



评述

全球变化对人类传染病发生与传播的影响

吴晓旭^{①†}, 田怀玉^{①††}, 周森^②, 陈丽凡^①, 徐冰^{①②*}

① 遥感科学国家重点实验室, 北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院, 北京 100875;

② 清华大学环境学院, 北京 100084

* 联系人, E-mail: bingxu@tsinghua.edu.cn

† 同等贡献, E-mail: wuxx@bnu.edu.cn

†† 同等贡献, E-mail: tianhuaiyu@gmail.com

收稿日期: 2013-02-06; 接受日期: 2013-04-19; 网络版发表日期: 2013-10-30

国家重点基础研究发展计划(编号: 2010CB530300, 2012CB955501 和 2012AA12A407)、国家自然科学基金项目(批准号: 41271099)和中国博士后科学基金(编号: 2012M510344)资助

摘要 在自然条件与人类活动加速全球变化的驱动下, 传染病发生和传播的模式也在发生改变. 自然因素尤其是气候变化将直接或间接影响许多传染病的暴发和传播. 气温、降水、湿度和光照等气象要素通过影响病原体、宿主和疾病的传播媒介, 从而改变传染病的发生和传播; 极端气候事件引起的干旱、洪涝等气象灾害会直接对人类造成伤害并影响传染病的发生与传播; 地表生态系统包括下垫面类型和植被分布也会间接对传染病的暴发产生影响. 人类活动也是影响传染病传播的间接动力. 其中, 国际化、普遍化的旅行以及农村向城市的人口迁移所造成的人口流动是传染病大规模传播的根本原因; 快速城市化伴随的城市基础设施滞后以及城市边缘传染病的高风险将改变传染病及其造成死亡的模式; 农业侵占、森林砍伐等土地利用变化, 已经引发了一系列疾病暴发并改变了许多地方病的传播方式; 飞速发展的航空、公路和铁路交通运输, 不但加快了疾病传播的速度, 也扩大了疾病传播的范围. 另外, 频繁的经济贸易增加了传染病暴发的可能性, 为病原体远距离扩散、新型病毒随牲畜贸易沿途扩散等提供了途径.

关键词
全球变化
传染病
自然因素
人类活动

20 世纪以来, 全球传染病的总体发病水平经历了一系列起伏. 在世纪初流感大流行, 世纪中期各类传染病相对低发, 然而 70 年代以后, 新传染病(艾滋病、SARS、高致病性禽流感、埃博拉出血热、军团病和莱姆病等)不断出现, 加上旧传染病(流感、结核、霍乱、血吸虫、鼠疫及性病等)的重新肆虐以及生物袭击、人为活动造成的传染病(例如: 艾滋病 HIV)也相继发生和流行. 各类传染病已经对人类健

康、社会稳定和经济发展造成前所未有的冲击, 全球每年有近 1500 万人死于传染病(占总死亡人数的 25%以上)(Morens 等, 2004), 发病与死亡给发展中国家带来了沉重的经济负担(Guerrant 和 Blackwood, 1999). 目前人类生存所面临的重大威胁中, 传染病仍然与战争、饥荒排在首位(Morens 等, 2004; Binder 等, 1999).

在全球自然与社会环境变化的驱动下, 传染病

中文引用格式: 吴晓旭, 田怀玉, 周森, 等. 全球变化对人类传染病发生与传播的影响. 中国科学: 地球科学, 2013, 43: 1743–1759

英文引用格式: Wu X X, Tian H Y, Zhou S, et al. Impact of global change on transmission of human infectious diseases. Science China: Earth Sciences, 2013, doi: 10.1007/s11430-013-4635-0

发生和传播模式已经发生改变. 自然因素尤其是全球气候变化将直接或间接影响许多传染病的传播过程. 全球变暖还将使海平面和海表面温度上升, 从而增加经水传播疾病(例如霍乱和贝类水产品中毒)的发病率(McMichael 等, 1996; Patz 等, 1995). 研究表明气候变化(如气温升高、降雨量增加、更频繁的洪水、风暴和海平面上升等)和环境恶化(如在难民营里)可引起霍乱暴发流行(童世庐和吕营, 2000). 全球气候变化将影响虫媒传染病的传播, 这些影响主要表现在改变媒虫的地区分布、增加媒虫繁殖速度与侵袭力和缩短病原体的外潜伏期. 受气候变化影响较大的虫媒传染病包括疟疾、血吸虫病、登革热和病毒性脑炎等(McMichael 等, 1996; Patz 等, 1995). 极端气温、强降雨量和气候相关的自然灾害可以直接导致死亡、伤害和疾病. 气候变化对人群健康的间接影响则主要体现在: 通过影响传染源导致传染病的发生增加及地理分布扩大; 通过影响粮食产量导致营养不良型疾病发生; 通过海平面升高引起的人口迁移导致传染病和心理疾病增加; 通过影响空气质量导致呼吸道传染病增多; 通过影响社会、经济和人口导致更广泛范围的公共卫生问题(<http://www.unep.org/annualreport/2011/>).

