

DOI:10.13350/j.cjpb.221114

• 调查研究 •

# 基于 Joinpoint 回归模型的 1999—2020 全国血吸虫病流行趋势分析

杨茜云, 沈进, 王秋波, 沈国强\*

(苏州大学附属无锡九院(无锡市第九人民医院)医学检验科, 江苏无锡 214026)

**【摘要】** 目的 了解 1999—2020 年全国血吸虫病流行趋势变化, 为制定消除血吸虫病策略提供科学依据。方法 收集 1999—2020 年全国血吸虫病疫情年报数据, 采用 Joinpoint 回归模型, 利用年均百分比变化(average annual percent change, AAPC)、年度百分比变化(annual percent change, APC)评价整体、局部血吸虫病疫情时间序列趋势变化。结果 2002—2020 年全国居民血检阳性率年均下降 8.60% (AAPC = -8.60%,  $P < 0.05$ ), 在 2008 年出现 1 个拐点, 分为 2 个阶段, 2002—2008 年和 2008—2020 年 (APC = -12.67%,  $P < 0.05$ ); 1999—2020 年居民粪检阳性率年均下降 14.10% (AAPC = -14.10%,  $P < 0.05$ ), 在 2007 年出现 1 个拐点, 分为 2 个阶段, 1999—2007 年 (APC = 14.50%,  $P < 0.05$ ) 和 2007—2020 年 (APC = -28.01%,  $P < 0.05$ )。1999—2012 年耕牛阳性率年均下降 13.20% (AAPC = -13.20%,  $P < 0.05$ ), 在 2004 年出现 1 个拐点, 分为 2 个阶段, 1999—2004 年和 2004—2012 年 (APC = -22.42%,  $P < 0.05$ ); 2013—2020 年耕牛粪检阳性率逐年下降 (APC = AAPC = -19.69%,  $P < 0.05$ )。1999—2020 年查出钉螺面积占查螺总面积比例年均上升 1.5% (AAPC = 1.5%,  $P > 0.05$ ), 在 2004 年出现 1 个拐点, 分为 2000—2004 年 (APC = 35.02%,  $P < 0.05$ ) 和 2004—2020 年 (APC = -0.08%,  $P < 0.05$ ); 2000—2020 年湖沼型流行区有螺面积占有螺总面积比例年均无变化 (AAPC = 0%,  $P > 0.05$ ), 在 2013 年有 1 个拐点, 分为 2 个阶段, 2000—2013 年 (APC = 0.16%,  $P < 0.05$ ) 和 2013—2020 年 (APC = -0.35%,  $P < 0.05$ ); 水网型流行区有螺面积占有螺总面积比例年均下降 14.7% (AAPC = -14.7%,  $P < 0.05$ ), 在 2007 年出现 1 个拐点, 分为 2 个阶段, 2000—2013 年和 2013—2020 年 (APC = -34.36%,  $P < 0.05$ ); 山丘型流行区有螺面积占有螺总面积比例有 3 个趋势变化连接点 (AAPC = 1%,  $P > 0.05$ ), 分为 4 个阶段, 分别为 2000—2005 年, 2005—2014 年 (APC = -5.12%,  $P < 0.05$ ), 2014—2017 年 (APC = 19.53%,  $P < 0.05$ ) 和 2017—2020 年。结论 1999—2020 年全国血吸虫病疫情呈下降趋势, 在迈向消除阶段应继续采取以传染源控制为主的综合性防治策略。

**【关键词】** 血吸虫病; 钉螺; 疫情; 流行趋势; Joinpoint 回归模型

**【中图分类号】** R532.21

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1673-5234(2022)11-1309-06

[*Journal of Pathogen Biology*. 2022 Nov.; 17(11):1309-1314.]

## Trends in prevalence of schistosomiasis in China from 1999 to 2020 based on Joinpoint regression model

YANG Qian-yun, SHEN Jin, WANG Qiu-bo, SHEN Guo-qiang (Department of Laboratory Medicine, Wuxi No. 9 Hospital affiliated to Soochow University (Wuxi Ninth People's Hospital), Wuxi 214026, Jiangsu, China)\*

