

血吸虫病医学地理研究的回顾与展望

赵 安, 蒋梅鑫, 简敏菲, 倪才英

(江西师范大学, 南昌 330022)

摘 要:医学地理研究由来已久,但地理学界血吸虫病医学地理研究相对薄弱,而且多是非地理专业人员在从事相应工作。本文首先从血吸虫病流行传播的机理出发,分析了血吸虫病医学地理的主要研究内容,认为钉螺滋生地与血吸虫病疫情的监测和预测是血吸虫病医学地理研究的主要内容;其次系统总结了气象气候因子、土壤植被因子、地貌高程因子、水文水力因子、人文经济因子对血吸虫生命史及其宿主的影响,并视其为血吸虫病医学地理研究的基础;然后回顾了近年国际、国内运用遥感、GIS技术和统计学方法(包括地统计学方法)进行钉螺滋生地与血吸虫病疫情确定的主要研究手段,归纳了7类钉螺滋生地预测方法和5类血吸虫病疫情预测方法;最后剖析了目前血吸虫病医学地理研究面临的主要挑战和未来血吸虫病医学地理研究努力方向。

关 键 词:血吸虫病医学地理;地理环境因子影响;遥感/GIS应用;挑战与前景

血吸虫病仍然是当今世界一个主要的公共卫生问题,全世界估计有2亿人口受感染,近年受感染的或受到感染威胁的人数并没有减少^[1]。从2006年全国血吸虫病的地区分布来看,在中国南方12个血吸虫病流行省(自治区、直辖市)中,上海、浙江、福建、广东、广西已达到传播阻断标准,以湖沼型流行区为主的江苏、安徽、江西、湖北、湖南5省和以山丘型流行区为主的四川、云南2省尚未达到疫情控制标准^[2]。血吸虫传播过程的各个环节和因子都与其孳生的地理环境有着直接或间接的关系,血吸虫病之所以能在一个区域存在、繁衍并流行与该地自然、人文地理条件适宜血吸虫病原体 and 寄生宿主的生长发育有密切关系。从医学地理角度进行血吸虫病流行传播研究将为血吸虫病的预防与防治提供一条新的有效途径。

1 主要研究内容、疫区范围与类型

1.1 血吸虫病医学地理的主要研究内容

得了血吸虫病的病畜、病人粪便中含有的血吸虫虫卵在一定温度下(比如室温25~27℃)孵化成毛蚴;钉螺被毛蚴感染后即变成阳性钉螺,在阳性钉螺中寄生的毛蚴经过一定的生长发育时期(一般60

天左右)排出对人体、牲畜具有感染能力的尾蚴;尾蚴在水中扩散之后就形成了疫水,疫水的空间分布形成了血吸虫病传播的易感地带;疫水中尾蚴的密度与感染活性就决定了易感等级;牲畜与人在易感地带的空间活动范围与活动强度产生了感染血吸虫病的接触强度;接触强度与易感等级的空间组合产生了血吸虫病感染风险^[3]。钉螺(包括阳性钉螺)的分布范围与密度、易感地带的范围与等级、牲畜与人的空间活动规律(决定血吸虫虫卵分布与疫水接触强度)共同构成了血吸虫病流行传播的关键因子。

在这个过程中,血吸虫生活史中的虫卵、毛蚴和尾蚴在地理环境中的存活主要取决于气候要素(气温与水分),而且在地理环境中暴露的时间非常短暂,血吸虫的大部分生命史都是在寄生宿主体内生存。血吸虫成虫寄生的终宿主牲畜与人类是广谱的,几乎所有哺乳类动物都可以;血吸虫幼虫寄生的中间宿主钉螺则是唯一的^[4]。钉螺对自然地理环境条件的要求相对比较苛刻(特别是对动态水文条件的要求),成为血吸虫病流行传播过程中的一个薄弱环节,钉螺的时空分布规律成为血吸虫病医学地理研究的重要内容之一。另一方面,从血吸虫病医学地理的目标——人类健康的角度来说,血吸虫

收稿日期:2009-07;修订日期:2009-11.

