

气候变暖对中国几种重要媒介传播疾病的影响

杨坤^{1,2} 王显红¹ 吕山¹ 张玲¹ 贾铁武¹ 李兰花¹ 邓瑶¹ 综述 周晓农¹ 审校

【摘要】 全球气候变暖对人类健康的影响越来越受到人们的重视。该文从气候变暖对国内血吸虫病、疟疾、登革热、流行性乙型脑炎、广州管圆线虫病、钩端螺旋体病以及其他虫媒疾病的影响、预测方法研究及今后的研究重点等几个方面,综述了气候变暖对中国几种重要媒介传播疾病影响的研究进展。

【关键词】 气候变暖;媒介传播疾病

Impact of global warming on transmission of vector-borne diseases in China YANG Kun, WANG Xian-hong, LV Shan, ZHANG Ling, JIA Tie-wu, LI Lan-hua, DENG Yao, ZHOU Xiao-nong. 1. National Institute of Parasitic Diseases, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200025, China 2. Jiangsu Institute of Parasitic Diseases, Wuxi 214064, China

【Abstract】 The influence of global warming on human health received increasing attentions. The article reviewed the advanced study on the impact of global warming on transmission of vector-borne diseases in China, such as schistosomiasis, malaria, dengue fever, epidemic encephalitis B, angiostrongyliasis cantonensis, leptospirosis, and on the methodology of prediction as well as future study direction in this field.

【Key words】 Global warming; Vector-borne diseases

地球气候持续变暖,不但使全球气温升高、雨量增加,造成环境剧烈变化,而且这些环境变化继发对一些传播疾病的虫媒以及病原体的寄生、繁殖和传播创造了适宜条件,引起人类疾病的分布范围、流行程度的变化,加重了对人群的危害。另外,气候变暖导致飓风、洪水等极端的气候条件,不仅威胁人类生命,且会触发某些虫媒病的暴发流行。

1 气候变暖

近百年来,地球气候经历了一次以全球变暖为主要特征的显著变化,专家预估:未来 50~100 年全球气候将继续向变暖的方向发展。全球气候正经历以变暖为主要特征的变化,政府间气候变化专门委员会(IPCC)第三次评估报告指出:(1)1860 年以来,全球平均温度升高了 $0.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$;(2)近百年来,降水分布也发生了变化,大陆地区尤其是中高纬地区降水增加,非洲等一些地区降水减少,有些地区极端天气气候事件的出现频率与强度增加;(3)大气中温室气体浓度明显增加;(4)近 50 年的温度变化,很可能主要是人类活动排放的温室气体造成的^[1]。

近百年我国气候也在变暖,以西北、华北、东北地区最为明显,同时冬季增温最为显著。1985 年以来,我国已连续出现了 17 个全国大范围的暖冬,华

北地区出现了暖干化趋势。同时,科学家使用 31 个复杂气候模式,对 6 种代表性温室气体排放条件下未来 100 年的全球气候变化进行了预测,表明 2100 年全球平均气温将比 1900 年上升 $1.4 \sim 5.8^\circ\text{C}$,这将是 20 世纪增温值(0.6°C 左右)的 2~10 倍,可能是近一万年中增温最显著的。到 2020-2030 年,全国平均气温将上升 1.7°C ;到 2050 年,全国平均气温将上升 2.2°C ;当大气中二氧化碳浓度加倍时,全国平均气温将上升 2.9°C 。气候变暖将可能干扰地区的天气形式和生态平衡,从而造成对人体健康的多方面影响^[2-5]。

2 气候变暖对国内主要媒介传播疾病的影响

2.1 血吸虫病

根据已有的钉螺生态学研究结果,钉螺的分布范围主要取决于温度、光线、雨量和湿度等自然因素,以我国大陆为例,钉螺分布地区的 1 月份平均气温都在 0°C 以上,并与土壤和植被有一定的关系。全球气候变暖所引起的降雨和温度变化,势必会影响血吸虫病的原有分布格局^[6]。1996 年梁幼生等^[7]提出了气候变化可能对钉螺分布产生影响,1999 年周晓农等^[8]提出了研究全球气候变暖对钉螺的分布和血吸虫病流行影响的必要性。

气候变暖对血吸虫病传播的潜在影响可能是直接的,也可能是间接的,气候变化的长期影响可能间接影响更为突出。气候变暖对血吸虫病传播的直接

作者单位:1. 200025 上海,中国疾病预防控制中心寄生虫病预防控制所;2. 214064 无锡,江苏省血吸虫病防治研究所

通讯作者:周晓农, E-mail: ipdzhouxn@sh163.net;联系电话:021-64738058

潜在影响包括温度及湿度两方面,而温度首先对钉螺分布产生潜在影响。洪青标等^[9]进行了钉螺发育起点温度及有效积温的研究,为气候变暖影响日本血吸虫传播的预测模型提供理论参数;周晓农等^[10]利用空间分析模型观察到我国血吸虫病流行区的北界线与平均最低温度 -4°C 等值线相吻合,提示某一地区的最低气温可决定该地区的钉螺分布范围;杨坤等^[11,12]利用酶组织化学及分子生物学技术,观察了温度变化对钉螺体内的酶及有关基因表达的影响,提示冬季及春季的温度升高,将使钉螺体内的酶活性及有关基因表达增加,提高钉螺的活动性及繁殖能力。因此,当气候变暖,如我国北方地区的极端最低温度普遍上升,以及南水北调工程等因素同时存在时,钉螺向北方扩散的可能性明显增加。