社会人文因素对传染病的发生、发展、变化起到重要作用(Jones 等, 2008). 一方面, 土地利用、人类居住环境, 频繁的经济贸易、激增的旅游交通量被认为是传染病反复肆虐的重要驱动力(Patz 等, 2004; Taylor 等, 2001; Weiss 和 McMichael, 2004; Woolhouse 和 Gowtage-Sequeria, 2005), 并带来了众多社会问题, 诸如抗生素的滥用导致耐药株和变异株病原体的出现(疟疾、登革热、结核、霍乱和流感等), 用地的变化诱发传染病流行(开垦荒地、砍伐森林引起出血热的发生及扩散); 另一方面, 人类活动方式的改变助长了传染病的传播(人口流动频繁、色情服务及多性伴、非法贸易、食品工业化、机械化生产的加温不足、消毒不严等).

1 自然环境与传染病

在全球自然与人类活动的驱动下, 传染病发生和传播的模式也在发生改变(图 1). 自然因素, 包括气温、湿度、降水、植被和土地利用等, 将直接或间接影响许多传染病的暴发和传播. 其中, 气候变化对传染病的影响范围最广、影响作用也较大. 人类活动

既是气候变化的主要驱动力, 也是影响传染病传播的间接驱动力.

1.1 气候变化与传染病

1.1.1 气象因子与传染病

气象因子对传染病的影响方式有三种: 一是影响病原体, 二是影响宿主(Kuhn 等, 2005), 三是影响疾病的传播途径.

(i) 气象因子对传染病病原体的影响

温度和湿度可以直接影响病原体的繁殖及其在环境中的生存时间(张颖和毕棚, 2008). 气温对病毒具有显著影响. 首先, 大多数的病毒、细菌以及寄生生物都有存在的临界温度, 低于或者高于某个温度其都无法存活. 例如: 疟疾寄生虫恶性疟原虫存活的临界温度是 18℃(MacDonald, 1957), 疟疾的传播必须在 16~33℃, 否则孢子生殖不能发生. 疟疾最理想的传播环境是湿度高、温度在 20~30℃(Khasnis 和 Nettleman, 2005). 恶性疟原虫 *P. falciparum* 和 *P. vivax* 在疟蚊中存活的临界温度分别是 18℃和 15℃(Duane 等, 2001). 日本脑炎病毒存活的临界温度是 20℃(Mellor 和 Leake, 2000). 许多病原体, 如 *Vibrio cholerae*, Hepatitis E 病毒, 都局限于某些热带地区(Hunter, 2003), 也是因为受到温度的限制. 其次, 温度会影响传染病病毒的进化, 从而造成新型传染病的暴发. 例如, 全球变暖会造成流感病毒的进化和流感的规模暴发(Aimone, 2010; Brown, 2010; Gibbs 和 Anderson, 2010; Tang 等, 2010), 新的流感病毒不断出现进而威胁人类和其他物种的健康和安全. 研究表明, 全球温度和核蛋白之间存在一定的相关关系, 而气候变化在某种程度上会影响虫媒病毒的演化(Gould 和 Higgs, 2009), 进而影响突发疾病的变化格局. 此外, 温度会影响病毒的传染力和风险, 秘鲁的一项研究表明气温每升高 1℃可以导致患严重腹泻的危险增加 5%(Checkley 等, 2000); 澳大利亚的研究显示温度与沙门氏菌感染病例数呈正相关(D'Souza 等, 2004).

(ii) 气象因子对传染病宿主的影响

气候变化对传染病宿主的影响表现在以下几个方面. (1) 节肢动物的时空分布; (2) 节肢动物的生命周期特点; (3) 相关虫媒病毒的扩散模式; (4) 从节肢动物到脊椎动物的传播效率(Gould 和 Higgs, 2009).