**【Abstract】** **Objective** To investigate the trends in prevalence of schistosomiasis in China from 1999 to 2020, so as to provide the scientific evidence for formulating the schistosomiasis elimination strategy in China. **Methods** The annual data of schistosomiasis epidemics were collected in China from 1999 to 2020, and the overall and local changes in the prevalence of schistosomiasis were evaluated with average annual percent changes (AAPC) and annual percent change (APC) using the Joinpoint regression model. **Results** There was a 8.60% annual mean reduction in seroprevalence of human schistosomiasis in China from 2002 to 2020 (AAPC = -8.60%,  $P < 0.05$ ) from 2002 to 2020, with a turning point found in 2008 (2002—2008; 2008—2020; APC = -12.67%,  $P < 0.05$ ), and there was a 14.10% annual mean reduction in egg-positive rate of human schistosomiasis in China from 1999 to 2020 (AAPC = -14.10%,  $P < 0.05$ ), with a turning point found in 2007 (1999—2007; APC = 14.50%,  $P < 0.05$ ; 2007—2020; APC = -28.01%,  $P < 0.05$ ). There was a 13.20% annual mean reduction in the prevalence of schistosomiasis in bovines in China (AAPC = -13.20%,  $P < 0.05$ ) during the period from 1999 to 2012, with a turning point found in 2004 (1999—2004; 2004—2012; APC = -22.42%,  $P < 0.05$ ), and the prevalence of schistosomiasis appeared a gradual decline in bovines year by year from 2013 to 2020 (APC = AAPC = -19.69%,  $P < 0.05$ ). There was a 1.5% annual mean rise in the proportion of snail-infested areas in total

\* **【通讯作者】** 沈国强, E-mail: 30819195@qq.com

**【作者简介】** 杨茜云(1992-), 女, 江苏无锡人, 本科, 主管检验技师, 主要从事微生物检验工作。E-mail: 2270992631@qq.com

snail survey areas in China from 2000 to 2020 (AAPC=1.5%,  $P>0.05$ ), with a turning point seen in 2004 (2000–2004: APC=35.02%,  $P<0.05$ ; 2004–2020: APC=-0.08%,  $P<0.05$ ). There were no changes in the proportion of snail-infested areas in marshland and lake regions in total snail-infested areas in China from 2000 to 2020 (AAPC=0%,  $P>0.05$ ), with a turning point seen in 2013 (2000–2013: APC=0.16%,  $P<0.05$ ; 2013–2020: APC=-0.35%,  $P<0.05$ ), and there was a 14.7% annual mean decline in the proportion of snail-infested areas in plain regions in total snail-infested areas in China from 2000 to 2020 (AAPC=-14.7%,  $P<0.05$ ), with a turning point seen in 2007 (2000–2013; 2013–2020: APC=-34.36%,  $P<0.05$ ), while there were three turning points (2000–2005; 2005–2014: APC=-5.12%,  $P<0.05$ ; 2014–2017: APC=19.53%,  $P<0.05$ ; 2017–2020) in the proportion of snail-infested areas in mountainous and hilly regions in total snail-infested areas in China from 2000 to 2020 (AAPC=1%,  $P>0.05$ ).

**Conclusion** The prevalence of schistosomiasis appeared a tendency towards a decline in China from 1999 to 2020, and the integrated strategy with an emphasis on the control of infectious sources is recommended to be implemented during the stage moving towards elimination of schistosomiasis China.

**【Key words】** Schistosomiasis; *Oncomelania hupensis*; Endemic status; Epidemic trend; Joinpoint regression model

血吸虫病是最普遍被忽视的热带病之一,全球估计有 2.29 亿人需要预防治疗,是一种严重危害人群身体健康、影响经济发展和社会稳定的重要传染病<sup>[1-3]</sup>。寄生于人体的血吸虫主要有埃及血吸虫(*Schistosoma haematobium*)、日本血吸虫(*S. japonicum*)、曼氏血吸虫(*S. mansoni*)、间插血吸虫(*S. intercalatum*)、湄公河血吸虫(*S. mekongi*)和马来血吸虫(*S. malayensis*),我国只流行日本血吸虫病,曾今是全球血吸虫病危害最重、分布最广的国家之一。建国初期,全国大约有 1161.2 万例血吸虫病患者,共有钉螺面积约 148 亿  $m^2$ ,病牛 120 余万头<sup>[4-6]</sup>。经过 70 余年的积极防治,我国血吸虫病防治工作取得了显著成效,2008 年全国达到血吸虫病疫情控制标准<sup>[7]</sup>,2015 年达到传播控制标准<sup>[8]</sup>,2020 年如期实现《“十三五”全国血吸虫病防治规划》《地方病防治专项三年攻坚行动方案(2018–2020 年)》设定的血吸虫病防控目标,向全国消除血吸虫病的宏伟目标迈出了坚实一步<sup>[9]</sup>。

Joinpoint 回归模型是根据疾病分布的时间特征建立分段回归,通过若干连接点将研究时间分割成不同区间,并对每个区间进行趋势拟合和优化,进而更详细地评价全局时间范围内不同区间特异性的疾病变化特征<sup>[10]</sup>。本研究采用 Joinpoint 回归模型对 1999–2020 年全国血吸虫病年报数据进行分析,了解全国血吸虫病疫情的时间趋势变化,探索变化趋势以及防控措施实施的时间点,探索疫情变化的转折点和防控措施实施效果,为制定血吸虫病防治策略提供参考依据。