毛蚴是血吸虫侵入并感染钉螺的幼虫,毛蚴的活动性与温度有关,在一定范围内,温度可直接影响幼虫在钉螺体内的发育速度。温度对钉螺体内尾蚴逸出的影响报道较多,水温 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ 未见有尾蚴逸出, 5°C 仅有少量逸出,在不同温度连续观察尾蚴逸出数,提示温度变化对尾蚴的逸出影响较大,以 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ 为适宜温度^[13]。所以,综合温度对感染钉螺和感染哺乳动物的影响,提示气候变暖可使原流行区的钉螺感染率增高、感染季节相对延长。

气候变化引起的湿度变化对血吸虫病传播的潜在影响也较为明显,湿度可改变钉螺孳生地的植被继而影响钉螺的分布范围及密度,为钉螺的孳生和扩散不断地提供新的潮湿环境。血吸虫毛蚴在水中活动,具有向上性、向光性和向温性,水中的这些因素均可直接影响毛蚴感染钉螺的高低。湿度对钉螺体内尾蚴的逸出影响较大,现场调查发现尾蚴的逸出呈明显的季节性,以秋季最高,春季次之,这一明显的季节性受环境因素影响明显,因为只有当阳性钉螺与水接触时才有尾蚴逸出,所以当水位涨落较明显时,尾蚴逸出更为明显。因此,当气候变暖,降雨量增加,水域面积增多或地表积水面积增加,可促使血吸虫感染钉螺的机会增多,尾蚴逸出量增多,而哺乳动物接触疫水机会也相应增多,原血吸虫病流行区的流行范围和流行程度也将相应扩大和加重。

近年来,我国长江流域的血吸虫病疫情呈扩散趋势,不断发现新流行区。俞善贤等^[14]从全国 733 个气象站中选取 126 个气象站的历年 1 月份平均气温和最低平均气温资料,分析气候变暖对血吸虫病传播范围的影响。结果显示全国冬季气温呈明显上升趋势,1 月份最低平均气温和平均气温在 1986 年

前后两个时间段内平均值分别上升了 1.3°C 、 0.9°C 左右,1 月份最低平均气温 -4°C 和平均气温 0°C 等值线向北移动 $1\sim 2$ 个纬度。提示了冬季气温变暖有利于钉螺越冬且气候变暖和“南水北调”将加大钉螺向北扩散的可能性,应加强钉螺的监测工作。周晓农等^[15]在近年开展钉螺和日本血吸虫病有效积温模型工作的基础上,结合应用地理信息系统(GIS)技术预测我国血吸虫病流行态势。该作者利用全国 193 个气象站 1951-2000 年的气象数据资料,建立 GIS 气象数据库,利用已建立的钉螺和日本血吸虫有效积温模型的结果,构建全国不同地区血吸虫病气候-传播模型,计算各地钉螺和日本血吸虫年有效积温,并应用 GIS 等技术比较分析其时空分布。假设 2030 年和 2050 年我国平均气温将分别上升 1.7°C 和 2.2°C ,预测未来全国血吸虫病流行区的扩散趋势和高危地带。2030 年和 2050 年血吸虫病潜在传播区域预测显示,血吸虫病流行区将明显北移。提示血吸虫病潜在流行将随气候变暖出现北移,北移敏感区域将是今后我国流行区北界线的监测工作重点,同时这一流行区北界线的北移,还将使血吸虫病受威胁人口有所增加。

2.2 疟疾

我国疟疾流行区主要分布于北纬 45° 以南的大部分地区。疟疾的分布和传播与温度、降雨量和湿度等环境因素密切相关。气温和降雨量对疟原虫终末宿主蚊虫的繁殖及蚊体内疟原虫的发育产生影响,雨量和湿度则影响蚊虫孳生地的分布。全球气候变暖所引起的温度和降雨变化,势必会影响疟疾的原有分布格局^[16]。按 GCM (general circulation model) 预测,到 2100 年全球平均气温将升高 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$,热带地区疟疾病人数将增加 2 倍,而温带则将超过 10 倍。估计疟疾病例每年将增加 5 000 万 \sim 8 000 万,下世纪后半叶,世界上将有 45 亿 \sim 60 亿的人口生活在潜在的疟疾传播区内^[17]。

全球变暖可直接或间接影响疟疾传播,而对疟疾传播的长期影响可能以间接影响为主。直接影响主要包括温度、降雨量及湿度等因子对疟疾传播的影响。环境温度以多种方式影响疟疾的传播^[18]。温度支配媒介按蚊的活动,从而决定疟疾的地理分布,媒介种群的繁殖速率取决于温度,通常蚊媒迅速繁殖的适宜温度在 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间,在此范围内温度增高,蚊媒世代发育的时间缩短,因而媒介密度增高,传播速率增大。温度也影响蚊媒的寿命和吸血行为。蚊媒活动的最适宜温度范围为 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$,温