基金项目:国家自然科学基金项目(40861021)、国家社会科学基金“十一五”2008年度教育学一般课题(BLA080064)。

作者简介:赵安(1963-),男,江西南昌人,教授,博士,主要从事地理学、GIS&RS、生态环境与公共卫生等领域研究。

E-mail:zhaoan@hotmail.com

病人和病牛的比率是衡量一个地区“是否达到传播阻断标准”的依据(不仅反映病人病牛数量,而且也决定了疫区可能提供的血吸虫虫卵的数量),因此,研究血吸虫病流行传播关键因子——易感等级、接触强度和感染风险的时空分异规律与强度等级成为血吸虫病医学地理研究中更为重要的研究内容。

1.2 中国血吸虫病疫区范围与类型

血吸虫的生存和血吸虫病的流行离不开人类生存的自然地理环境与社会经济地理条件,构成了血吸虫病医学地理研究的客观前提,也是从地理学角度进行血吸虫病空间分异规律研究的窗口。已有研究表明^[5],中国血吸虫病流行县的分布范围在长江流域及其以南的 12 个省、市、自治区,地理位置 $22^{\circ}20' \sim 33^{\circ}20'N$, $99^{\circ}04' \sim 121^{\circ}51'$ 。根据地理环境、钉螺分布特点和流行特征可将血吸虫病疫区类型划分为湖沼型、水网型和山丘型三种疫区。湖沼型主要分布在长江中下游及诸湖泊洪泛区,钉螺一般分布在 4 月初水位与一般洪水位之间的辽阔滩地上,空间分布上具有相对固定的高程和连续成片;易感地带主要分布在离居民点较近、人畜常到、粪便污染严重、钉螺密度较高的位置上。水网型主要分布在长江与钱塘江之间的长江三角洲广大平原上,河流纵横、水流缓慢、杂草丛生,钉螺沿水系呈线状分布,如河道、沟渠、塘堰及其相连的稻田上,流行区常连成一片。山丘型环境较为复杂,丘陵山区和山间盆地都可能分布,四川、云南、广西、福建的血吸虫病流行区都是典型的这类区域,流行区海拔相差悬殊,钉螺一般沿水系自上而下呈不规则分布,具有明显的单元性,易感地带面积较小,但与生产和生活关系密切^[6]。

2 地理环境对血吸虫生命史及其宿主地理分布的影响

2.1 气象、气候因子

主要包括温度、日照、降水、湿度、风向、风速等方面。极端最高与最低温度直接影响到血吸虫生命史各个阶段的存活率,也影响到血吸虫寄生宿主(特别是钉螺)的冬眠、夏蟹,甚至存活率;而且,血吸虫生命史各阶段和钉螺的生长发育都有一个最适温度范围,超出这个范围将影响到其生长发育的速度。毛蚴具有趋光反应,Takahaschi 等^[7]研究发现在水温 $10^{\circ}C$ 以下或 $35^{\circ}C$ 以上时,毛蚴无向光反应,

在 $15^{\circ}C$ 时对任何强度的光均有向光性,在 $15 \sim 34^{\circ}C$ 时,毛蚴只对一定的光强才有向光反应。尾蚴脱离钉螺之后拥有向光性,而且在 $25^{\circ}C$ 时可存活 23 小时,最适合的水体 pH 值是 $6.6 \sim 7.5$ ^[8]。降水与湿度直接影响到血吸虫虫卵的孵化、钉螺的繁殖发育、尾蚴的逸出与生存;风向风速则可能影响到尾蚴的空间分布、密度差异以及感染能力。

2.2 植被、土壤因子

植被可以保持土壤潮湿、调节温度和遮阴,为钉螺提供食物。植被种类在很大程度上反映了其它自然因素,如光照、温度、水分、土壤等其它因子的空间分布^[9]。因此,在血吸虫病流行地区进行地面植被分布情况的分析能够较为综合地反映钉螺的生态环境,成为监测钉螺分布的重要指示因子。在鄱阳湖区域,以莎草为主组成的植物群落,其钉螺分布密度高于苔草群落和狗牙根群落;植被高度、盖度越大,钉螺分布面积越大^[10-11]。

土壤因子包括土壤湿度、含水率、理化性状等方面。研究^[12,13]表明,钉螺适宜在土壤湿度适中的环境中生活,在炎热的夏天,钉螺也有暂短时间移居水中的现象;在土壤含水率小于 28% 的情况下,钉螺趋向于地表凹凸不平的环境,当土壤含水率大于 28% 时,钉螺则明显趋向于地面平整的环境;可溶性盐、亚硝酸盐、硫和水体中磷含量在有螺环境明显高于无螺环境;钉螺分布与土壤比重、容重成直线负相关,而与总空隙性为直线正相关。

