

文章编号: 1001-0580(2007)08-1017-03

中图分类号: R 383.24

文献标志码: A

【综述】

空间流行病学技术在血吸虫病防治研究中的应用*

杨坤^{1,2}, 王显红¹, 吴晓华¹, 杨国静², 贾铁武¹, 周晓农¹

血吸虫病是一种严重危害人体健康的全球性人畜共患寄生虫病和地方性疾病^[1]。已有研究表明,血吸虫病的分布与温度〔如地表温度(land surface temperature, LST),昼夜温差等〕、植被〔如归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)〕、雨量等自然因素有关^[2,3]。由于对空间数据的获取、管理、分析以及共享等便利,在遥感(Remote sensing, RS)和地理信息系统(Geographic information systems, GIS)等支持下发展起来的空间流行病学(Spatial epidemiology)技术越来越受到重视,本文对其在血吸虫病防治研究中的应用做一综述。

1 空间流行病学技术概况

空间流行病学为20世纪90年代发展起来的流行病学新的分支,是流行病学与地理学以及与地理学有关的学科如气象学、地质学、土壤学、生物学、人口统计学等多门学科互相渗透,互相融合所发展的流行病学分支,也是在地理学和流行病学之间所发展起来的一门边缘学科^[4-6]。

空间流行病学主要研究内容包括疾病地图的绘制;空间相关性的研究;评价点、线源的疾病危险度;聚集性检测(cluster detection)和疾病的聚集性(disease clustering)研究等方面^[6]。地图用于流行病有2个明确的目的:(1)可以回顾性分析疾病的时间动态变化,以明确哪些因素决定疾病的空间格局和疾病的传播速度。国内外已广泛开展了这方面的应用^[7-9]。疾病的动态分析需要的发病率等数据要相对全面,这些数据包括描述疾病格局的空间、时间以及空间模型等。只有当这些条件满足时,其分析结果才对疾病时间和空间上的预防和治疗有用;(2)地图用于描绘生态危险度(Ecological risk)的空间变化和潜在危险因子的变化趋势。近年来,空间流行病学方法在媒介生物传播性疾病防治研究中广泛开展,其研究过程包括制作媒介、中间宿主及疾病分布图;利用遥感(RS)及地理信息系统(GIS)描述自然环境及可能影响媒介及中间宿主分布的植被情况;选择与媒介、中间宿主及疾病分布密切相关的遥感变量;利用已明确的遥感变量预测其他区域和将来时间的疾病分布;指导干预措施的执行,如杀虫剂或疫苗的应用。

2 在血吸虫病研究中的应用

国外研究表明,遥感图像植被指数分析和地理信息系统相结合,能够比较准确地对螺类孳生地进行预测和监控,从而及早对可能发生血吸虫病的高危区域采取相应预防控制措

施,大大节省了以传统方式进行监测所需的大量人力、物力和财力,这对于以往因缺乏监测未采取疾病控制措施而实际上需要干预措施的地区来说意义尤为重大^[10,11]。国内日本血吸虫的终宿主种类达40多种,几乎在所有哺乳类动物体内均能寄生,但对于中间宿主的相容性却非常严格,钉螺是其唯一中间宿主。日本血吸虫病的分布与钉螺的地理分布相一致,有严格的地方性,钉螺生态学的研究对于血吸虫病流行病学有十分重要的意义。因此,血吸虫病是与地理因素密切相关的疾病,血吸虫病流行与当地自然、社会环境密切相关,找出血吸虫病流行与自然、社会环境的内在联系是控制血吸虫病的关键。目前国内空间流行病学技术在血吸虫病防治研究中的应用主要集中在遥感(RS)、地理信息系统(GIS)及空间分析(Spatial analysis)技术等3个方面。

2.1 空间数据库的建立 空间数据库主要是指以地球表面空间位置为参照,用来确定有实体的自然、社会或人文经济景观等的地理位置、形状、方向等几何特征,常以抽象的点、线、面(多边形)3个基本特征来表示。空间数据组成主要体现为以下数据:(1)以地形图内容为代表的地理基础数据库;(2)以地理统计数据为代表的专题数据库,它由专题多边形数据库与属性数据库组成;(3)以遥感图像数据为代表的数据库;(4)以数字地形模型(DTM)环境监测数据为代表的网络数据库。空间结构数据可以通过数字化系统采集普通地图(如交通图、水系分布图、行政区划图等)上的数据(如图形、图标等)而获得,如用人工手扶数字化、地图扫描矢量化等方式,也可以利用遥感图像数字化或用全球定位系统(GPS)野外实地测量建立。我国已建立的血吸虫病空间数据库主要包含以下数据:人群感染率及感染度,家畜动物感染率及感染度,钉螺分布及其感染率度,以及与防治措施相关的数据,如查螺面积、灭螺面积、查病人数、治疗人数等^[12]。目前血吸虫病各流行省已经分别建立各省的血吸虫病空间数据库,以提升各省防治决策的科学性、及时性以及效率。