度的微小变化可引起吸血频率的较大差异,随温度升高,两次吸血间隔缩短。温度还影响疟原虫在蚊体内的发育,疟原虫在蚊体内发育有一个最低的温度阈值,在自然条件下,有按蚊存在但无疟疾发生的地区,主要是由于温度低限制了疟原虫的孢子增殖^[19-20]。邓绪礼等^[21]发现在湿度 80% 左右,温度 25~28℃ 时孢子增殖快,子孢子密度高;当温度降至 25℃ 以下时,孢子增殖速度明显减慢,31℃ 时也稍慢,且子孢子数量极少,间日疟原虫在蚊体内发育的最低温度为 14.5℃,恶性疟原虫为 16℃。那些达不到外周期允许的最低温度的地带即为非疟区。随着全球气候变暖,原先月平均温度低于 16℃ 的无疟区,可能变成疟疾流行区。雨量对疟疾流行的影响较为复杂,一般随地区与媒介蚊种孳生习性的不同而有显著差异。田芳等以云南省 40 个乡镇 1984-1993 年间气象资料和疟疾发病资料为基础,分析疟疾变动与温度变化之间的关系,并收集云南省微小按蚊的各项媒介参数,通过数学模型,预测不同纬度和不同海拔的微小按蚊地区,温度升高 1~2℃ 对疟疾传播势变化的影响,结果显示 40 个乡镇 1984-1993 年间呈现变暖趋势,厄尔尼诺或暖年对疟疾波动有明显影响,同进数学模式显示当温度升高 1~2℃ 时,云南省微小按蚊地区间日疟传播势可增加 0.39~0.91 倍,恶性疟传播势可增加 0.60~1.40 倍,当温度上升 1℃ 时,疟疾传播季节可延长约 1 个月,当温度上升 2℃ 时,传播季节可延长约 2 个月,提示气候变暖趋势及其对疟疾传播的影响在我国有所表现,模型预测温度升高所引起的传播势升高,预示随之而来的疟疾发病率将增加,流行季节将延长。温亮等^[22]在海南省收集 1995-2000 年海南省月度气象资料(温度、湿度和降雨量)和月度疟疾发病率资料,建立了拟合很好的气象因子回归模型,同样提示气候因素能够影响疟疾的流行,可以利用气象因子拟合疟疾流行趋势并应用拟合模型对人群未来疟疾发病率进行预测。

降雨季节的分布也左右着疟疾流行的年内季节变动。温带的低洼易涝地区,疟疾流行高峰多在雨季之后,而热带雨林区,疟疾流行高峰是在雨季到来时。相对湿度对媒介的活动及寿命的长短有影响,湿度高可延长蚊虫寿命。温暖潮湿的气候,既有利于蚊虫的生长、繁殖,也适合蚊虫吸血活动,增加传播疟疾的机会。相对湿度低则蚊虫寿命缩短,如果每月平均相对湿度低于 60%,则无疟疾传播;不同的温湿度组合,对昆虫的孵化率、幼虫存活率、蛹的

羽化及成虫产卵量都有不同程度的影响。国外研究人员在乌干达的高原地区进行疟疾暴发流行早期预警研究,发现在非洲温暖的半干旱低地,最简便、实用的预警手段就是监测过多的降雨量,而在高地势地区情况比较复杂,必须同时考虑温度和降雨量,有别于我国疟疾流行情况^[23]。

气候变暖对疟疾流行的间接影响主要包括洪水使沿海及沿江地区遭受洪水机会增大。洪水过后,媒介孳生地扩大,湿度增高,蚊虫密度迅速上升,寿命延长,且灾民通常较集中,生活条件及防蚊条件差,致使疟发病迅速上升。再者全球气候变暖,夏季时间和高温时间延长,居民露宿现象相应增加,造成人-蚊接触增多,疟疾流行程度加重。

2.3 登革热

易彬樨等^[24]研究发现登革热的传播主要受媒介蚊虫密度的影响,而影响蚊虫密度的主要气象因子是气温和湿度,其中气温是决定因子,即气温是登革热传播的决定因素。登革热患者的病程或传染期很短,约为 5~7 d,因此患者不可能作为长期的带病毒者或传染源,同时,感染性蚊虫的寿命也是有限的。所以,必须终年均具备一定气温条件的地区才有可能成为地方性流行区。

陈文江等^[25]研究表明海南省北部地区整个冬季(3 个月)的温度不适于登革热的传播,而南部地区冬季的温度可能适于登革热的传播,但也仅稍高于适于传播的临界温度。然而,在气候变暖的条件下,特别是持续出现暖冬的情况下,当冬季月平均温度升高 1~2℃ 时,海南省登革热传播的条件有可能发生根本性改变,北部地区可能终年均适于登革热传播,而南部地区的传播均处在较高水平,从而有可能使登革热非地方性流行转变为地区性流行,使登革热的潜在危害性更为严重。俞善贤等^[26]进一步利用海南省 8 个气象站历年 1 月的月平均气温资料分析海南省冬季气候变暖的趋势和幅度。以 21℃ 作为适于登革热传播的最低温度,借助 GIS 评估气候变暖对海南省登革热流行势的影响,结果显示位于海南省东部的琼海也具备了登革热终年流行的气温条件,提示冬季气候变暖将使海南省半数以上的地区到 2050 年将具备登革热终年流行的气温条件。曾四清^[27]也指出了登革热的发生对气候变化的敏感性。