2.3 地貌、高程因子

地貌因子可以通过控制水系类型、水淹时间与频率等方面来影响钉螺的空间分布,进而影响到易感地带的空间分布,形成不同的血吸虫病流行疫区类型。水系类型主要影响钉螺的空间分布,水淹时间与频率则影响到钉螺的繁殖、发育和整个生命周期循环过程,同样会影响到血吸虫病的传播范围与流行强度。海拔高程与水系条件组合可大致决定钉螺孳生环境的空间分布,但钉螺分布高程并非由当年水位变化决定,而是历年水位综合作用的结果,因此有螺高程一般相对稳定,年间变化不大,高围与堵汉灭螺就是通过控制水位,改变草洲水淹天数,以彻底改变钉螺孳生环境来实现灭螺的^[14]。

2.4 水文、水力因子

水文水力条件主要影响到毛蚴对钉螺、尾蚴对哺乳动物的感染能力。毛蚴的期望寿命在 $15^{\circ}C$ 时最长,为 16 小时,感染率最大在 $25^{\circ}C$,而且流速增大

可以提高毛蚴感染钉螺的能力,因此,钉螺可以在流速大、毛蚴密度低的地方获得感染^[15]。幼螺主要浮于水面随水扩散,成螺可以倒悬水面随水迁移,在汛期,幼螺可借助水的流动,以浮游、漂游和吸附于漂浮物的形式扩散到很远。但是,高速旋转的水流、高光照强度、噪声及红色光照等可使钉螺脱落于载体。罗茂林等^[16]调查望城县4块江洲滩上30个“迷魂阵”捕鱼网具,查获钉螺1310只,其中成螺850只,幼螺460只,感染性钉螺24只,每个网具上平均43.7只,可以推测这是引起钉螺扩散致使洲滩重新成为血吸虫流行区的主要原因。孙乐平等^[17]研究认为滩块从局部有螺到全滩有螺的平均时间为4.33年,钉螺潜入早期以面积增长为主,面积扩散到一定程度再转变为以螺口增长为主。

2.5 人文、社会因子

人文因子中的风俗习惯、文化背景、受教育状况等方面都可能影响到血吸虫病传播的强度。血吸虫病流行与传播不仅受血吸虫病易感地带的易感等级影响,而且还取决于易感等级与人类疫水接触强度组合产生的血吸虫病感染风险。易感等级是自然界客观存在的对人类的潜在危险,但要影响到人类,还必须要有有一定的人为疫水接触强度的空间组合才能起作用。已有研究表明^[18]:鄱阳湖区洲岛型血吸虫病流行区居民疫水接触男性以生产性接触疫水为主;成年女性生产性接触疫水和生活性接触疫水并重;青少年主要为嬉戏性接触疫水。而且,人文因子中的居民卫生意识、卫生习惯等也在一定程度上可以影响血吸虫虫卵的数量与空间分布,进而影响到易感地带的分布范围与易感等级。

2.6 经济因子

血吸虫病疫区的经济发展水平不但可以决定当地的卫生设施等影响血吸虫病流行传播的关键因子,而且可以影响到疫区居民的生产与生活方式。比如在在疫区加大资金投入,广泛普及自来水设施可以大大减少生活方面的疫水接触,而“封洲禁牧、以机带牛”则可以大大减少生产方面的疫水接触。因此随着区域经济的发展、乡村卫生设施的条件的改善、血吸虫孳生环境管理水平的提高,血吸虫病感染风险将自然降低,以至达到流行的完全阻断。血吸虫病感染风险不但取决于一个区域的病人、病牛数,而且在很大程度上可以影响到疫区可提供的血吸虫虫卵数目。

3 遥感与GIS在血吸虫病医学地理研究中的应用

自从国际上Cross等^[19]于1984年用气象数据和陆地卫星资料在菲律宾进行血吸虫病流行区预测,国内陈述彭等^[20]于1991年利用陆地卫星和NOAA卫星资料进行与中国大陆钉螺栖息地有关的中国东南湿润生态带划分之后,遥感、GIS技术已经成为血吸虫病空间流行研究的重要工具,使血吸虫病医学地理在血防工作上发挥了重要作用。根据应用的目的和对象,可以将遥感、GIS应用归纳为中间宿主钉螺和血吸虫病疫情两个方面。