2.2 遥感技术的应用 目前,遥感技术在我国血吸虫病防治研究中,大多是使用中、低分辨率的遥感数据来提取降雨、温度和植被信息,使用的分类方法主要是监督或非监督分类和一些传统的统计分类方法,如最大似然分类法等。利用最大似然分类法提取出钉螺适宜性孳生地和非适宜性孳生地,同时结合土壤类型图来提高分类的精度。流行要素与血吸虫病的空间关系研究主要局限在一些单要素关系的建立,而且主要是根据钉螺的寄生环境来决定血吸虫病传播的空间风险度。卫星遥感技术在血吸虫病流行与钉螺分布监测中的应用主要为以下几个方面:(1)配合地面现场查螺,确定钉螺的可能孳生地;(2)结合当地历史遥感资料及钉螺的既往分布,预测血吸虫病潜在的疫区。如林丹丹^[13]等利用美国陆地卫星TM遥感资料研究1998年洪水后鄱阳湖区钉螺分布情况,用ERDAS IMAGINE软件分析遥感数据,分别提取出植被指数

* 基金项目: 国家自然科学基金重大项目(30590373);江苏省预防医学会课题(Y2004-33)
作者单位: 1. 中国疾病预防控制中心寄生虫病预防控制所, 上海200025; 2. 江苏省血吸虫病防治研究所
作者简介: 杨坤(1976-),男,山东金乡人,助理研究员,博士,主要从事地理信息系统在流行病学中应用的研究。
通讯作者: 周晓农

和水域分布区域,进行校正叠加,提取出钉螺的可疑孳生地。结果显示,模型预测的钉螺可疑孳生地范围与近 2 年春季查出的有螺面积和分布范围基本相符,总符合率为 76.92%,大、中型环境的符合率较高,分别为 92.1%和 85.71%;(3)通过定量或定性监测影响钉螺孳生的环境因素的改变,预测钉螺的相应变化。如周晓农^[14]等收集南京段洲滩 1983~1994 年 3 个时段共 3 幅 Landsat MSS 遥感图像,从中提取出湿地资料,并将不同时段湿地遥感图分别叠加,得出丰水时段与枯水时段、特大洪水时段与丰水时段相间的湿地空间分布模型,不同区域可以分别提取并测量出面积;(4)通过区分血吸虫病中间宿主钉螺的高密度区和低密度区,识别影响其分布的危险因素,从而指导血吸虫病的预防和控制。近年来,由于越来越多的高分辨率的遥感数据获取成为可能,已有报道在血吸虫病防治研究中应用高分辨率遥感数据并进行分析^[15]。