气候变化通过虫媒的地理分布范围发生变化、提高繁殖速度、增加叮咬率以及缩短病原体的潜伏期而直接影响疾病的传播。气候变暖的趋势能使登

革热的分布扩散到较高纬度或海拔较高地区。气温还影响登革热的传染动态。在蚊虫的生存范围内,温度的小幅度升高就会使蚊虫叮咬更加频繁,增加传播机会。因此,相应地区应注意加强冬季登革热的监测预防工作。

2.4 流行性乙型脑炎

在我国,淡色库蚊是流行性乙型脑炎的主要传播媒介,乙脑病毒在蚊体发育时,气温低于 20°C 失去感染能力, $26\sim 31^{\circ}\text{C}$ 时体内病毒滴度上升,毒力增高,传染力增强。我国虽鲜见有乙脑暴发流行的报道,但流行区域较广,我国的大部分地区包括北京都有流行,而且近年来不断北移,东北和内蒙古地区也有少量发病。1990 年夏秋,一些省市乙型脑炎流行,达到疫苗免疫时代的最高发病人数,发病率比 1989 年上升 1.5 倍,发病最多的是河北省^[28]。于德山^[29]分析甘肃省 1983-1997 年流行性乙型脑炎疫情,同样显示通过加强乙脑计划免疫预防接种及人们健康水平的提高,我国乙脑发病率较解放初期有明显下降。但随着全球气候变暖,某些蚊媒疾病出现疫情再次上升、疫区扩展的趋势。

2.5 广州管圆线虫病

广州管圆线虫被认为是人类嗜酸性粒细胞增多性脑膜脑炎的主要病原体。广州管圆线虫病尚无确切的治疗方法,病人可能有慢性脑炎和残疾等后遗症,甚至死亡。该病的发生、发展和流行与广州管圆线虫的分布范围及该区域的虫负荷有着直接联系,而广州管圆线虫分布区域的扩大或虫负荷的加重与其中间宿主的分布及密度相关,而后者与环境温度息息相关。广州管圆线虫是寄生性生物,其分布区域并不孤立存在,是宿主(包括中间宿主)依赖性的,一方面取决于其中间宿主的分布范围,另一方面则取决于中间宿主的易感性和传播潜能(广州管圆线虫在中间宿主体内的发育零点温度和有效发育积温)。广州管圆线虫的中间宿主具有多样性,不同的中间宿主的分布范围、易感性和传播能力都会有差异^[30]。软体动物中间宿主与广州管圆线虫属于变温动物,其生长发育受环境温度的影响极大。环境温度直接作用于中间宿主,并通过中间宿主间接作用于广州管圆线虫,因此,环境温度是决定广州管圆线虫适生区域及区域虫负荷的另一个重要因素。

环境温度通过变温动物中间宿主来影响寄生虫生长发育。当环境温度相同时,寄生虫的生长发育取决于特定的中间宿主,中间宿主不同,生长发育规律也可能有所不同。中间宿主的传播潜能就是反映

寄生虫在特定的中间宿主体内生长发育规律的指标,同时也是宿主传播寄生虫能力的指标^[31,32]。目前,本课题组利用有效积温法则,结合气象资料,已经对福寿螺和褐云玛瑙螺进行了研究,并初步开展建立气候-广州管圆线虫模型的研究,以预测广州管圆线虫的潜在危害。初步研究发现广州管圆线虫的螺中间宿主潜在分布区域至少可达 12 个省,传播潜能由南向北逐渐增大。尽管对广州管圆线虫中间宿主的实际分布范围已有一定的了解,但是随着全球气候的变化,螺中间宿主的分布范围可能也将变化,这尚需进一步跟踪研究。

2.6 钩端螺旋体病

钩端螺旋体病(钩体病)是由致病性钩端螺旋体引起的一种急性传染病,江西省是全国钩体病流行较为严重的省份,历年来发病率位居全国前列。梅家模等^[33]从发病状况、自然因素、动物宿主等方面对江西省钩体病流行特征进行了研究,结果显示 1973-1998 年钩体病发病率与年平均气温之间有一定的联系。另外,钩端螺旋体最适宜的生长温度是 $25\sim 28^{\circ}\text{C}$,钩体病发病高峰期的 7-8 月份平均温度为 $26.9\sim 29.8^{\circ}\text{C}$,较适宜钩端螺旋体的生长发育,此期间为钩体病发病的高峰季节,提示气候变暖可使原来不适合钩端螺旋体生存的区域变成其生存区域,扩大钩体病流行范围。进一步对钩体病发病率与降雨量分析的结果显示,年均降雨量 $>1\,700\text{ mm}$ 时,年均降雨量与钩体病发病率呈正相关($r = 0.5802, 0.02 < P < 0.05$),提示气候变暖所引起的降雨变化,也是影响钩体病流行的一个重要间接潜在影响因素。