3.1 确定钉螺栖息地

根据研究方法的不同可以将钉螺栖息地的确定方法分为以下几个方面:

(1)钉螺孳生环境解译与制图:这类研究主要是把钉螺孳生环境作为陆地表面的一种地物类型(landcover),在遥感影像上建立判译标志,进行室内判读,然后进行实地验证^[21];或者采用间接解译法,根据相关地理因子图层,在相关分析与主导因素分析基础上采取多图件逐步套合方法,结合地面钉螺抽样调查和钉螺被动扩散等非遥感信息进行多信息复合,编制钉螺孳生环境分布图^[22]。

(2)根据气象因子确定和预测钉螺的地理分布:把钉螺分布图与区域气象因子图进行空间叠加,通过回归分析,研究钉螺分布与气象因子的吻合程度和相关程度,进而确定气象因子与钉螺滋生地的空间关系^[23-24]。

(3)基于遥感影像提取信息确定钉螺滋生地:这类研究主要是基于遥感影像上钉螺滋生地在可见光与近红外波段的多光谱数据提取的标准差植被指数(NDVI)、穗帽变换绿色植被指数(GVI)和亮度指数(BI)值等参数的统计区间,来进行钉螺滋生地的识别^[25,26]。

(4)基于非监督分类的钉螺滋生地地物分类方法:认为钉螺滋生地在陆地表面可以形成一个特定地类,在遥感影像上具有一定的光谱特性,因此可以用遥感图像处理软件进行计算机自动提取而直接分类得到^[27-28]。

(5)洪水期间遥感影像的钉螺滋生地动态变化监测:与上述第(3)类与第(4)类方法相似,基于遥感

影像提取的参数并假定某时相遥感影像提取的参数在一定阈值范围内属于钉螺滋生地,多个时相遥感影像合成之后可以形成彩色合成图^[29-30]。

(6)用统计与回归相关分析建立环境因子与钉螺滋生地间的关系模型。从简单的统计分析到回归相关分析,再到地统计学的分析,目的是用环境因子指标来解释钉螺分布的空间变异信息,最终建立钉螺密度与地理环境因子之间的关系表达式,其中地理环境因子主要有植被指数、湿度指数与气象因子^[31-32],土地覆被/土地利用信息^[33]。高程、植被和土壤信息等^[34]。

(7)知识驱动的计算机自动解译钉螺孳生环境模糊分类。鉴于钉螺滋生地与多种地理环境因子具有的内在联系和以往计算机自动分类只是基于遥感光谱信息的局限,以及分类结果的非完全条件约束特性,根据钉螺的生活习性和前人研究成果,进行了知识驱动的钉螺滋生地遥感预测^[35]。

3.2 确定和预测血吸虫病疫情

按照研究的方法与涉及变量指标的不同可以将血吸虫病疫情预测方法归为以下几类。

(1)血吸虫病疫情制图与空间自相关分析:一般基于血吸虫病疫情数据,辅以其它地理环境要素,用GIS软件进行空间制图,成果主要用于疫区范围确定、疫区地域类型划分、时间纵向分析和空间自相关分析等^[36-37]。

(2)大范围血吸虫病传播指数模型:根据血吸虫生命史过程对地理环境因子的要求,用可能获得的地理环境数据,通过数学模型对血吸虫病的疫情进行早期的评估和预报。目前用于大范围血吸虫流行传播指数计算的模型还只能精确到气象气候因子上,其它地理因子(如土壤、植被和人文因子等)由于空间变异大,目前暂时无法加入到模型中^[38-39]。

(3)血吸虫生命史与寄生物主的空间移动与数量模型:着眼于血吸虫生命史各阶段和寄生物主之间的空间运移和数量关系,其它有关环境因子只是作为影响的外部原因,关键是确定数学模型中的参数^[40-41]。

(4)血吸虫病流行与地理环境因子空间关系的回归相关分析和贝叶斯模型:既有研究血吸虫病疫情与自然地理要素(包括气候、水文、植被、高程、土壤、土地等)间的空间关系^[42-43],也有研究血吸虫病疫情与人文地理要素(包括人口、年龄、性别、社会地位、收入、教育、城市化等)间的空间关系^[44-45]。