2.3 地理信息系统的应用 地理信息系统的空间数据管理及分析功能,可为血吸虫病空间研究提供有效的工具,它不但可以考虑特定位置中影响血吸虫病分布的各种因素,如地理因素(地形、地貌)、土壤因素、景观种植格局、气象因素和人文社会因素(人口密度、经济状况等)等,及其这些因素与不同区域疾病分布和变化的关系,以探索疾病的影响因子,同时也可作为疾病的决策及评价、卫生资源的配置等提供技术支持^[16-18]。目前,地理信息系统在血吸虫病研究中的应用可归纳为以下几个方面:(1)以空间结构数据库为基础,利用地理信息系统地图创建功能,根据血吸虫病流行或钉螺分布及其相应影响因素等属性数据制作专题地图,用于分析血吸虫病或钉螺的空间分布状况,确定血吸虫病的高发地区,为血吸虫病危险因素的探讨及防治措施的制订提供依据。周晓农等^[19]利用 1989 年与 1995 年 2 次全国血吸虫病抽样调查资料 and 我国黄河以南 1:100 万数字化地图建立了我国钉螺分布的地理信息系统,显示了我国不同地区血吸虫病的流行强度和分布范围,并将我国血吸虫病疫区划分为 5 个空间区域,其中高危地区主要分布在沿长江的江湖洲滩上。随后,他们将我国 9 个省 34 个种群的钉螺遗传变异及其易感性用地理信息系统地图表达出来,显示了我国具有云南、四川省、长江中下游江湖洲滩及东南部沿海 4 个不同的钉螺种群分布区,为钉螺的防制和血吸虫病的预防提供了依据^[20]。(2)通过地理信息系统对多因素图层的空间分析,确定影响血吸虫病或钉螺分布的因素,用以预测血吸虫病流行程度或钉螺分布区域。郑英杰等^[21]以江西省县级螺情图为主控多边形,相邻等值多边形进行融合,将降雨量、日照时间和气温叠加到江西螺情图上,使之分割为具有螺情、降雨量、日照时间和气温的地块数据库,实现从专题地图获取环境信息,用于血吸虫病的宏观研究。结果表明,钉螺的分布与降雨量、日照时间、气温有关。多元分析显示,年均降雨量为 1 500~1 600 mm 或年日照时间在 2 000~2 100 h 的区域,有利于钉螺的生存,而年日照时间在 1 600~1 700 h 的区域,则不利于钉螺的生存。

2.4 空间统计技术的应用 统计分析是常规数据分析的主要手段,但由于传统统计学在分析空间数据时存在致命的缺陷,这种缺陷是由空间数据的本质特征和传统统计学方法的基本假设共同造成的。空间上分布的对象与事件在空间上的相互依赖性普遍存在的,这使大部分空间数据样本间不独

立,不满足传统统计分析的样本独立性前提,因而不适合进行经典统计分析。血吸虫病和钉螺分布的空间性,促进了空间统计分析技术在血吸虫病防治研究中的应用。目前,在血吸虫病防治研究中的应用主要集中在时空相关分析及时空预测模型的建立。

2.4.1 空间相关性分析技术 空间统计分析技术可以确定血吸虫病或钉螺的空间分布特征。空间分析功能能够有效检测血吸虫病或钉螺分布的聚集性或自相关等特征,如杨国静等^[22]通过建立血吸虫病地理信息系统数据库进行空间自相关性分析。结果显示,不同代表年份中安徽及江西省血吸病患者总数及钉螺总面积均具有不同程度的空间自相关性。总体上钉螺分布的相关系数大于患者的相关系数,并差异有统计学意义。江苏省钉螺总面积具有一定的空间自相关性,其空间聚集性显著高于血吸虫病患者数,两者间缺乏空间聚集性。张治英等^[23]以普通克里格的变异函数分析江宁县江滩钉螺分布的空间自相关性,显示 2000 年江宁县江滩钉螺分布呈空间自相关性,其变异函数为球型模型,且当距离 < 0.030 1 时,钉螺空间分布变异与距离有关,进一步以此为基础用普通克里格法建立了江宁县江滩钉螺分布预测图。Spear RC 等^[24]在四川省以小鼠测定血吸虫尾蚴的时空分布,如果不考虑尾蚴的时间分布,分析人群接触疫水的危险性,易出现偏倚。陈朝等^[15]收集 2001~2004 年安徽省当涂县 114 个历史流行村血吸虫病人感染、耕牛感染和钉螺分布资料,并从卫星图像中提取当涂县水系分布矢量图,分析变量间的空间分布关系。结果显示,90%的现有流行村分布于距水系距离 < 1 404 m 的范围内。钉螺感染率、耕牛感染率、历史流行村距水系的距离均与人群感染率相关,3 个因素中对人群感染率的影响程度最大的为历史流行村距水系的距离,耕牛感染率的影响次之,钉螺感染率的影响最低。Yang 等^[25]将贝叶斯时空模型引入血吸虫病的空间分析,以江苏省县级为分析尺度进行血吸虫病的时空分析,显示血吸虫病危险度同植被指数(NDVI)呈负相关,而地表温度的升高,会明显促使血吸虫病感染率的升高。