目前,我国无大洪涝灾害情况,钩体病疫情平稳下降。但自然疫源性疾病一般都有发病周期,一旦气候变化,降水超过正常年份,或钩体种群更迭未及时掌握,就可能出现暴发疫情。

2.7 其他虫媒疾病

多年来局限于我国江南局部地区的恙虫病,上世纪 80 年代流行的地理区域向北推进,1986 年山东省有流行报告,1989 年天津农村首次发现恙虫病,近年东北三省,山西运城也先后发现该病疫源地。随着气候变暖,某些区域性水涸、干燥将引起动物生态系统发生变化,鼠类等急剧增加所致的汉坦病毒、鼠疫流行增加^[34,35]。

3 气候变暖对媒传疾病流行影响的预测方法研究

气候变化对媒介传播疾病传播影响的预测,主

要依赖于以媒传疾病或媒介生物学为基础而建立的各类模型,而模型中各类参数可通过生态学、生物学实验、空间统计学及时空模型等方法获得。

生态学研究是媒介传播疾病预测的基础,主要指通过研究媒介生物种群的生态习性、生活史、季节消长和孳生场所等为控制媒介传播疾病流行提供参考,如目前常用的生物发育起点温度、发育有效积温、媒介传播动力学等指标。研究环境温度和生物发育的方法很多,其中,有效累积温度模型简便易行,结果可靠,目前广泛应用于农业和林业。有效累积温度模型阐明了温度与生物发育的关系:植物或变温动物在生长发育过程中,必须超过某个低温点并从外界摄取一定的热量才能启动和完成其某一阶段的发育,而且各个发育阶段所需要的总热量是一个常数。这个模型可用公式 $K=N(T-T_0)$ 表示,其中 N 为发育历期,即生长发育到某个阶段所需时间, T 为发育期间的平均温度, K 是有效累积温度, T_0 是发育起点温度。无论是植物还是变温动物,其发育都是从某一温度开始的,而不是从物理零度开始的,生物开始发育的温度就称为发育起点温度(或生物学零度),由于只有在发育起点温度以上的温度对发育才是有效的,所以 K 就被称为有效累积温度。模型中计算两个参数是非常重要的,即发育起点温度(T_0)和有效累积温度(K)。目前,主要通过实验研究及建立回归关系获得。有效累积温度模型结合气象资料,可以预测生物地理分布的北界、生物发生的世代数、生物来年发生程度等^[36-38]。

生物学实验观察方法主要指在实验室中,利用仪器设备等模拟外界气候变化,以观察气候变化对媒介生物及病原体生物学特性的影响,从单一的气候变化与媒介生物或病原体各生活史阶段之间建立数学模型及相关参数,从而归纳出气候变化与媒介传播疾病间的关系。如洪青标等^[9]开展了系列钉螺生物学实验,发现钉螺在自然界的完成一代所需的有效积温为 3 846 度日。

空间统计方法是指利用空间信息分析技术,通过对原始数据的观察、实验和模拟,建立合适的空间信息分析模型,用户可以获得新的经验和知识,并以此作为空间行为的决策依据。在研究疾病和环境因素空间关系时,越来越多地需要建立适当的模型来反映疾病的空间分布规律及其影响因素,如 Jetten 等^[39]借用全球气候资料,建立数学模型模拟温度变化对全球疟疾流行潜能的影响;Martin^[40]设计出疟疾传播模型,预测下世纪全球平均温度将升高 3℃,

媒介按蚊的分布区将扩大,并导致每年约 5 000 万~8 000 万新的疟疾病例。苏永强等^[41]运用局部内插的空间统计法对海南省疟疾进行了空间分布研究,建立了海南省疟疾危险性分布图,并对该图进行了无偏最优估计。

20 世纪 90 年代后期发展的 GIS、遥感(RS)等技术逐步在媒传疾病中有了广泛的应用,时空模型也逐渐应用于疾病预测领域。周晓农等^[8]以气象、水文平衡模型,计算出不同区域血吸虫传播指数,并以此绘制出血吸虫传播指数分布图,该图基本上与中国南部地区的血吸虫病流行区相吻合。俞善贤等^[14]则利用钉螺越冬温度探索冬季变暖对钉螺北移的可能性。田文强等建立并应用气候因子多元回归方程模型预测某一地区疟疾发病率或定量预测全球变暖对疟疾传播影响的可能性。温亮等收集 1995-2000 年海南省月度气象资料(温度、湿度和降雨量)和月度疟疾发病率资料,应用 Spearman 等级相关分析气象因子与疟疾发病率之间的相关关系,用逐步回归建立气象因子拟合发病率变化的统计模型。气候因素能够影响疟疾的流行,可以利用气象因子拟合疟疾流行趋势并应用拟合的模型对人群未来疟疾发病率进行预测。