(5)小范围血吸虫病疫情与钉螺滋生地及疫水接触的关系研究:基于钉螺是血吸虫病流行传播的唯一宿主,钉螺(特别是阳性钉螺)的分布在很大程度上可以决定血吸虫病易感地带的空间分布,从而决定血吸虫病疫情的空间格局。于是,钉螺(阳性钉螺)与疫水分布的空间位置、哺乳动物的疫水接触规律等成为血吸虫病疫情空间格局研究的成因要素^[46-47]。

4 血吸虫病医学地理研究的主要挑战与发展前景

表面看来,上述研究大多是非地理专业的研究成果,但仔细分析可以发现这些成果自觉或不自觉地对血吸虫病的流行传播与地理环境因子产生了联系,使血吸虫病医学地理的研究内容与方法体系日趋明晰,也使地理专业人员开展血吸虫病医学地理研究的时机日趋成熟。不过由于血吸虫病医学地理的大量基础研究与数据获得离不开血防部门的专业知识和检测设备,构成今后血吸虫病医学地理研究的主要挑战。

4.1 血吸虫病医学地理研究的主要挑战

(1)数据统计单元与自然地理因子的边界条件不一。上述研究的基础数据如果不是特别的研究需要和预先规定,一般都没有地理空间定位,有些数据的采集与统计主要是以行政单元为基本单元,与自然地理因子边界条件不一致,造成一些地理因子相关分析的困难。

(2)空间数据采集方案的特定要求和空间数据库建设。血吸虫病医学地理研究涉及的数据可以大致分成两类,一类是地理环境要素数据,是地理科学的任务;另一类是寄生虫(病)数据,由血防部门地利工作者一道完成,不仅涉及数据空间定位,还涉及到为医学地理研究目的而要求的特定数据采集方案的制定、数据的预处理和空间数据库建设等。

(3)基础数据的专业性和调查的风险性。寄生虫(病)数据涉及到血吸虫生命史不同阶段和寄生物主,对地理工作者来说属于不同学科。有些数据的采集还有一定的感染风险性(如野外钉螺调查工作、钉螺解剖实验等),对地理工作者是一大挑战。

(4)专业数据调查费用较高,存档数据相对比较零散,缺乏系统性。由于实地调查的人力、物力和财力消费很高,时间周期较长、空间精度不高,调查的

空间范围有限,很难从地理学上研究其空间分异规律。很多与血吸虫病流行传播有关的地面实测数据、行业专题数据等没有很好地结合到地理信息系统平台上,建立相应的GIS模型。

(5)钉螺滋生地和疫情的监测、预测方法问题。目前对钉螺的遥感监测大多基于有限的信息来源(主要是遥感影像的光谱信息和地面气象信息),很多与钉螺孳生地有关的地理环境信息没有得到应有重视,研究成果只能对血防部门提供一些决策参考,离实际应用还有差距。而对血吸虫病疫情的预测可分为确定性方法与统计学方法,前者主要适合于大范围的研究,小范围的研究模型由于考虑因子的不完备和数学模型参数难以确定,计算结果与实际疫情出入较大;统计学方法由于因子间成因机理上的复杂性,计算结果能够解释的疫情空间变异信息比例不是很高,计算结果的实际意义有限。

4.2 血吸虫病医学地理研究的发展前景

基于上述血吸虫病医学地理研究面临的主要挑战,地理工作者应该从以下几个方面来加强血吸虫病医学地理的研究。

(1)加强与疾病预防控制和血防部门的合作研究。血吸虫病医学地理涉及到的很多寄生虫基础数据对地理专业来说都是非常专业的,因此数据采集离不开有关部门的协作和支持,不仅数据采集方法具有一定的专业要求,而且还有一定的感染风险。

(2)改进与优化钉螺野外调查的方法。目前中国的钉螺野外调查方法有系统调查法与环境调查法,每个样点的大小都是 $0.33\text{ m}\times 0.33\text{ m}=0.11\text{ m}^2$ (一般每10–50 m一个点、一条线),这种方法费工费时,有必要从统计学方法和地理学的尺度转换理论上对这种调查方法进行改进,以减少野外调查的实际工作量。

(3)不断积累血吸虫病疫区专题地理数据和基础地理数据。地理因子对血吸虫生命史及其宿主的影响是血吸虫病医学地理研究的基础,定量模型需要定量参数,一般的定性研究是不够的。不管是钉螺栖息地和钉螺密度的预测还是血吸虫病疫情的空间模拟,都离不开疫区详细的地理数据库建设的支持。