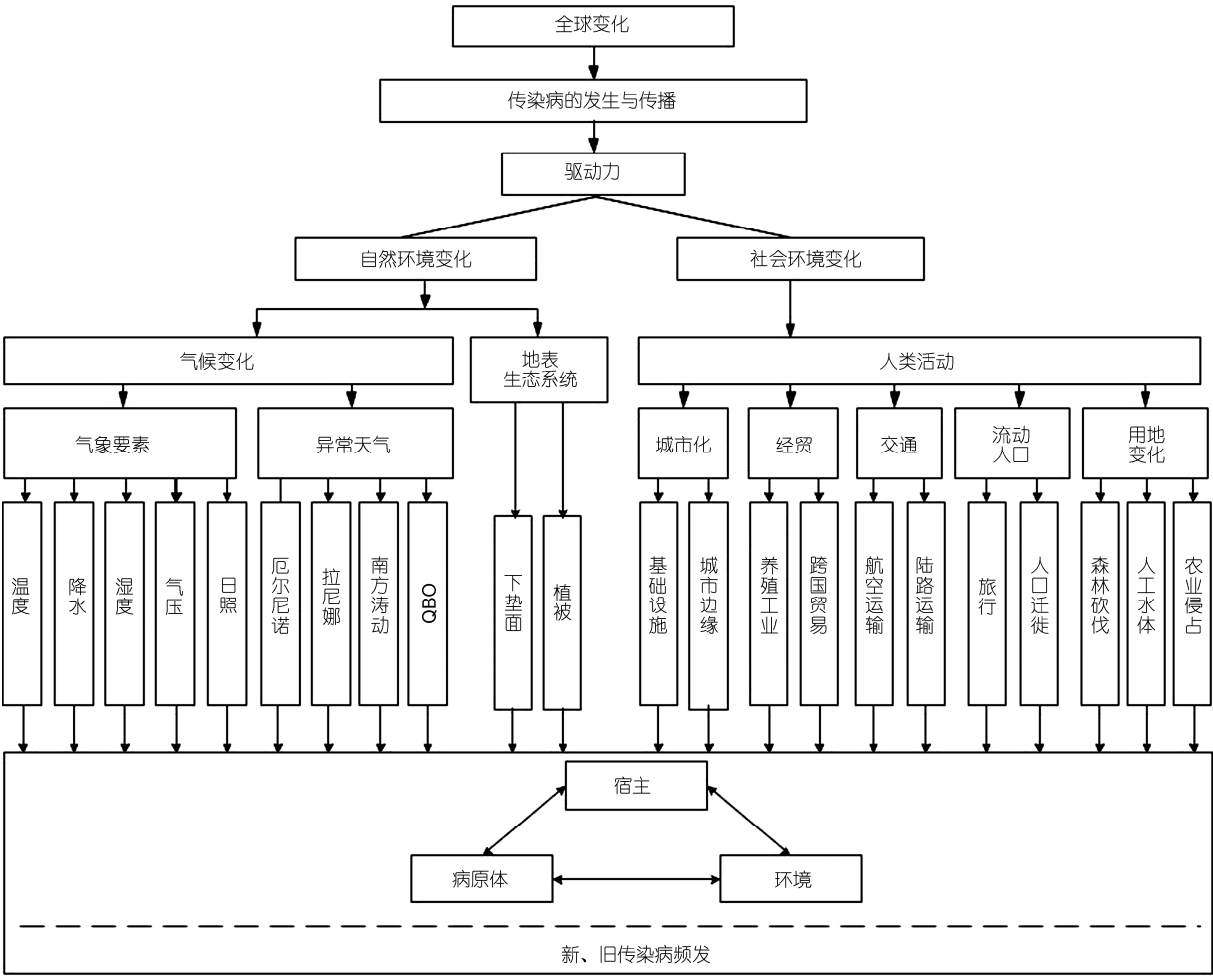


图 1 全球变化对人类传染病发生与传播的影响

节肢动物媒介是冷血动物(变温动物), 对于气候因子的变化十分敏感. 气象情况影响了带菌者的生存和繁殖率, 进而影响了其栖息地、分布和数量、全年带菌者活动的时空格局、带菌者病原体的发展、生存和繁殖率(Lafferty, 2009). 带菌者之间的斗争与气温和湿度正相关, 并且与降水和日照有关, 这些在疾病流行期间都比较高(Rogers 和 Randolph, 2006). 虫媒宿主的地理分布与种群变化都与温度、降雨和湿度的格局密切相关. 温度升高会加速昆虫的新陈代谢、增加产卵数量、提高血液循环频率(Mellor 和 Leake, 2000). 全球变暖以及主要天气模式的变化都有可能对水圈和脆弱的大气圈产生巨大影响(Zell, 2004), 尤其是对物种多样性、人类健康和传染病的分布(Harvell 等, 1999; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001), 其中一个威胁就是人与媒传疾病以及水传染

病的接触增多. 因此, 全球变暖有利于疟疾的传播(Khasnis 和 Nettleman, 2005). 降水的影响也非常显著, 降水通过影响湿度, 可以间接地影响昆虫的寿命; 相对潮湿的环境更有利于昆虫繁殖, 从而增加季节性虫媒的地理分布和季节多度(Kuhn 等, 2005). 此外, 蚊蝇类宿主对于气候十分敏感, 气候会影响它们的繁殖速率和死亡速率(Zell, 2004).

温和的气象条件有利于虱类的繁殖, 这会影响克里米亚刚果出血热的分布(Ergönül, 2006), 在土耳其暴发的疾病就与暴发前春季气温温和有关系(Cazorla 等, 2003). 啮齿目动物的数量也受气候的影响, 尤其是温暖湿润的冬季和春季都会使啮齿目动物的数量增加, 这都是近些年观察的结果(Kausrud 等, 2007). 随着气候的变化, 啮齿目动物的数量有可能在温带增多, 这就导致了人类和啮齿目动物的接触