因此,借助 RS 和 GIS 技术,可以综合分析蚊媒资料、遥感生态学资料、疫情资料,建立媒传疾病疫情预测多因素复合模型,对各类疾病疫情进行有效预测。初步研究显示,利用 RS 和 GIS 技术以及时空模型,可以对流行区及毗邻地区的降雨量、温度、厄尔尼诺现象的发生概率以及对疾病传播的概率进行推断与估计,对气候变暖对媒传疾病的潜在流行趋势(潜势)进行预测。

4 今后研究的重点与方向

随着气候变暖,地理环境、生物群落、疾病传媒种属密度及其分布区域等都会发生变化,媒传疾病的发生、发展及流行趋势也在随之变化,而以传统的视角、研究方法来研究这一气候变化以及相应的变化尚有局限性。因此,在全球气候变化趋势逐渐加大的形势下,以科学的时空模型来预测媒传疾病的发展趋势既是疾病预防控制中的重要内容之一,也是今后气候变暖对疾病流行影响研究的重点。目前,我国研究者已逐步开展了气候变暖对媒介传播疾病的预测研究,但目前仍面临着许多的问题。

首先,我国的媒介传播疾病种类较多,许多病原体及其传媒的生物学和生态学特性未得到充分的认

识。各种媒介传播疾病的传播规律可能不同,涉及的因素也可能不同,如何建立并运用实验室及现场实验方法,来建立预测模型并探索病原体及其媒介生物的变化规律和疾病传播规律,尚需深入的生物学及生态学研究。

其次,病原体、媒介及环境之间存在很多不确定因素,要在气候和媒介传播疾病间建模,尚需解决许多问题,包括自然因素的筛选、影响因素对媒介分布、传病能力的影响、自然因素与社会经济因素对疾病传播的影响程度,如媒介种群的分布与迁移、抗病措施的力度、土地利用等自然环境的变化、社会经济的发展变化等。但目前,许多研究的模型仅建立在单一因素或少数几个因素对疾病的影响上,而使模型预测结果的正确性存在较大偏差。因此,如何筛选与建立多因素预测模型亟待解决。

此外,一些模型所基于的假设,亦有待进一步验证。目前的研究大都属定性或半定性研究,许多因素找不到合适的量化方法;气象学向媒介疾病控制学的渗透较少,目前的研究还没有一个能通用的合适的气候模型可以用来准确预测媒传疾病的流行趋势。再者,GIS、RS 资料建立媒传疾病预测模型的理论基础还不完备,如传统气象学指标与卫星遥感生物学替代指标的关系还不确定,遥感生物学替代指标与传统媒介传播指标的关系仍需研究。同时,目前国内应用 RS 与 GIS 技术进行的预测研究仍处于相对独立和分散的阶段,对研究的假设、研究手段的选择、气候因子的筛选、气候环境因素对疾病传播的影响程度、气候变暖对媒传疾病影响的机制等研究程序尚无统一模式,同时,大规模的研究材料与研究结果尚缺乏可比性,资料的共享与可获得性以及跨学科遥感人才的缺乏等问题,均是亟需解决的主要问题。

气候变化对媒传疾病的影响可能还更为深远。随着研究的进一步深入,它所涉及的领域已超出简单的气象学范畴,其中关于流行病学、环境学、地理学等方面的内容不断补充进来,使这一理论更加充实和完善。因此,今后研究的重点应放在以下几个方面:(1)进一步认识媒传疾病病原体及媒介生物的生物学、生态学特性以及与气候因子间的定量关系;(2)引入更先进的数学与生态模型,如媒传疾病传播环境动态模型、媒传疾病传播的时间动态模型、媒传疾病传播的空间动态模型及遥感技术支持下的媒传疾病传播时空动态模型的综合性研究,以提高预测水平;(3)加强 GIS、RS、生物学、生态学、流行病学、

气象学等不同学科间的交叉性基础研究,以提高气候变暖对媒传疾病影响机制研究的理论水平;(4)积极开展媒传疾病潜在威胁与预防技术的研究,包括对媒传疾病流行脆弱性的研究、媒传疾病潜在扩散能力与分布范围的研究、媒传疾病潜在流行监测与控制技术的研究等。