(4)充分利用遥感影像中的非光谱信息。在目前血吸虫病医学地理研究中,不管是钉螺滋生地的监测还是血吸虫病疫情的预测,都有很多模型涉及到遥感影像的应用,而这些应用其实都只是用到了光

谱信息,其它的非光谱信息(如空间距离、各类空间关系等)基本没有用上,造成信息浪费,今后应在GIS平台上充分利用各方面信息。

(5)不断改进与完善确定性模型的构建。至今为止,血吸虫病的流行传播过程及其机理已经非常明确,我们不应该把主要精力用在适合于内部机理不甚清楚的现象与过程的统计学研究方法上,而应该把重点放在确定性模型上,尽可能地完善现有的确定性模型,并努力探索新的确定性模型。

(6)用动态观点看待钉螺与血吸虫病疫情的空间分布。不管是钉螺分布还是血吸虫病疫情都不是静止不变的。环境改造对血吸虫病流行消长具有明显影响,如排涝、晒滩、改变耕作方式、水渠水泥化(减少水草生长)、弱化钉螺孳生地、通过施肥改变水田的pH值、冬季犁田晒冬等,这些措施势必会影响血吸虫的生长发育,进而影响血吸虫病的流行分布范围。加上病人病牛服药杀虫等人文、社会经济因素影响,更是增加了这种空间变异的复杂性。

参考文献

- [1] Engels D, Chitsulo L, Montresor A, et al. The global epidemiological situation of schistosomiasis and new approaches to control and research. *Acta Tropica*, 2002, 82: 139–146.
- [2] 郝阳, 吴晓华, 郑浩, 等. 2006年全国血吸虫病疫情通报. *中国血吸虫病防治杂志*, 2007,(6):326–328.
- [3] Zhao A, Bao S M, Gong P. Susceptibility and infection risk of Schistosomiasis disease. *Geographic Information Sciences*, 2006, 12(1): 44–50.
- [4] 林涛, 姜庆五. 遥感数据在钉螺生态学和血吸虫病流行病学研究中的应用. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2003, 14(6):475–476.
- [5] 袁鸿昌, 张邵基, 姜庆五. 血吸虫防治理论与实践. 上海: 复旦大学出版社, 2003: 116.
- [6] 中华人民共和国卫生部地方病防治司: 血吸虫病防治手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1990: 37–45, 55–79.
- [7] Takahaschi T, Mori K, Kiseichugaku Z, et al. Phototactic, thermotactic and geotactic responses of miracidia of *Schistosoma japonicum*. *Japanese Journal for Parasitology*, 1961 (10): 686–691.
- [8] 周述龙, 林建银, 蒋明森. 血吸虫学(2版). 北京: 科学出版社, 2001: 146–148.
- [9] 袁鸿昌, 张邵基, 姜庆五. 血吸虫防治理论与实践. 上海: 复旦大学出版社, 2003: 119–120, 123.
- [10] 林涛: 利用遥感图像对湖沼型血吸虫病疫区洲滩植被的聚类分析. *中华预防医学杂志*, 2001,(5):312–314.
- [11] 钟久河, 张绍基, 刘志德, 等. 鄱阳湖钉螺分布与植被、土