## 材料与方 法

### 1 资料来源

收集 1999–2020 年全国血吸虫病疫情年报数据,整理 1999–2020 年全国血吸虫病血检人数、血检阳性数、粪检人数、粪检阳性数;耕牛血检头数、耕牛血检阳性数、耕牛粪检头数、耕牛粪检阳性头数;查螺面积、

查出钉螺面积、湖沼型有螺面积、水网型有螺面积、山丘型有螺面积等数据。

### 2 指标与方法

计算病人血检/粪检阳性率;耕牛阳性率及血检、粪检阳性率;查出钉螺面积占查螺面积百分比,湖沼型/水网型/山丘型有螺面积占有螺总面积百分比等。采用分段线性回归分析 1999–2020 年全国血吸虫病变化趋势,分段进行拟合,利用年均百分比变化(average annual percent change, AAPC)、年度百分比变化(annual percent changes, APC)分析评价整体、局部血吸虫病疫情时间趋势变化特征。若  $APC>0$  或  $AAPC>0$  表明该时段呈上升趋势,反之呈下降趋势,若  $AAPC=APC$ ,则连接点数量为 0,总体趋势呈逐年递增或递减。

### 3 统计分析

采用 Excel 2013 版建立数据库,应用 SPSS 26.0 软件对血吸虫病疫情数据进行统计分析。应用 Joinpoint Regression Program 4.9.1.0 进行时间趋势分析,采用网格搜索法(grid search method, GSM)进行建模,采用 Monte Carlo 置换检验(permutation test)进行模型优选,采用 Bonferroni 法对统计学显著水平进行校正。检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 结 果

### 1 1999–2020 年全国血吸虫病疫情变化

1999–2020 年全国血吸虫病流行县(市、区)由 409 个增加至 450 个,增加 10%。1999 年全国(市、区)达到传播阻断标准、传播控制标准的流行县(市、区)分别有 238(58.19%)、56(13.69%)个,未达到控制标准的县(市、区)有 115 个(28.12%);2008 年全国未达到控制标准的流行县(市、区)0 个;2015 年全国流行县(市、区)达到传播控制标准和传播阻断标准分别为 343 个、110 个;2016 年全国达到消除标准的流行县

(市、区)有 169 个;直至 2020 年全国达到消除标准、达到传播阻断标准、传播控制标准的流行县(市、区)分别有 337(74.89%)、98(21.78)、15(3.33%)个(图 1)。

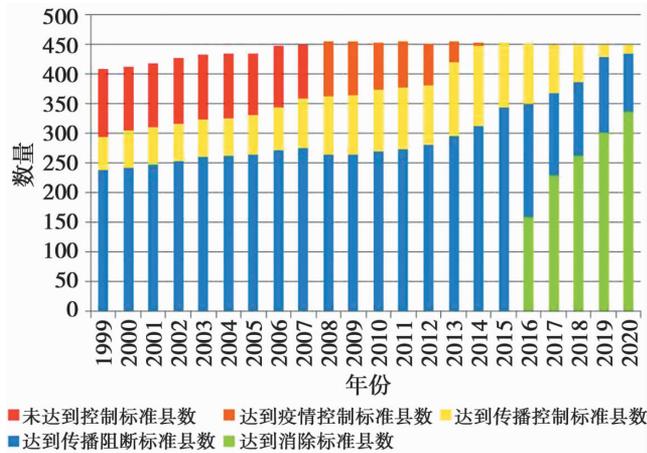


图 1 1999—2020 年全国血吸虫病疫情变化  
Fig. 1 Changes in the prevalence of schistosomiasis in China from 1999 to 2020

## 2 1999—2020 年全国居民血吸虫病病情

1999—2001 年资料无病人血检次数记录。2002—2020 年全国共开展血检查病 152 885 406 人·次,血检阳性 786 997 人·次,全国居民血检阳性率从 2002 年的 7.90%(490 390/6 208 090)下降至 2020 年的 1.58%(83 179/5 263 082)。2002—2020 年全国居民血检阳性率总体呈下降趋势,年均下降 8.6%(AAPC = -8.60%,  $P < 0.05$ ),居民血检阳性率在 2008 年出现 1 个拐点,分为 2 个阶段(2002—2008 年和 2008—2020 年),其中 2008—2020 年血检阳性率下降有统计学意义( $APC = -12.67%$ ,  $P < 0.05$ )(图 2)。