总之,面对全球变暖,大气环境恶化,人们须共同努力,防止地球气温继续上升;同时,加强对气候与媒传疾病传播间关系、预测预报的研究,为人类的安全与健康而努力。

参 考 文 献

- 1 IPCC. Scientific Assessment of Climate Change: Report to IPCC from Working Group. World Meteorological Organization & UN Environment Programmer; Geneva & Nairobi, 1990.
- 2 秦大河. 气候变化: 科学、影响和对策. 中国政协, 2005, 2: 44-47.
- 3 马玉霞, 王式功. 全球气候变暖对人类健康的影响. 环境研究与监测, 2005, 18(1): 7-9.
- 4 Khasnis AA, Nettleman MD. Global warming and infectious disease. Arch Med Res, 2005, 36(6): 689-696.
- 5 黄清臻, 邵新玺, 周广平. 气候变暖对传染病的影响. 医学动物防治, 2000, 16(2): 110-112.
- 6 潘星清. 血吸虫生物学. 见: 毛守白, 主编. 血吸虫生物学与血吸虫病防治. 北京: 人民卫生出版社, 1990. 95-100.
- 7 梁幼生, 肖荣伟, 宋鸿焘, 等. 钉螺在不同纬度地区生存繁殖的研究. 中国血吸虫病防治杂志, 1996, 8: 259-262.
- 8 周晓农, 杨国静, 孙乐平, 等. 地理信息系统在血吸虫病研究中的应用. 中国血吸虫病防治杂志, 1999, 11: 378-381.
- 9 洪青标, 周晓农, 孙乐平, 等. 全球气候变暖对中国血吸虫病传播影响的研究 IV 自然环境中钉螺世代发育积温的研究. 中国血吸虫病防治杂志, 2003, 15(4): 269-271.
- 10 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: 66-77.
- 11 杨坤, 周晓农, 梁幼生, 等. 冬季温度变化对钉螺一氧化氮合酶的影响. 中国血吸虫病防治杂志, 2003, 15(2): 93-97.
- 12 杨坤, 周晓农, 余传信, 等. 不同温度对钉螺生殖腺一氧化氮合酶基因表达的影响. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2003, 21(3): 140-143.
- 13 孙乐平, 洪青标, 周晓农, 等. 日本血吸虫毛蚴存活曲线和期望寿命的实验观察. 中国血吸虫病防治杂志, 2000, 12: 221-223.
- 14 俞善贤, 滕卫平, 沈锦花, 等. 冬季气候变暖对血吸虫病影响的气候评估. 中华流行病学杂志, 2004, 25: 575-577.
- 15 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. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2004, 22(5): 262-267.
- 16 秦正积, 罗超, 孟言浦, 等. 气温、湿度、降雨量对蚊密度的影响统计分析. 中国媒介生物学及控制杂志, 2003, 14(6): 421-422.
- 17 Martens WJ, Niessen LW, Rotmans J, et al. Potential impact of global climate change on malaria risk. Environ Health Perspect, 1995, 103(5): 458-464.
- 18 奚国良. 气象因素对蚊虫密度的影响研究. 中国媒介生物学及控制杂志, 2000, 1: 347-348.
- 19 胡玉祥, 孙延昌, 孙传红. 不同温度对中华按蚊增殖能力的实验研究. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 1986, 1: 53-54.

当前较为理想的肠道寄生虫病驱治剂。它的优点主要有:(1)广谱功能更广,既可驱治多种蠕虫,又可驱治原虫(主要是肠道及腔道寄生原虫);(2)近年来,特别值得强调的是 HIV 感染者和 AIDS 患者,因伴随感染微小隐孢子虫等多种肠道孢子形成类原虫所致长期慢性腹泻的治疗有了可能,这在今后一段时间内将发挥更为重要的治疗作用;(3)由于 NTZ 的广谱性,一药多治,在驱治已查见的寄生虫的同时,尚须对虽未查出但已感染的潜在性感染同样发挥驱治作用;(4)NTZ 对人的耐受性较好,有利于在人群中推广应用。但能否用作大面积集体治疗以取代现有的多种特效驱虫药物,尚需进行更多、更细致的观察研究,或采取联合用药以提高疗效。

参 考 文 献

- Rossignol JF, Maisonneuve H. Nitazoxanide in the treatment of *Taenia saginata* and *Hymenolepis nana* infection. Am J Trop Med Hyg, 1984, 33: 511-512.
- Cabello PR, Guerrero LR, Garcia MRM, et al. Nitazoxanide for the treatment of intestinal protozoan and helminthic infection in Mexico. Trans R Soc Trop Med Hyg, 1997, 91: 701-703.
- Doumbo O, Rossignol JF, Pichard E, et al. Nitazoxanide in the treatment of cryptosporidial diarrhea and other intestinal parasitic infections associated with acquired immunodeficiency syndrome in tropical Africa. Am J Trop Med Hyg, 1997, 56(6): 637-639.
- Abaza H, EL-Zayadi AR, Kabel SM, et al. Nitazoxanide in the treatments of patients with intestinal protozoan and helminth infections: A report on 546 patients in Egypt. Cur Ther Res, 1998, 59(20): 116-121.
- Rossignol JF, Ayoub A, Ayens MS. Treatment of diarrhea caused by *Giardia intestinalis* and *Entamoeba histolytica* or *E. dispar*: a randomized double-blind placebo controlled study of nitazoxanide. J Infect Dis, 2001, 184: 381-384.
- Amadi B, Mwiya M, Musuku J, et al. Effect of nitazoxanide on morbidity and mortality in Zambian children with cryptosporidiosis: a randomized controlled trial. Lancet, 2002, 360(9347): 1375-1380.
- Gargala G, Delaunay A, Li X, et al. Efficacy of nitazoxanide, tizoxanide and tizoxanide glucuronide against *Cryptosporidium parvum* development in sporozoite-infected HCT-8 enterocytic cells. J Antimicrob Chemother, 2000, 46(1): 57-60.
- Abdel-Mabound AL, Rossignol JF, EL-Kady MS, et al. Cryptosporidiosis in Benha, study of some recent modalities in diagnosis and treatment. J Egyptian Soc Parasitol, 2000, 30(3): 717-725.
- Rossignol JF, Abaza H, Friedman H. Successful treatment of human fascioliasis with nitazoxanide. Trans R Soc Trop Med Hyg, 1998, 92(1): 103-104.
- Rossignol JF, Hidalgo H, Fenegrino M, et al. A double blind placebo-controlled study of nitazoxanide in the treatment of cryptosporidial diarrhea in AIDS patients in Mexico. Trans R Soc Trop Med Hyg, 1998, 92(6): 663-666.
- Ortiz JJ, Chegne NL, Gargala G, et al. Comparative clinical studies of nitazoxanide, albendazole and praziquantel in the treatment of ascariasis, trichuriasis and hymenolepiasis in children from Peru. Trans R Soc Trop Med Hyg, 2002, 96: 193-196.
- Horton Z. Human gastrointestinal helminth infections: are they now neglected diseases? Trends Parasitol, 2003, 19(11): 527-531.
- Stettler M, Rossignol JF, Fink R, et al. Secondary and primary murine alveolar echinococcosis: combined albendazole nitazoxanide chemotherapy exhibits profound anti-parasitic activity. Int J Parasitol, 2004, 34(5): 615-624.