- 壤关系的研究.中国血吸虫病防治杂志,1995,7(4): 206–209.
- [12] 张旭东,杨晓春,彭钺华.钉螺分布与滩地环境因子的关系.生态学报,1999,19(2): 265–269.
- [13] 钱晓红,杨筠,陈琳,等. 安宁河流域钉螺孳生地微环境理化因素研究. 现代预防医学,2000,27(1): 15–17.
- [14] 林丹丹,张邵基.鄱阳湖区地理环境与血吸虫病传播.中华流行病学杂志,2002,23(2): 90–93.
- [15] 何尚英,刘惠生,许正元,等.日本血吸虫毛蚴与钉螺感染率关系的计量研究.中国血吸虫病防治杂志,1989,1(1): 28–31.
- [16] 罗茂林,黄德强,纪明亮,等.湘江望城段洲滩“迷魂阵”捕鱼网具携带钉螺情况的调查. 中国血吸虫病防治杂志,2002,14(1): 58–59.
- [17] 孙乐平,周晓农,洪青标,等.长江下游江滩地区血吸虫病再流行规律的研究: I 钉螺的迁入与消长. 中国血吸虫病防治杂志,2001,13(4): 213–215.
- [18] 周艺彪,赵根明,顾弋安,等. 血吸虫病垸内型和洲岛型流行区居民接触疫水方式聚类分析. 疾病控制杂志,2003,7(3):194–197.
- [19] Cross E R, Perrine R, Sheffield C, et al. Predicting areas endemic for schistosomiasis using weather variables and landsat database. *Military Medicine*, 1984, 149 (3): 342–544.
- [20] Chen S, Hu J. Geo-ecological zones and endemic diseases in China: A sample study by remote sensing. *Preventive Veterinary Medicine*, 1991, 11:335–344.
- [21] 李钟武,袁佩新,印仁高,等.应用遥感技术确定钉螺生态环境分布区的研究.环境科学学报,1990,10(2):217–225.
- [22] 涂敏,王庆云. 湖沼钉螺孳生环境分布的遥感调查研究. 长江流域资源与环境, 1995,4:81–85.
- [23] 郑英杰,姜庆五,赵根明,等. 空间叠加技术分析气象条件在钉螺分布中的作用. 中国公共卫生,1998,14:724–725.
- [24] 彭文祥,张志杰,周艺彪,等.基于空间分析预测钉螺分布的气温指标研究. 中国血吸虫病防治杂志,2006,18(3):182–184.
- [25] Guo J G, Penelope V, Cao C L, et al. A geographic information and remote sensing based model for prediction of *Oncomelania hupensis* habitats in the Poyang Lake area, China. *Acta Tropica*, 2005, 96: 213–222.
- [26] 张世清,姜庆五,汪天平,等.遥感技术用于洲滩型血吸虫病流行区钉螺孳生地生态的监测.中华预防医学杂志. 2003,37(5):331–334.
- [27] 姜庆五,林丹丹,刘建翔,等.应用卫星图像对江西省蚌湖钉螺孳生草洲植被的分类研究, 中华流行病学杂志. 2001,22(2):114–115.
- [28] 张治英,徐德忠,周晓农,等. 应用 LANDSAT ETM+ 图像监测江宁县江滩钉螺孳生地. 第四军医大学学报,2003,24(2):139–142.
- [29] Zhou X N, Lin D D, Yang H M, et al. Use of landsat TM satellite surveillance data to measure the impact of the 1998 flood on snail intermediate host dispersal in the lower Yangtze River Basin. *Acta Tropica*,2002,82:199 – 205.
- [30] 高扬,张晓波,何日,等,应用钉螺孳生地分布模型预测 1998 年特大洪水对扬州市江滩钉螺分布的影响. 中国血吸虫病防治杂志, 2001,13(5): 285–288.
- [31] Kristensen T K, Malone J B, McCarroll J C. Use of satellite remote sensing and geographic information systems to model the distribution and abundance of snail intermediate hosts in Africa: A preliminary model for *Biomphalaria pfeifferi* in Ethiopia. *Acta Tropica*, 2001, 79: 73–78.
- [32] Zhang Z Y, Xu D Z, Zhou X N, et al. Remote sensing and spatial statistical analysis to predict the distribution of *Oncomelania hupensis* in the marshlands of China. *Acta Tropica* 2005, 96: 205–212.
- [33] Xu B, Gong P, Biging G, et al. Snail Density Prediction for Schistosomiasis Control Using Ikonos and ASTER Images. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2004, 70 (11):1285–1294.
- [34] Zhang Z J, Ong S H, Peng W X, et al. A model for the prediction of *Oncomelania hupensis* in the lake and marshland regions, China. *Parasitology International*, 2008,57: 121–131.
- [35] Zhao A, Bao S M. A preliminary knowledge-driven prediction model of snail distribution in the Poyang Lake region. *Chinese Science Bulletin*, 2008, 53(1): 115–123.
- [36] 杨国静,周晓农,汪天平,等. 安徽、江西及江苏 3 省血吸虫病患者与钉螺分布的空间自相关分析.中国寄生虫学与寄生虫病杂志,2002,20(1):6–9.
- [37] Zhang Zhijie, Tim E C, Yue Chen, et al. Identifying high-risk regions for schistosomiasis in Guichi, China: A spatial analysis. *Acta Tropica*, 2008,107: 217–223.
- [38] 周晓农,胡晓抒,孙宁生,等.地理信息系统应用于血吸虫病的监测(II): 流行程度的预测.中国血吸虫病防治杂志,1999,11(2):66–70.
- [39] Zhao A, Gong P, Bao S M. A readapted Malone Schistosome transmission index model. *Acta Tropica*,2009,109: 98–102.
- [40] Maszle D R, Whitehead P G, Johnson R C, et al. Hydrological studies of schistosomiasis transport in Sichuan Province, China. *The Science of the Total Environment*, 1998, 216:193–203.
- [41] Liang S, Maszle D, Spear R C. A quantitative framework for a multi-group model of Schistosomiasis japonicum transmission dynamics and control in Sichuan, China. *Acta Tropica*, 2002, 82: 263–277.
- [42] Clements A C A, Lwambo N J S, Blair L, et al. Bayesian spatial analysis and disease mapping: tools to enhance planning and implementation of a schistosomiasis control