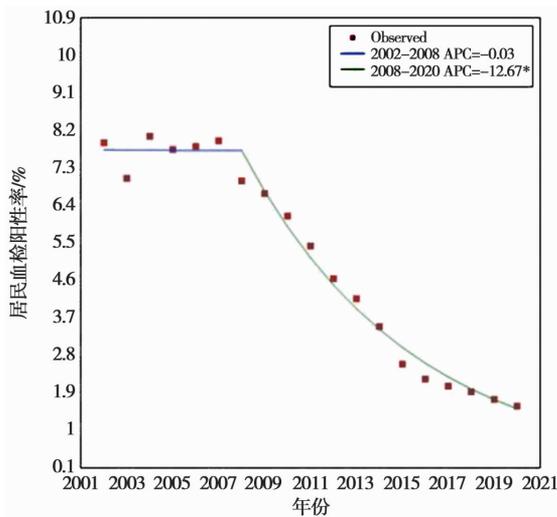


图 2 2002—2020 年全国居民血检阳性率变化趋势 Joinpoint 回归分析  
Fig. 2 Joinpoint regression analysis of trends in seroprevalence of human schistosomiasis in China from 2002 to 2020

1999—2020 年全国累计开展粪检查病 19 916 447 人·次,粪检阳性 757 666 人·次。1999 年粪检阳性率为 4.34%(75 033/1 729 379),2006 年上升至 11.10%,2014 年下降至 0.83%(2/11 492),2017 年起降至 0.00%。1999—2020 年全国居民粪检阳性率变化趋势有统计学意义,年均下降 14.1%(AAPC = -14.10%,  $P < 0.05$ ),居民粪检阳性率在 2007 年有 1 个拐点,分为 2 个阶段(1999—2007 年和 2007—2020 年),且 2 个时间段居民粪检阳性率变化均有统计学意义( $APC_{1999-2007} = 14.50%$ ,  $APC_{2007-2020} = -28.01%$ ,  $P < 0.05$ )(图 3)。

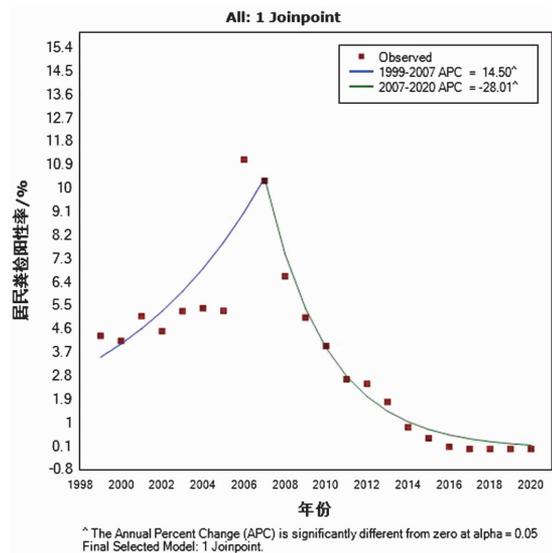


图 3 1999—2020 年全国居民粪检阳性率变化趋势 Joinpoint 回归分析  
Fig. 3 Joinpoint regression analysis of trends in egg-positive rates of human schistosomiasis in China from 2002 to 2020

## 3 1999—2020 年全国耕牛血吸虫病病情变化

1999 年全国血吸虫流行村耕牛存栏数 1 638 433 头,2003 年增至 1 803 808 头,2020 年减少至 544 424 头。1999—2012 年全国血吸虫防治资料未区分血清学检查与病原学检查结果,合计共检查耕牛 9 643 790 头·次,查出病牛 254 804 头·次。1999—2012 年耕牛阳性率年均下降 13.20%(AAPC = -13.20%,  $P < 0.05$ ),耕牛阳性率在 2004 年出现 1 个拐点,分为 2 个阶段(1999—2004 年和 2004—2012 年),其中 2004—2012 年耕牛阳性率下降有统计学意义( $APC = -22.42%$ ,  $P < 0.05$ )(图 4A)。

2013—2020 年累计血检查耕牛 213 9115 头·次,查出阳性 19 754 头·次,耕牛血检阳性率从 2013 年的 0.93%(2 765/298 286)下降至 2020 年的 0.22%(326/147 877),2013—2020 年耕牛血检阳性率年均下降 1.62%( $APC = AAPC = -1.62%$ ,  $P > 0.05$ )(图 4B)。2013—2020 年累计粪检查耕牛 1 428 036 头·次,查出阳性耕牛 1632 头·次,耕牛粪检阳性率从