增多, 疾病传播的危险性增加, 尤其是在城市地区. 在一些欧洲国家由于卫生设施的损坏和医疗保健知识的不足都导致了鼠疫的增加(Kausrud 等, 2007). 温和的气候条件对啮齿目动物的种群数量增加很有利. 当然, 严酷的气候条件(例如热浪)可能导致啮齿目动物在室内觅食, 这样会增加啮齿目动物与人的接触(Kausrud 等, 2007), 而主要宿主的数量波动与鼠疫事件发生的次数有关系(Davis 等, 2004). 在中亚地区的气候变化有利于鼠疫的传播, 据预测温度每升高一度, 鼠疫耶尔森氏杆菌病在其宿主内就增加 50% (Stenseth 等, 2006). 瘟疫流行病在中亚更加常见, 也会对欧洲国家有影响(Akiev 等, 1976). 在斯里兰卡, 干旱使大河断流, 河床积水可为当地媒介蚊种提供大量孳生地, 使得疟疾频发. 通常在 ENSO 年份, 斯里兰卡东北季风带来充足的雨水, 而西南季风则不能. 近年来疟疾在有些地方的回升也可能与 ENSO 有关. 在巴基斯坦, 近几十年来恶性疟疾传播期延长与 ENSO 年份后期季节温度增高有关, 而高温正是处在 ENSO 年间. 温度可直接影响疟原虫的生长和蚊虫的生命周期. 充沛的雨量有利于蚊虫的滋生, 适宜的气候条件可加强蚊虫的侵袭力. 1987 年, 疟疾在卢旺达大流行, 主要是由于气温(尤其是最低气温)升高和连续下雨(Bouma 等, 1994). 气温可影响血吸虫和钉螺的生长发育、繁殖和死亡, 并可影响人群和疫水的接触情况(童世庐和吕营, 2000). 一般在低气温时(9℃以下), 血吸虫感染不会发生; 但感染机率随气温升高而增加, 气温在 24~27℃时, 血吸虫感染率可达最高; 但气温过高时(39℃或以上), 可造成钉螺死亡, 血吸虫感染率反而下降(McMichael 等, 1996). 此外, 钉螺分布还受到降雨量的影响(McMichael 等, 1996). 气温是影响登革热传播的重要因素, 当气温升高时, 病毒在蚊虫体内的潜伏期缩短, 蚊虫叮咬人群的频率加快. 此外, 传播登革热病毒的蚊虫分布区域也可能扩大(McMichael 等, 1996; Patz 等, 1995). 全球趋暖将可能增加经食物传播疾病的发生. 例如, 1982~1991 年, 英国经食物传播疾病的发病率与平均气温密切相关, 而且这种相关尚有阈值, 即平均气温高于 7.5℃时, 这种相关关系才存在(童世庐和吕营, 2000).

(iii) 气象因子对传染病传播途径的影响

气候变化会通过影响疾病传播途径, 进而影响传染病的发生与传播. 例如, 气候变化会造成空气被

污染, 以及洁净水和食物的短缺(Debono 等, 2012), 进而使得传染病的高发区域与发病模式发生变化, 影响传染病的发生与传播.

首先, 气候变化会通过影响水环境进而改变传染病的传播. 以赤潮为例, 全球变暖为藻类过度繁殖提供了条件, 在温暖的水体及污水沟中形成的赤潮会产生大量毒素, 这造成了近年来肝癌发病率的高升, 并且随着海水表面温度的逐步升高, 肝癌开始向高纬度海域及低温海域扩散(Luber 和 Prudent, 2009). 赤潮一旦在饮用水源中暴发, 将会对公众健康产生巨大的威胁. 此外, 来源于赤潮海域的鱼类受到污染后被食用, 这将间接影响到人类健康(Morris 等, 1982). 气候变化及资源过度开采将增大非洲及东南亚国家的洁净水缺口(Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007), 缺乏洁净水将引发一系列水源传播的传染病, 在针对欠发达、发展中国家 5 岁以下儿童进行的研究表明: 较低的降水量与腹泻等疾病的暴发存在紧密联系(Lafferty, 2009).

其次, 气候变化会通过影响食物进而改变传染病的传播. 气候变化(通过温度、降水、土壤湿度等变化)使粮食产区发生了变化或移动(McMichael, 2001). 处于粮食产区变动或减产地区的人口往往营养不良(发展中国家居多), 为生存而狩猎野生动物、较差的健康状况与卫生条件增加了传染病的风险(US Global Change Research Program, 2001). 模型研究也表明, 全球气候变化导致的粮食减产将增加 5%~10% 的贫困人口(Parry 等, 2004), 大量的难民与流动人口将引发一系列传染病的暴发(McMichael 等, 2006). 平均温度的上升致使沙门氏菌、弯曲菌致病人数量明显增加(D'Souza 等, 2004), 对于脆弱人口, 食物源疾病亦可致死(Hall 等, 2002). 在欧洲大陆(10 个国家)食物感染沙门氏菌的报告病例上升近 30%(Kovats 等, 2004), 在英国的调查中也发现食物中毒发病率与 2~5 周前的温度联系紧密(Bentham 和 Langford, 2001).

此外, 气候变化会通过影响空气进而改变传染病的传播. 一项针对气候变化对美国东部未来 50 年空气污染潜在影响的报告称, 2050 年气候变化引起的与臭氧相关的死亡人数将比 1990 年增长 4.5%(Hogrefe 等, 2004). 气候变化可能改变花粉和孢子传播的地理范围及时间, 从而导致如花粉热和哮喘等过敏性疾病的流行(Beggs, 2004).

1.1.2 异常天气事件与传染病

异常气候事件会对蚊媒病、鼠媒病和虱媒病产生显著影响(Zell, 2004). El Niño 事件发生期间, 新兴疾病暴发的数量显著增多(Epstein, 1999), 如: 发生在秘鲁的腹泻(Checkley 等, 2000)、南非的非洲马病(Baylis 等, 1999)和南太平洋的骨痛热(Hales 等, 1996)等; 其中, 1997 年和 1998 年发生在美国西南部福科纳斯地区的汉坦病毒活动的增强以及在东非地区周期性裂谷病流行疾病的暴发与厄尔尼诺有关(Epstein, 1999). 美国科罗拉多州的人类感染的案例与厄尔尼诺有关(Hjelle 和 Glass, 2000), 推断厄尔尼诺带来的降雨量的增多使得啮齿目动物数量增多. 这使得种内斗争加剧, 而且人与鼠的联系也增强了汉坦病毒的活动(Zell, 2004). 厄尔尼诺与霍乱的暴发也有相关性. 我国 1991 年、1998 年同样发生了百年未遇的特大洪涝灾害, 但 1991 年并没有霍乱流行, 而 1998 年却有大规模霍乱的流行, 这是因为 1991 年的洪涝是由于厄尔尼诺现象引起, 该年洪涝造成我国东南沿海海水温度下降, 海水含盐量降低, 从而不利于霍乱的流行, 而 1998 年的洪涝是由于拉尼娜现象引起, 造成东南沿海水温异常升高, 有利于霍乱弧菌生长繁殖(王力建和魏承毓, 2000). 1983 年厄瓜多尔、秘鲁和玻利维亚的疟疾暴发流行, 与大雨及伴随发生的厄尔尼诺现象(El Niño-Southern Oscillation, ENSO)有关.