2.4.2 时空预测模型 建立空间模型,预测血吸虫病或钉螺的空间分布状况。根据血吸虫病或钉螺的空间分布特征,以地理信息系统为基础利用空间内插的原理和方法建立模型预测血吸虫病或钉螺的空间分布状况,为血吸虫病或钉螺监测资料的有效利用提供依据。周晓农等^[26]利用全国 193 个气象站 1951~2000 年的气象数据资料,建立地理信息系统气象数据库,分析全国日均温度变化趋势。利用已建立的钉螺和日本血吸虫有效积温(SDT)模型的结果,预测未来全国血吸虫病流行区的扩散趋势和高危地带。结果显示,日本血吸虫的潜在分布区域大于钉螺潜在分布区域。2030 年和 2050 年血吸虫病潜在传播区域预测分布图显示,血吸虫病流行区将明显北移,2050 年血吸虫病潜在流行敏感区域较 2030 年明显扩大。Yang 等^[27]利用全国 623 个气象站的数据,建立预测模型,预测适合钉螺生存的 1 月 0~1℃等温线从 N33°15' 北移到 N33°41',将会有 41.335 km² 的潜在流行区。赛晓勇等^[28]应用时间序列分析模型预测洞庭湖退田还湖试点血吸虫病疫情变化趋势,显示退田还湖后血吸虫病粪检阳性率预测值有升高的趋势。

3 展 望

现代科学技术和信息技术的发展为空间流行病学的应用和发展提供了坚实的基础。GPS、RS 与 GIS 的相互渗透和融合,进一步促进了空间流行病学的应用。全球定位系统为地理信息系统的数据源,用于寻找目标,帮助地理信息系统定位及数据更新。遥感运用多种传感器(如摄影仪、扫描仪、雷达等)获取地表信息,通过数据的叠加处理,从而得到所需地物的真实反映。新近发展起来的统计学方法也最大可能的减少了空间流行病学研究的偏倚。但空间流行病学技术也面临一些亟待解决的问题:(1)空间流行病学的发展涉及多学科的基础研究,需要各学科之间的大量协作才能开发出更加成熟便捷的应用软件。(2)空间流行病学对收集的资料质量和时限性要求较高,因此,数据质量控制和及时更新非常必要。(3)我国空间流行病学在血吸虫病研究中的应用尚属起步阶段,空间模型及空间统计学方法较为单一。

因此,空间流行病学技术在我国血吸虫病的应用发展方向可分为以下几个方面:(1)数据采集,提高数据采集的质量和时效性。(2)高分辨率遥感数据的应用研究。包括高空间分辨率的遥感数据,以实现流行区域沟渠等较小空间目标的监测。同时运用高光谱分辨率的遥感数据以实现农作物类型信息的提取。(3)源数据融合以及多分类技术融合在流行要素监测中的应用。因为血吸虫病流行要素之间的空间分辨率和光谱分辨率的需求差异很大,而且不同要素对不同分类技术的适应性存在差异,因此,研究融合技术的应用是一个主要的发展方向。(4)在地理统计及空间统计基础上建立多要素的空间分析。(5)复合信息模型的建立。希望从得到的空间信息反演地学过程的各种影响因子,例如遥感影像的像元值经常是地表混合物体以及地物多种物理化学几何属性综合作用的结果,血吸虫病自然和人文因子的双重作用,生态环境的空间动态变化受温度、降水、人类活动空间格局变化的多重影响,准确分解之将有助于对血吸虫病空间动态进行预报。

空间流行病学技术作为一种新的科学研究方法和手段,以其强大的空间数据管理及分析能力,为流行病学研究及疾病的控制决策提供了新的方法。同时随着计算机硬件和软件技术的飞速发展,空间流行病学在血吸虫病研究领域一定会有更加广阔的应用前景。

参考文献

[1] 陈名刚.世界血吸虫病流行情况及防治进展[J].中国血吸虫病防治杂志,14: 81—83.

[2] Brooker S. Schistosomes, snails and satellites [J]. Acta Trop. 2002, 82(2): 207—214.

[3] Malone Jb. The Geographic understanding of snail borne disease in endemic areas using satellite surveillance. [J]. Mem Inst Oswaldo Cruz, 90: 205—209.

[4] French N, Barrigas M, Brown P, et al. Spatial epidemiology and natural population structure of campylobacter jejuni colonizing a farmland ecosystem [J]. Environ Microbiol, 2005, 7(8): 1116—1126.

[5] Graham Aj, Atkinson, PmDanson Fm. Spatial analysis for epidemiology [J]. Acta Trop, 2004, 91(3): 219—225.

[6] Elliott, P Wartenberg D. Spatial epidemiology: current approaches

and future challenges [J]. Environ Health Perspect, 2004, 112(9): 998—1006.