2013年的0.29%(633/221 509)降至2020年的0(0/130 673),2013—2020年耕牛粪检阳性率年均下降19.69%(APC=AAPC=-19.69%, $P<0.05$ )(图4C)。

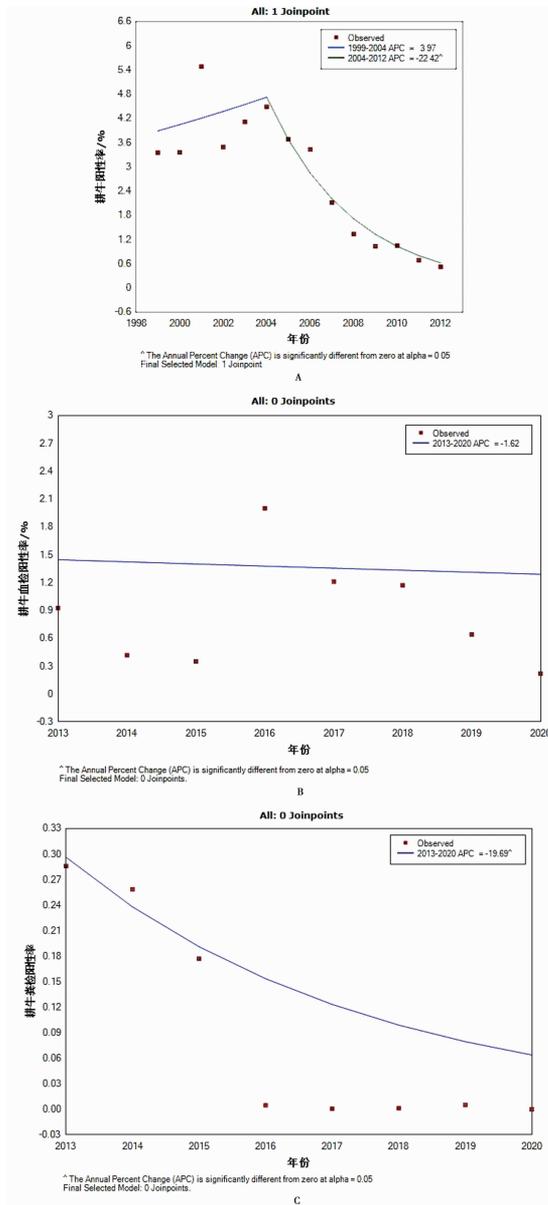


图4 1999—2020年全国耕牛阳性率变化趋势 Joinpoint 回归分析  
Fig. 4 Joinpoint regression analysis of trends in prevalence of schistosomiasis in bovines in China from 1999 to 2020

#### 4 1999—2020年全国螺情变化

1999—2001年无查螺总面积资料,2002—2020年累计查螺总面积10 913 904  $\text{hm}^2$ 。查出钉螺面积占查螺总面积比例年均上升1.5%(AAPC=1.5%, $P>0.05$ ),在2004年出现1个拐点,分为2000—2004年(APC=35.02%, $P<0.05$ )和2004—2020年(APC=-0.08%, $P<0.05$ )(图5)。2000—2020年湖沼型流行区有螺面积占有螺总面积比例年均无变化(AAPC=0%, $P>0.05$ ),在2013年出现1个拐点,分为2000

—2013年(APC=0.16%, $P<0.05$ )和2013—2020年(APC=-0.35%, $P<0.05$ )(图6A)。水网型流行区有螺面积逐渐较少,2000年占有螺总面积比例0.98%(3 363.70  $\text{hm}^2$ /344 600  $\text{hm}^2$ )下降至2020年的0.04%(140.24  $\text{hm}^2$ /364 950.24  $\text{hm}^2$ )。2000—2020年水网型流行区有螺面积占有螺总面积比例年均下降14.7%(AAPC=-14.7%, $P<0.05$ ),在2007年出现1个拐点,分为2个阶段(2000—2007年和2007—2020年),其中2000—2007年下降有统计学意义(APC=-34.36%, $P<0.05$ )(图6B)。山丘型流行区有螺面积有所增加,2000年山丘型有螺面积占总面积比例从4.31%(14 848.20  $\text{hm}^2$ /344 600  $\text{hm}^2$ )上升至2020年的5.30%(19328.45  $\text{hm}^2$ /364950.24  $\text{hm}^2$ )。2000—2020年山丘流行区有螺面积占有螺总面积比例年均增加1%(AAPC=1%, $P>0.05$ ),有3个趋势变化连接点,分为4个阶段,分别为2000—2005年(APC=3.02%, $P>0.05$ )、2005—2014年(APC=-5.12%, $P<0.05$ )、2014—2017年(APC=19.53%, $P<0.05$ )和2017—2020年(APC=-0.26%, $P>0.05$ )(图6C)。