赤道地区平流层西风准两年振荡 QBO(Quasi Biennial Oscillation)与对流层的天气模式有关, 例如: 南方涛动引起的气压变化等. 近期, 有人证实昆士兰州(澳大利亚)发现的罗斯河病毒(Ross river virus)具有明显的季节变化特征, 其高峰期出现在夏秋季节. 昆士兰州东南部夏季降雨的加剧与西部 QBO 的出现有很大的关系, QBO 会通过对该地区环境的影响进而影响病毒的活动(Zell, 2004).

1.1.3 异常天气引起的气象灾害与传染病

干旱与某些传染病的暴发密切相关. 1993 年在美国福科纳斯地区新墨西哥州, 科罗拉多州, 犹他州和亚利桑那州发生了致命性非典型肺炎非正常性暴发. 布尼亚病毒科的汉坦病毒属的一种盖茨流行病的病原体, 它被命名为辛诺柏(Sin Nombre)病毒(Nichol 等, 1993; Wenzel, 1994). 随后人们发现辛诺柏(Sin Nombre)病毒是依靠鹿鼠传播的. 在之前 1993 年的春季和夏季汉坦病毒暴发的时候, 当地由于冬

季的降雨异常暴发了长期的干旱. 这使得啮齿目动物的数量在疾病暴发初期戏剧性地增长了 10 倍(Engelthaler 等, 1999). 由于食物短缺, 鹿鼠侵入人类活动范围觅食, 并且带来了病毒. 这就使得汉坦病毒肺综合征暴发. 严重干旱会造成供水不足, 居民采用不流动的水潭供水、二次供水和长期存水等措施, 一旦出现水源污染, 很容易造成肠道传染病的暴发(杨海, 2007; 封建祥, 2000). 干旱可以使污染物在水坝聚集, 造成水系中的水坝、湖泊内蓝藻大量繁殖、产生毒素(Hunter, 2003).

暴雨同样与一些传染病的发生相关. 病原体属于布尼亚病毒科的白蛉热病毒属, 表现在人类身上的症状是发烧、伴有视网膜炎症状的脑炎, 于 1912 年首次暴发(Gonzalez-Scarano 等, 1996), 该病毒主要寄生在蚊蝇的体表, 以伊蚊和库蚊属为主(Wilson 等, 1994). 裂谷热发生于大暴雨之后, 同时赤道东太平洋和赤道西印度洋的海水水温有异常现象(Linthicum 等, 1999). 除海水水温升高外, 降雨导致在东非出现了大量的草原洼地, 为那些未发育完全的蚊蝇提供了发育地. 这些涝原草地上有大量的被感染的伊蚊虫卵, 这是裂谷热暴发的起源. 裂谷热随着雨季的褪去和蚊蝇数量的减少而消失(Zell, 2004). 国内也对洪涝灾害对传染病的影响进行了研究. 洪涝灾害发生后, 环境卫生恶化、人群暴露危险因素增加, 往往导致多种传染病的暴发与流行. 1998 年湖北省咸宁市遭受洪灾, 经调查发现(周国甫, 2000): 洪灾前期, 发病以呼吸道传染病为主, 灾期以肠道传染病为主, 灾后期与灾后效应期又以呼吸道传染病为主, 虫媒传染病主要发生于灾期, 自然疫源性疾病主要发生于灾后与灾后效应期. 洪涝灾害对传染病的影响如下: (1) 对钉螺扩散及血吸虫病的影响: 洪灾期间, 钉螺随着洪水、漂浮物或其他途径向周边地区扩散, 使钉螺面积扩大. 人群血吸虫病感染率增加(谢朝勇等, 1999; 张世清等, 2003, 2004). (2) 对钩端螺旋体(钩体)病的影响: 钩体病是由致病性钩体引起的动物源性传染病, 主要传染源为鼠类和猪. 多数学者认为, 灾害后能否发生灾区钩体病的流行主要取决于传染源带菌率的高低(任军等, 2005). 研究发现鼠密度与钩体病发病率呈正相关(潘会明等, 2003). (3) 对肾综合征出血热(HFRS)的影响: HFRS 为自然疫源性疾病, 鼠为主要传染源. 人和鼠一旦有共同聚集, 接触和感染的机会增加, 很容易发生局部暴发或流行. 但有些时候