(收稿日期: 2005-12-26)

(本文编辑: 陈勤)

(上接第 187 页)

- 刘凤, 梅甄天, 胡玉祥, 等. 温度对蚊虫发育历期的影响及与疾病的关系. 中国媒介生物学控制杂志, 1998, 9(3): 185-187.
- 邓绪礼, 任正轩, 孙传红, 等. 山东中华按蚊传播间日疟的研究. 中国寄生虫病防治杂志, 1997, 4: 250-254.
- 温亮, 徐德忠, 王善青, 等. 海南省疟疾病情及利用气象因子进行发病率拟合的研究. 疾病控制杂志, 2003, 7(6): 520-524.
- Hay SI, Were EC, Renshaw M, et al. Forecasting, warning, and detection of malaria epidemics: a case study. Lancet, 2003, 361(9370): 1705-1706.
- 易彬榕, 张治英, 徐德忠, 等. 气候因素对登革热媒介伊蚊密度影响的研究. 中国公共卫生, 2003, 19: 129-131.
- 陈文江, 李才旭, 林明和, 等. 海南省全年适于登革热传播的时间以及气候变暖对其流行势影响的研究. 中国热带医学, 2002, 2: 31-34.
- 俞善贤, 李兆芹, 滕卫平, 等. 冬季气候变暖对海南省登革热流行势的影响. 中华流行病学杂志, 2005, 26(1): 25-28.
- 曾四清. 全球气候变化对传染病流行的影响. 国外医学医学地理分册, 2002, 23: 36-38.
- 亢秀敏. 气候变暖与虫媒病流行. 中国媒介生物学及控制杂志, 2001, 12(2): 152-153.
- 于德山, 李慧, 鲍道日娜, 等. 甘肃省 1983~1997 年流行性乙型脑炎疫情分析. 中国公共卫生, 1999, 15(7): 638-639.
- Yousif F, Lammler G. The suitability of several aquatic snails as intermediate hosts for *Angiostrongylus cantonensis*. Z Parasitenkd, 1975, 47(3): 203-210.
- 周卫川, 吴宇芬, 杨佳琪. 福寿螺在中国的适生性研究. 福建农业学报, 2003, 18(1): 25-28.
- 周卫川, 吴宇芬, 蔡金发, 等. 褐云玛瑙螺发育零点温度和有效累积温度的研究. 福建农业学报, 2001, 16(3): 25-27.
- 梅家模, 李志宏, 章承锋, 等. 江西省钩端螺旋体病流行特征的分析. 中国人兽共患病杂志, 2005, 21(3): 265-267.
- 黄清臻, 邵新玺, 周广平. 气候变暖对传染病的影响. 医学动物防制, 2000, 16(2): 110-112.
- 薛新春. 全球气候变化对虫媒等传染病流行的影响. 旅行医学科学, 2005, 11(1): 46-47.
- Ikemoto T, Takai K. A new linearized formula for the law of total effective temperature and the evaluation of line-fitting methods with both variables subject to error. Environ Entomol, 2000, 29(4): 671-682.
- 洪青标, 姜玉骥, 杨坤, 等. 钉螺卵在恒温环境中发育零点温度和有效累积温度的研究. 中国血吸虫病防治杂志, 2004, 16(6): 432-435.
- 孙乐平, 周晓农, 洪青标, 等. 日本血吸虫幼虫在钉螺体内发育起点温度的研究. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2003, 21(5): 303-306.
- Jetten TH, Martens WJ, Takken W. Model stimulations to estimate malaria risk under climate change. J Med Entomol, 1996, 33(3): 361-371.
- Martin PH, Lefebvre MG. Malaria and climate: sensitivity of malaria potential transmission to climate. Ambio, 1995, 24: 200-209.
- 苏永强, 张治英, 徐德忠, 等. 运用空间局部内插研究海南省疟疾空间分布特征. 中华流行病学杂志, 2003, 24(4): 269-272.

(收稿日期: 2006-01-09)

(本文编辑: 陈勤)