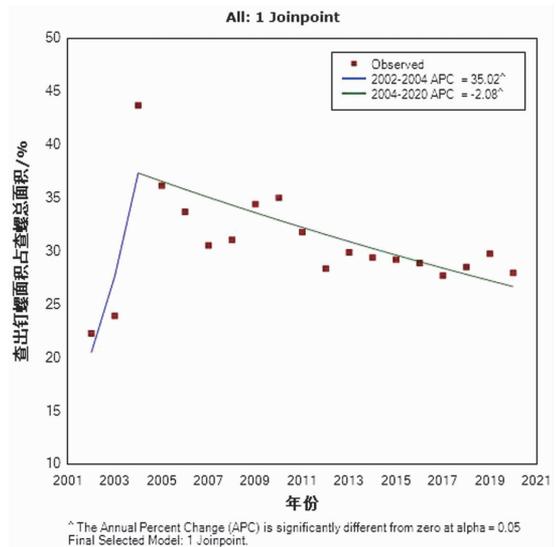


图5 2002—2020年全国查出钉螺面积占查螺面积比例变化趋势 Joinpoint 回归分析  
Fig. 5 Joinpoint regression analysis of trends in proportions of snail-infested areas in snail survey areas in China from 2002 to 2020

#### 讨论

血吸虫病是一种螺传介水、人兽共患传染病,保虫宿主种类繁多,包括牛、羊等多种哺乳动物,在世界范围内广泛分布。因此,血吸虫病传染源难以完全消除、传播途径无法彻底切断,传播风险持续存在,严重阻碍社会经济的发展、威胁公共卫生安全。本研究基于Joinpoint回归模型分析发现:2002—2020年全国居民血检阳性率年均下降8.6%(AAPC=-8.60%, $P<$

0.05), 1999—2020年全国居民粪检阳性率年均下降14.1% (AAPC = -14.10%,  $P < 0.05$ ); 1999—2012年耕牛阳性率年均下降13.20% (AAPC = -13.20%,  $P < 0.05$ ), 2013—2020年耕牛粪检阳性率年均下降19.69% (APC = AAPC = -19.69%,  $P < 0.05$ ); 2005—2020年查出钉螺面积占查螺总面积比例年均下降1.47% (APC = AAPC = -1.47%,  $P < 0.05$ )。表明近20年全国血吸虫病病情呈下降趋势, 中国血吸虫病防治防控工作取得显著成就。

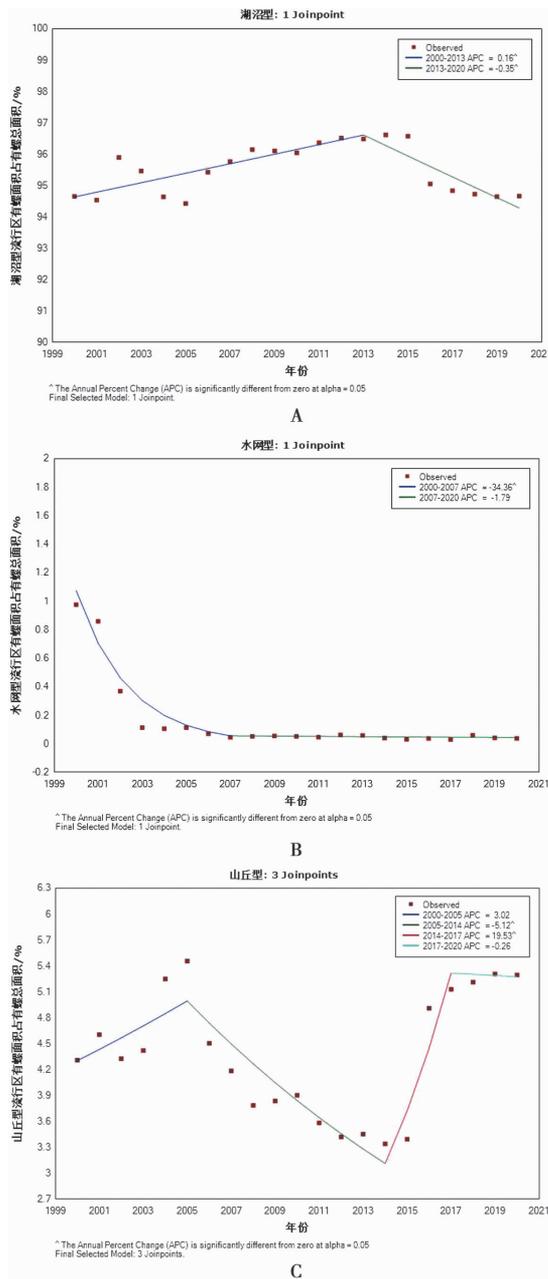


图 6 2000—2020 年不同类型流行区有螺面积占有螺总面积比例变化趋势 Joinpoint 回归分析

Fig. 6 Joinpoint regression analysis of trends in proportions of snail-infested areas in different epidemic types of areas in total snail-infested areas in China from 2002 to 2020