洪水可减少鼠类数量, 反而使发病率降低. 这是由于洪水暴发时, 灾区鼠类来不及迁移或无处逃生, 会被洪水淹死一部分, 因传染源数减少, 发病数也减少. 而伴随着鼠类向高处或边缘地区迁移造成非灾区传染源数量增加, 人鼠接触机会增多, 发病率也相应增加(陈化新和李全乐, 1999; 陈化新, 1999). (4) 对肠道传染病的影响: 洪涝灾害期间, 居民的供水设施以及厕所等卫生设施受到冲毁或浸泡, 使水井、水塘等水源受到粪便垃圾等的污染, 直接造成多种肠道传染病的暴发与流行. 其中感染性腹泻是多发病(陈素良和朱会宾, 1998; 程峰等, 1999). (5) 对疟疾的影响: 研究显示降雨量与疟疾发病率有相关性(温亮等, 2003), 洪水会加重疟疾高发区的疫情(张莲芝等, 2004). 另外, 强降雨及暴风雨则有可能将污水及废水带入饮用水源或水坝, 从而致病(Thomas 等, 2006). 目前模型研究的热点集中在气候变化引起的饮用水安全性与可用性变化模拟(Ferguson 等, 2007).

热浪也常常与一些传染病的发生相关. 1996~1997 年在罗马尼亚东南部暴发的传染病与 2000 年在以色列暴发的传染病很相似, 这些都与夏季初期高温产生的热浪有关(Rogers 和 Randolph, 2006).

1.2 地表生态系统与传染病

传染病的暴发与下垫面类型相关, 研究发现湿地的出现与印度次大陆高致病性禽流感病毒 H5N1 的暴发相关(Adhikari 等, 2009); 罗马尼亚首例禽流感检测在遥远的多瑙河三角洲, 该三角洲是欧洲最大的湿地, 维系传播循环的关键一点是禽病毒可以脱离宿主而存在于水中, 水体可以加速排泄物和唾液的传播, 使得病毒在没有宿主的情况下存在, 并且在不同宿主间重新分布病毒(Gilbert 等, 2008). 在中国、印度和巴基斯坦都发现: 高致病性禽流感(HPAI H5N1) 的发生与水体和湿地的分布密切相关(Adhikari 等, 2009; Fang 等, 2008; Biswas 等, 2009). 通过分析候鸟迁徙、家禽移动以及野鸟、留鸟交接区内野鸟和留鸟的相互作用, 对全球 H5N1 禽流感的传播有了新的认识(Liang 等, 2010).

传染病的暴发与植被生态系统相关, 在中东和非洲北部, 高致病性禽流感 H5N1 发生在 NDVI 值具有大的季节变化的区域(Williams 和 Peterson, 2009), 欧洲高致病性禽流感(H5N1)的暴发也和 NDVI 密切相关(Si 等, 2010). 利用时间序列的 NDVI 数据研究

发现, 非洲和中东高致病性禽流感(HPAI H5N1)的发生与植物的物候特征不同有关系(Williams 等, 2008, 2009). 这是因为植物的分布影响水禽的食物来源, 进而影响水禽的分布和移动.

多种自然因素常常共同作用来影响传染病的发生与传播. 研究发现, 影响高致病性禽流感(HPAI H5N1)在欧洲野鸟间发生与传播的主要环境影响因子包括: 12 月份 NDVI 值的增加; 3 月份 NDVI 值居中, 低海拔; 1 月份最低温的增加和降水量的减少(Si 等, 2010). 认为高致病性禽流感(HPAI H5N1)在欧洲野鸟间发生主要受到食物来源、温度升高和降水减少的影响(Si 等, 2010). 全球变暖以及气候模式的改变可能会对水圈(强降雨、洪水、风暴、热浪和干旱)产生显著影响. 研究发现: 巴基斯坦西北部发生的恶性疟疾与 9 月、10 月连续的降雨、以及 11 和 12 月持续的高温天气有关系(Bouma 等, 1996).

2 人类活动与传染病

人类活动通过以下几个方面对传染病的发生与传播产生影响(图 1).

2.1 激增的流动人口

2.1.1 国际化、普遍化的旅行

近一个世纪以来, 随着交通工具的发展, 人类从局限的地区间旅行过渡到国际旅行, 最近 50 年国际旅行者数量增长了 1300%(Mavroidi, 2008), 据统计, 每天有近百万旅客在国际旅行中, 每周有一百万旅客从发达国家到发展中国家(或反方向)旅行(Garrett, 1996), 每年产生近 7 亿人次的旅行(Gossling, 2002). 而生态旅游、探险旅游则是增长速度最迅猛的产业, 同时也是传播风险极高的活动, 自 1985 年开始每年保持 10% 的增幅速度(Chomel 等, 2007). 快速激增的旅游、公务旅行、移民数量放大了各种病原体的扩散能力(Arguin 等, 2009), 目前已报道传播过的病种包括 HIV、军团病、环孢子虫病、霍乱、病毒性出血热、传染性海绵样脑病、登革热、疟疾、血吸虫病、钩端螺旋体病、肺结核、耐药性痢疾等(Ostroff 和 Kozarsky, 1998); 按传播途径大致可划分为: 经食物或水传播病(Swaminathan 等, 2009)、空气或飞沫传播病、动物疫源传播病等. 2006 年基于医学会全球监测网(Geosentinel Surveillance Network)数据, 统计了 1996