- programme in Tanzania. *Tropical Medicine and International Health*, 2006, 11(4): 490–503.
- [43] Malone J B, Yilma J M, McCarroll J C, et al. Satellite climatology and the environmental risk of *Schistosoma mansoni* in Ethiopia and east Africa. *Acta Tropica* 2001, 79: 59–72.
- [44] Clements A C A, Moyeed R, Brooker S. Bayesian geostatistical prediction of the intensity of infection with *Schistosoma mansoni* in East Africa. *Parasitology*, 2006, 133: 711–719.
- [45] Clements A C A, Brooker S, Nyandindi U, et al. Bayesian spatial analysis of a national urinary schistosomiasis questionnaire to assist geographic targeting of schistosomiasis control in Tanzania, East Africa. *International Journal for Parasitology*, 2008, 38: 401–415.
- [46] Julie A C, Peter L M, Eric M M, et al. Spatial and temporal variations in local transmission of *Schistosoma haematobium* in Msambweni, Kenya. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 2006, 75(6):1034–1041.
- [47] Zhao A, Bao S M, Gong P. Susceptibility and infection risk of schistosomiasis disease. *Geographic Information Sciences*, 2006(1): 44–50.

Progress and Prospects of Schistosomiasis–medical Geography

ZHAO An, JIANG Meixin, JIAN Minfei, NI Caiying

(Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China)

Abstract: Medical geography has a long research history, nonetheless schistosomiasis–medical geography is relatively laggard in the field of Geography, where a lot of study was made by non–geographical professionals. This paper first studied the basic connotation and the principal contents of Schistosomiasis–medical Geography according to the mechanism of schistosomiasis transmission. Monitoring and prediction of snail habitats and schistosomiasis epidemicity were regarded as the principal study contents of Schistosomiasis–medical Geography. Second, connection of geographical factor pairs of meteorology and climatology, soil and vegetation, geomorphology and altitude, hydrology and hydraulics, human and economic factor with the schistosome and its hosts were systematically summarized, which was deemed as the foundation of Schistosomiasis–medical Geography. Third, the key research means for determination and prediction of snail habitats and schistosomiasis epidemicity by remote sensing, GIS and statistics (including geo–statistics) were reviewed worldwide, 7 kinds of prediction methods for snail habitats and 5 kinds of prediction methods for schistosomiasis epidemicity were concluded. 7 kinds of prediction methods for snail habitats were interpretation and cartography of snail habitats, meteorologically based method, images–retrieved information based method, unsupervised classification based method, dynamic monitoring of snail habitats in periods of floods, relation between geographic factors and snail habitats based method, and knowledge driven fuzzy–classification method. 5 kinds of prediction methods for schistosomiasis epidemicity were cartography and spatial auto–relation analysis, schistosomiasis transmission index modeling at large scale, quantitative modeling of various life phases of *Schistosoma* and their hosts, regressive relational analysis and Bayesian modeling between epidemicity and geographic factors, and relation study between epidemicity, snail habitats and contact index of infected waters. Finally this paper analyzed the main challenges and endeavor directions for Schistosomiasis–medical Geography in the future.

Key words: schistosomiasis medical–geography, impacts of geographical factors, application of remote sensing & GIS, challenges and prospects

本文引用格式:

赵安, 蒋梅鑫, 简敏菲, 等. 血吸虫病医学地理研究的回顾与展望. 地理科学进展, 2010, 29(1): 45–51.