我国血吸虫病主要分布于我国长江流域及其以南

的 12 个省(区、市), 按地理环境和流行特点可将流行区分为湖沼型、水网型、山丘型 3 种类型。本研究基于 Joinpoint 回归模型分析发现: 2000—2020 年湖沼型流行区有螺面积占有螺总面积比例年均变化为 0% (AAPC = 0%), 水网型年均下降 14.7% (AAPC = -14.7%), 山丘型年均增加 1% (AAPC = 1%)。表明采取药物灭螺和环境改造等措施在水网型血吸虫流行区取得了显著的成效, 但在湖沼型地区、山丘型流行地区灭螺效果不甚理想。

通过 Joinpoint 回归模型发现: 在过去 20 年里, 居民血检阳性率有且在 2008 年出现 1 个拐点, 居民粪检阳性率有且在 2007 年出现 1 个拐点, 耕牛阳性率有且在 2004 年出现 1 个拐点, 查出钉螺面积占查螺总面积比例在 2004 年出现 1 个拐点, 湖沼型地区有螺面积占有螺总面积比例在 2013 年有且出现 1 个拐点, 水网型在 2007 年有且出现 1 个拐点, 山丘型地区有螺面积占有螺总面积比例在 2005 年出现 1 个拐点, 共有 7 拐点落在采取以传染源控制为主的综合防治策略时期 (2004—2015 年)。2004 年为解决人、畜重复感染、疫情回升等问题, 全国采取以控制传染源为主的综合性防治策略, 该策略认为人、畜粪便管理是控制血吸虫感染与再感染的可持续有效措施, 控制虫卵污染环境可有效减少感染性钉螺。

拐点之前, 1999—2007 年居民粪检阳性率上升 (APC = 14.50%), 1999—2004 年耕牛阳性率上升 (APC = 3.97%), 2000—2004 年查出钉螺面积占查螺总面积比例上升 (APC = 35.02%), 2000—2013 年湖沼型流行区有螺面积占有螺总面积比例上升 (APC = 0.16%), 2000—2007 年下降有统计学意义 (APC = -34.36%), 2000—2005 年山丘流行区有螺面积占有螺总面积比例上升 3.02% (APC = 3.02%)。拐点之前全国采取以化疗为主的策略, 然该策略防治效果不佳, 全国病人、耕牛血吸虫病疫情均未得到控制, 虽然在水网型血吸虫流行区钉螺面积比例下降, 但在湖沼型、山丘型血吸虫流行区钉螺面积比例仍在增长, 实践证明该时期采取的吡喹酮化疗策略的在湖沼型、山丘型血吸虫流行区不能有效控制血吸虫病传播进而不能阻断血吸虫病。

2016 年以来, 全国继续采取以传染源控制为主的综合防治策略, 开展精准血防行动, 强化血吸虫病监测工作。2016 年全国达到消除标准的流行县(市、区)有 169 个; 2020 年全国达到消除标准的流行县(市、区)有 337 (74.89%), 同期完成了《“十三五”全国血吸虫病防治规划》<sup>[11]</sup> 和《地方病防治专项三年攻坚行动方案 (2018—2020 年)》<sup>[12]</sup> 目标, 事实证明采取传染源控制为主的综合性防治策略, 可实现血吸虫病控制乃至消

除目标。

目前全国血吸虫病呈低度流行水平,但血吸虫病防治工作仍面临着诸多挑战。流行区钉螺孳生面积巨大,综合治理措施落实困难;家畜传染源控制难度大,疫情反弹风险较高;生态环境修复保护,增加钉螺扩散输入风险<sup>[13]</sup>。要达到《“健康中国 2030”规划纲要》提出的 2030 年全国所有流行县(市、区)达到消除血吸虫病标准的目标<sup>[14]</sup>,需强化血吸虫病疫情及风险评估,开展科学精准防控,在巩固血吸虫病防治成果的基础上稳步推进消除进程。

【参考文献】

[1] Mcmanus DP, Dunne DW, Sacko M, et al. Schistosomiasis[J]. Nat Rev Dis Primers, 2018, 4(1):13.