年 6 月至 2004 年 8 月期间 17353 名到发展中国家的旅游患病者信息, 结果显示: 旅行目的中旅游占 59%, 探亲访友占 15%, 商务旅行占 14%, 而疟疾是旅行中致死率最高的传染病, 腹泻则是出现频率最高的疾病, 其次是登革热、伤寒(Freedman 等, 2006; Hill, 2006). 非洲蜱咬热, 经由旅游已被报道超过 350 起跨大洲病例(Jensenius 等, 2004); 由埃及伊蚊、白蚊传播的登革热原是热带地区的地域性传染病, 但随着旅游者受染后在途中或回本国后发病并成为新的传染源, 已经在世界范围内广泛传播. 利什曼病在 20 世纪最后 20 年中快速传播, 包括发达国家和非传统疫区国家, 其中一个重要因素便是激增的国际旅游(Antinori 等, 2005; Pavli 和 Maltezos, 2010; Pérez-Ayala 等, 2009). 另一方面, 一些全球性人群聚集事件, 诸如奥运会、世博会、世界杯等, 对旅行的人数、目的地存在巨大影响, 为主办国吸引大量游客的同时也相应增大了传染病暴发的可能, 如医学会全球监测网根据旅行相关的疾病累计趋势对 2008 年的北京奥运会进行评估, 认为其存在潜在风险(Marano 和 Freedman, 2009).

2.1.2 农村向城市的人口迁移

城市化造成的大量人口流动到城市(郊)已经使全球的传染病格局发生变化, 据估计, 在发展中国家激增的城市人口中近 40%来自农村(Leon, 2008), 流动人口往往伴随较差的医疗卫生环境、较高的人口居住密度, 极易造成传染病的暴发, 并在规模巨大的人口流动及空间集疏过程中将疫情进一步扩散. 以中国为例, 1982 年第三次人口普查时, 中国流动人口仅为 657 万人, 占总人口的 0.65%, 而在 2000 年第五次人口普查和 2005 年 1%人口抽样调查时, 中国流动人口已分别高达 1.21 亿人和 1.47 亿人, 占总人口的 9.55%和 11.26%(国务院人口普查办公室, 国家统计局人口和社会科技统计司, 1993, 2002), 在 2003 年的 SARS 事件和 2009 年的甲型 H1N1 流感大流行中, 既是极易被感染的脆弱群体, 又是最不易控制的群体(曾光和张丽杰, 2009; 曾光, 2009). 在中国北京针对流动人口健康的调查研究表明, 从农村到城市的流动人口普遍存在较高的患病风险, 并且精神压力较其他人群更大(Chen, 2011), 类似调查也显示, 病毒性肝炎、梅毒、麻疹、痢疾、流行性腮腺炎、其他感染性腹泻等发病率也显著高于常住人口发病率(杨

莹莹等, 2007), 2006 年底, 中国卫生部、世界卫生组织与联合国儿童基金会在杭州市和北京市进行了城市流动儿童保健现状基线调查, 发现: 杭州市和北京市流动儿童过去两周内腹泻的患病率分别为 16.5%和 13.3%, 咳嗽的患病率分别为 34.2%和 30.4%, 明显高于 1998 年全国贫困农村的水平(黄爱群等, 2008). 类似的情况也发生在其他发展中国家(亚非拉), 如巴西多个城市曾暴发大多出现在农村的利什曼病, 便是由于大量农村人口流入城市造成的(Jeronimo 等, 1994; Werneck 等, 2002), 一些其他形式的皮肤利什曼病也在中亚、西亚人口密集的城市中暴发过(Ashford, 2000), 坦桑尼亚首都达累斯萨拉姆近年暴发霍乱, 究其原因便是大量的流动贫困人口与落后的配套设施(Penrose 等, 2010).

2.2 快速城市化进程

城市化与健康是目前社会人文因素研究的又一热点, 它是 ESSP 全球环境变化与健康研究的 6 个议题之一(Confalonieri 和 McMichael, 2006). 自 20 世纪初英国成为第一个城市人口超过乡村人口的国家, 到 2007 年全球已有一半人口生活在城市中, 联合国更是预测 2050 年将有 63 亿城市人口(Aliról 等, 2011). 20 和 21 世纪是城市化进程中的重要阶段, 也是城市传染病与健康问题凸显的时代. 随着城市化进程的发展, 城市向外扩展, 流动人口激增, 城市人口聚集. 然而, 快速城市化常常伴随着贫困, 居住环境恶化和超出服务能力的人口需求, 这种持续的从农村到城市的人口移动将改变全球传染病和死亡的模式(Hay 等, 2005).

2.2.1 滞后的城市基础设施

快速扩张的城市一方面极大地改变了各种媒介传染源的生存环境, 环境的突变增加了生物袭击、感染人事件的可能, 进而放大了传染病扩散的可能性(Wu 等, 2010); 另一方面, 落后的基础设施、供水、排水、污水处理系统将为一些媒介生物提供繁殖的便利(Sutherst, 2004). 如快速城市化造成 20 世纪末登革热大流行, Su 等(2005)通过调查发现城市化可能造成登革热主要媒介种类、优势度的变化, 更甚者 Lin 等(2000)认为可能造成媒介生物繁殖地移居室内. 城市排污造成的水污染常常为库蚊(Culex)提供良好的繁殖地, 造成诸如淋巴丝虫病(Maciél 等, 1996)、系统性

红斑狼疮、裂谷热等病的暴发。以中国为例, 未来 20 几年内将有 4 亿农民进城, 这对于卫生医疗及相关配套设施的建设提出了巨大的需求, 由亚非拉国家的经验教训中可看到其背后隐含的巨大风险。

