania distribution and control strategy for schistosomiasis Japonica in Hubei Province[D]. Wuhan: Wuhan University, 2013. (in Chinese)
- [5] 左玉婷, 罗华堂, 王浩, 等. 武汉市2017年血吸虫病疫情监测结果[J]. 中国热带医学, 2019, 19(4): 335-338, 347.
ZUO Y T, LUO H T, WANG H, et al. Surveillance of schistosomiasis in Wuhan in 2017[J]. China Trop Med, 2019, 19(4): 335-338, 347. (in Chinese)
- [6] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 钉螺调查: WS/T 563—2017[S/OL]. (2017-08-01)[2022-05-15]. <http://www.nhc.gov.cn/ewebeditor/uploadfile/2018/05/20180514094239786.pdf>.
- [7] 余胜标. LAMP技术用于日本血吸虫感染钉螺的早期检测[J]. 世界最新医学信息文摘, 2018, 18(56): 139-140.
YU S B. LAMP technique for early detection of *Schistosoma japonicum* infected *Oncomelania hupensis*[J]. World Latest Med Inf, 2018, 18(56): 139-140. (in Chinese)
- [8] 唐丽, 涂祖武, 范宏萍, 等. 武汉经济技术开发区血吸虫病传播阻断达标考核结果分析[J]. 公共卫生与预防医学, 2011, 22(3): 77-78.
TANG L, TU Z W, FAN H P, et al. Analysis of the results of the examination of schistosomiasis transmission interruption in Wuhan Economic and Technological Development Zone[J]. J Public Health Prev Med, 2011, 22(3): 77-78. (in Chinese)
- [9] 王汝波, 汪天平, 王立英, 等. 中国血吸虫病传播控制和传播阻断地区疫情回升情况分析[J]. 中华流行病学杂志, 2004, 25(7): 564-567.
WANG R B, WANG T P, WANG L Y, et al. Study on the re-emerging situation of schistosomiasis epidemics in areas already under control and interruption[J]. Chin J Epidemiol, 2004, 25(7): 564-567. (in Chinese)
- [10] 曹淳力, 祝红庆, 辜学广, 等. 四川省喜德县急性血吸虫病突发疫情调查[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2005, 17(6): 480.
CAO C L, ZHU H Q, GU X G, et al. Investigation on epidemic situation of acute schistosomiasis in Xide County, Sichuan Province[J]. Chin J Schistosomiasis Control, 2005, 17(6): 480. (in Chinese)
- [11] 董毅, 张云, 杜春红, 等. 山丘型传播阻断地区血吸虫病突发疫情的应急处置[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2019, 31(3): 323-325, 328.
DONG Y, ZHANG Y, DU C H, et al. Emergency treatment of schistosomiasis outbreaks in transmission-interrupted mountainous and hilly areas[J]. Chin J Schistosomiasis Control, 2019, 31(3): 323-325, 328. (in Chinese)
- [12] 刘晓忠, 陈喆, 林丹丹. 江西省血吸虫病监测现状及发展思考[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2016, 28(2): 111-114, 140.
LIU X Z, CHEN Z, LIN D D. Status and future development of surveillance of schistosomiasis in Jiangxi Province[J]. Chin J Schistosomiasis Control, 2016, 28(2): 111-114, 140. (in Chinese)
- [13] 熊月琳, 王浩, 罗华堂, 等. 武汉市血吸虫病传播阻断后血吸虫病传播风险监测[J]. 中国热带医学, 2020, 20(7): 604-607.
XIONG Y L, WANG H, LUO H T, et al. Surveillance and risk assessment of schistosomiasis after transmission interruption in Wuhan[J]. China Trop Med, 2020, 20(7): 604-607. (in Chinese)
- [14] HAMBURGER J, HOFFMAN O, KARIUKI H C, et al. Large-scale, polymerase chain reaction-based surveillance of *Schistosoma haematobium* DNA in snails from transmission sites in coastal Kenya: a new tool for studying the dynamics of snail infection[J]. Am J Trop Med Hyg, 2004, 71(6): 765-773.
- [15] 熊春蓉, 殷旭仁, 宋丽君, 等. 环介导同温DNA扩增法(LAMP)与解剖-显微镜检法检测血吸虫感染性钉螺效果的比较[J]. 中国病原生物学杂志, 2014, 9(12): 1084-1087.
XIONG C R, YIN X R, SONG L J, et al. Comparison of the effectiveness of loop-mediated isothermal DNA amplification (LAMP) and microscopic dissection at detecting snails infected with *Schistosoma japonicum*[J]. J Pathog Biol, 2014, 9(12): 1084-1087. (in Chinese)
- [16] 赵松, 李婷, 杨坤, 等. 重组酶介导的日本血吸虫特异性基因片段核酸等温扩增检测方法的建立[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2018, 30(3): 273-277, 306.
ZHAO S, LI T, YANG K, et al. Establishment of a recombinase-aided isothermal amplification technique to detect *Schistosoma japonicum* specific gene fragments[J]. Chin J Schistosomiasis Control, 2018, 30(3): 273-277, 306. (in Chinese)
- [17] NOTOMI T, OKAYAMA H, MASUBUCHI H, et al. Loop-mediated isothermal amplification of DNA[J]. Nucleic Acids Res, 2000, 28(12): E63.
- [18] 神学慧, 傅忠宇, 戴建荣, 等. 长江丹徒段沿江重点水域血吸虫感染性监测预警及应急处置[J]. 中国病原生物学杂志, 2017, 12(10): 961-965, 970.
SHEN X H, FU Z Y, DAI J R, et al. Surveillance of schistosomiasis and responses to the disease in key aquatic regions of the Dantu district along the Yangtze River[J]. J Pathog Biol, 2017, 12(10): 961-965, 970. (in Chinese)
- [19] SPEAR R C, SETO E Y W, CARLTON E J, et al. The challenge of effective surveillance in moving from low transmission to elimination of schistosomiasis in China[J]. Int J Parasitol, 2011, 41(12): 1243-1247.
- [20] 陈军虎, 闻礼永, 张旭照, 等. 检测日本血吸虫感染性钉螺PCR方法的建立[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2006, 24(3): 204-207.
CHEN J H, WEN L Y, ZHANG X Z, et al. Development of a PCR assay for detecting *Schistosoma japonicum*-infected *oncomelania hupensis*[J]. Chin J Parasitol Parasit Dis, 2006, 24(3): 204-207. (in Chinese)