[7] Innocent Gt, Mellor Dj, Mcewen Sa, et al. Spatial and temporal epidemiology of sporadic human cases of *Escherichia coli* O157 in Scotland, 1996—1999 [J]. Epidemiol Infect, 2005, 133(6): 1033—1041.

[8] Hewson Pj. Epidemiology of child pedestrian casualty rates: can we assume spatial independence? [J]. Accid Anal Prev, 2005, 37(4): 651—659.

[9] Booth MDunne Dw. Spatial awareness in parasite immuno—epidemiology [J]. Parasite Immunol, 2004, 26(11—12): 499—507.

[10] Yang Gj, Vounatsou P, Zhou Xn, et al. A review of geographic information system and remote sensing with applications to the epidemiology and control of schistosomiasis in China [J]. Acta Trop, 2005, 96(2—3): 117—129.

[11] Malone Jb, Bergquist Nr, Huh Ok, et al. A global network for the control of snail—borne disease using satellite surveillance and geographic information systems [J]. Acta Trop, 2001, 79(1): 7—12.

[12] 杨国静,周晓农,汪天平.长江下游3省血吸虫病GIS数据库的建立与分析[J].中国血吸虫病防治杂志,2002,14(1): 21—24.

[13] 林丹丹,周晓农,刘跃民,等.鄱阳湖区应用卫星遥感资料预测1998年洪水后钉螺分布状况[J].中国血吸虫病防治杂志,2002,14(2): 119—121.

[14] 周晓农,孙宁生,胡晓抒,等.地理信息系统应用于血吸虫病的监测:Ⅲ.长江洲滩钉螺孳生地的监测[J].中国血吸虫病防治杂志,1999,11(4): 199—201.

[15] 陈朝,周晓农,姚振琦,等.血吸虫病人感染危险因素空间关系建立与分析[J].中国血吸虫病防治杂志,2005,17(5): 324—327.

[16] 张世清,Simon B,汪天平,等.地理信息系统在血吸虫病防治信息管理中的应用[J].热带病与寄生虫学,2005(2): 67—71.

[17] 张永强,刘泽军.地理信息系统(GIS)在公共卫生中的应用[J].中国公共卫生,2005,21(5): 632—633.

[18] 陈清.遥感和地理信息系统在流行病学中的应用[J].国外医学:流行病学、传染病学分册,2003(1): 1—3.

[19] 周晓农,孙乐平,姜庆五,等.全国血吸虫病流行状况的地理信息系统空间分析[J].中华流行病学杂志,2000,21(4): 261—263.

[20] 周晓农, Kris Tk. 利用地理信息系统数据库分析钉螺空间区域的分布[J].中华预防医学杂志,1999,33(6): 343—345.

[21] 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[J].中国公共卫生,1998,14(12): 724—725.

[22] 杨国静,汪天平.安徽、江西、江苏3省血吸病患者与钉螺分布的空间自相关分析[J].中国寄生虫学与寄生虫病杂志,2002(1): 6—9.

[23] 张治英,徐德忠,彭华,等.江宁县江滩钉螺空间分布特征分析[J].中国公共卫生,2004,20(3): 262—263.

[24] Spear Rc, Zhong B, Mao Y, et al. Spatial and temporal variability in schistosome cercarial density detected by mouse bioassays in village irrigation ditches in Sichuan, China [J]. Am J Trop Med Hyg, 2004, 71(5): 554—557.

[25] Yang Gj, Vounatsou P, Zhou Xn, et al. A Bayesian—based approach to spatio—temporal modeling of county level prevalence of *Schistosoma japonicum* infection in Jiangsu province, China [J]. Int J Parasitol, 2005, 35(2): 155—162.

[26] 周晓农,杨坤,洪青标,等.气候变暖对中国血吸虫病传播影响的预测[J].中国寄生虫学与寄生虫病杂志,2004(5): 262—265.

[27] Yang Gj, Vounatsou P, Zhou Xn, et al. A potential impact of climate change and water resource development on the transmission of *Schistosoma japonicum* in China [J]. Parasitologia, 2005, 47(1): 127—34.

[28] 赛晓勇,闫永平,张治英,等.时间序列分析预测洞庭湖区退田还湖试点血吸虫病疫情变化趋势[J].中国寄生虫病防治杂志,2004,17(6): 353—355.

收稿日期: 2006-11-23 (蔡天德编辑 张亚莲校对)