[2] World Health Organization; Schistosomiasis and soil-transmitted helminthiasis: numbers of people treated in 2018 [J]. Weekly Epidemiological Record, 2020, 50(94): 601-12

[3] 卫生计生委财政部等六部门联合印发《“十三五”全国血吸虫病防治规划》[J]. 中国应急管理, 2017, (03): 29-31.

[4] Zhou X, Wang L, Chen M, et al. The public health significance and control of schistosomiasis in China then and now[J]. Acta Tropica, 2005, 96(2): 97-105.

[5] Xian YC, Li YW, Ji MC, et al. Schistosomiasis control in China;

the impact of a 10-year World Bank Loan Project (1992-2001) [J]. Bull World Health Organ, 2005, 83(1): 43-48.

[6] Mao CP. A review of the epidemiology of Schistosomiasis Japonica in China[J]. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 1948, 5(5): 659-672.

[7] 郝阳, 郑浩, 朱蓉, 等. 2008 年全国血吸虫病疫情通报[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2009, 21(6): 451-456.

[8] 张利娟, 徐志敏, 钱额骏, 等. 2015 年全国血吸虫病疫情通报[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2016, 28(6): 611-617.

[9] 张利娟, 徐志敏, 杨帆, 等. 2020 年全国血吸虫病疫情通报[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2021, 33(3): 225-233.

[10] Kim HJ, Fay MP, Feuer E, et al. Permutation tests for joinpoint regression with applications to cancer rates[J]. Stat Med, 2000, 19(3): 335-351.

[11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. “十三五”全国血吸虫病防治规划[J]. 中国实用乡村医生杂志, 2017, 24(4): 5-8.

[12] 李石柱, 许静, 吕山, 等. 《地方病防治专项三年攻坚行动方案(2018-2020 年)》解读: 血吸虫病[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2018, 30(6): 601-604.

[13] 张利娟, 徐志敏, 戴思敏, 等. 2017 年全国血吸虫病疫情通报 [J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2018, 30(5): 481-488.

[14] 中国共产党中央委员会, 中华人民共和国国务院. “健康中国 2030”规划纲要[J]. 中华眼科杂志, 2018, 44(1): 11-22.

【收稿日期】 2022-08-21 【修回日期】 2022-10-08

(上接 1308 页)

[15] Hajibabaei M, Singer GA, Hebert PD, et al. DNA barcoding; how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics [J]. Trends Genet, 2007, 23(4): 167-172.

[16] 李娟, 李虎, 霍科科. 蚜蝇科昆虫比较线粒体基因组分析[J]. 汉中: 陕西理工大学学(自然科学版). 2019, 35(1): 74-79, 85.

[17] Folmer O, Black M, Hoeh W, et al. DNA primer for amplification of mitochondrial cytochrome oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates [J]. Mol Mar Biol Biotechnol, 1994, 3(5): 294-299.

[18] Wilson K, Cahill V, Ballment E, et al. The complete sequence of the mitochondrial genome of the crustacean Penaeus monodon: Are malacostracan crustaceans more closely related to insects than to branchiopods? [J]. Mol Bio Evo, 2000, 17(6): 863-874.

[19] Cao SY, Wu XB, Yan P, et al. Complete nucleotide sequences and gene organization of mitochondrial genome of *Bufo gargarizans* [J]. Mitochondrion, 2006, 6(4): 186-193.

[20] Hurst GD, Jiggins FM. Problems with mitochondrial DNA as a marker in population, phylogeographic and phylogenetic studies: The effects of inherited symbionts [J]. P Roy Soc B-Bio Sci,

2005, 272(1572): 1525-1534.

[21] Taylor RW, Turnbull DM. Mitochondrial DNA mutations in human disease [J]. Nature Rev Gene, 2005, 6(5): 389-402.

[22] Wallace DC. A mitochondrial paradigm of metabolic and degenerative diseases, aging, and cancer: a dawn for evolutionary medicine [J]. Annu Rev Genet, 2005(39): 359-407.

[23] 孔里微. 三种叶螨的线粒体基因组进化机制研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2016, 5-25.

[24] 陈英, 罗朝兵, 李沅秋, 等. 象甲科线粒体基因组特征及系统发育分析[J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(6): 1297-1310.

[25] 陈志腾, 杜予州. 昆虫线粒体基因组重排的研究进展[J]. 环境昆虫学报. 2016, 38(4): 843-851.

[26] Boore JL, Brown WM. Big trees from little genomes: Mitochondrial gene order as a phylogenetic tool [J]. Curr Opin Genet Dev, 1998, 8(6): 668-674.

[27] Cameron SL. Insect mitochondrial genomics; Implications for evolution and phylogeny [J]. Annu Rev Entomol, 2014(59): 95-117.

【收稿日期】 2022-06-30 【修回日期】 2022-08-20