2.2.2 城郊接壤的传染病风险

随着城市的扩张, 发达国家和发展中国家面临着同样的问题, 即城市边缘(城郊)往往首先进入森林、荒地等未开发利用区域, 一方面人类迁入新的区域与环境往往缺乏相应的免疫力, 另一方面人类的介入会在该地区引入新的病原体与传播媒介(McMichael 等, 2006; Ashford, 2000; Charrel 等, 2007; Harrus 和 Baneth, 2005; Patz 等, 2000), 已报道的相关疫病包括黄热病、锥虫病、开萨诺森林病、疟疾和利什曼病(Patz 等, 2000; Molyneux, 2003)。

2.3 持续的土地利用变化

土地利用变化包括农业侵占、森林砍伐、道路修建、建坝拦水、湿地改造、采矿和城市扩大等, 已经引发了一系列疾病暴发, 并改变了许多地方病的传播方式(Patz 等, 2004)。土地利用变化往往通过改变野生动物和家畜的栖息环境、习惯行为, 增加人类与更多病原体、媒介生物的接触机会, 降低地区生物多样性、提高带毒物种优势度, 为虫媒传染病传播媒介提供繁殖地等方式对疾病产生影响。

2.3.1 森林砍伐

自 20 世纪初森林砍伐速度增长加快, 每年有 101724 km² 面积的森林被砍伐, 以 0.3% 的速度逐步消失, 其中热带森林则以全球每年 2%~3% 的速度消失(Wolfe 等, 2000)。森林的消失一方面破坏了原有的生态系统, 土地蜕变为牧场、农田、种植园或荒地等低生物多样性环境, 另一方面形成的许多支离破碎的生物栖息地产生“边际效应”(edge effect), 增加了人与新的病原体、野生动物等接触的机会与频率(Patz 等, 2004), 诸如疟疾(Yasuoka 和 Levins, 2007)、盘尾丝虫病(Wilson 等, 2002)、莱姆病(Killalea 等, 2008)、皮肤利什曼病(Chaves 等, 2008)等虫媒传染病及其对应媒介生物均有所上升, 森林中的种群优势度也随之改变, 随着采光效果提升、荒地面积变大、地表积水增多, 一些森林中的喜光节肢动物种群数量激增; 近年研究发现 SARS、埃博拉病毒、尼帕病毒等一些以

蝙蝠为宿主的病毒性病原体感染也有上升趋势(Leroy 等, 2005; Looi 和 Chua, 2007); 人们逐渐认识到 HIV、恶性疟疾等人畜共患病的感染是人类面对野生动物暴露风险提高后的产物(Keele 等, 2009; Rich 等, 2009)。

2.3.2 人工水体

水坝、灌溉水田等水利设施在完成积水蓄水功能的同时, 也为虫媒传染病的媒介生物提供了繁殖地, 并增加了吸血虫病宿主栖息地扩大、聚集分布的风险(Seto 等, 2002; Xu 等, 2004)。随着人口流动、广泛开发新灌溉区及拦水建坝等行为, 血吸虫病的发病水平、地理分布正在发生改变(Chitsulo 等, 2000)。定量分析临近距离相关性和水文连接度, 可以评价村与村之间寄生虫传输对吸虫病传播和控制的作用(Xu 等, 2006)。尤其以非洲国家为例, 埃及阿斯旺水坝建成后造成的生态变化导致当地埃及血吸虫逐渐被曼氏血吸虫取代, 塞内加尔河贾马水坝、马里几内亚巴芬河马南塔里水坝的建成加剧了北塞内加尔地区曼氏血吸虫疫情的频繁暴发(Southgate 等, 2001), 建成后的三峡大坝被认为将增加钉螺的栖息地范围, 并造成血吸虫病在中国南方地区的进一步传播(Li 等, 2000)。另一方面, 地表水体的变化也相应影响到区域生态环境, 一些虫媒疾病传播媒介的种群优势发生变化, 人工水体淹没了蚋(传播盘尾丝虫病)的繁殖地, 但同时为传播疟疾、丝虫病的按蚊, 血吸虫病的宿主扁卷螺、泡螺提供了栖息地; 水坝泄洪道成为蚋幼虫新的繁殖地点, 曾引发西非盘尾丝虫病的流行。

2.3.3 大面积的农业侵占

农业生产使用了世界将近一半的土地, 耗用了三分之二的淡水资源(Horrigan 等, 2002), 其低生物多样性及脆弱的生态系统为虫媒传染病的发生提供了便利, 发展中国家原始的农业灌溉及密集的灌溉渠成为库蚊、钉螺的理想栖息地, 典型的灌溉水田农作方式为库蚊、钉螺及三带喙库蚊(传播日本脑膜炎症病毒)在地区的流行提供了滋生的土壤。以肯尼亚西部阿海罗地区为例, 阿拉伯按蚊在稻田生长期流行, 而不吉(催命)按蚊则在稻田成熟期流行; 米瓦尼地区雨季过后冈比亚疟蚊大量繁殖, 而旱季则以阿拉伯按蚊为主; 在坦桑尼亚及肯尼亚疟疾暴发与重新流行的研究中发现, 农业过度侵占与耐药性媒介生物

是疫病暴发的关键(Bodker 等, 2000; Shanks 等, 2000).

2.4 飞速发展的交通运输

2.4.1 航空运输

目前, 传染病跨地域传播的速度比历史上任何时候都要快, 这是因为航空运输作为一种快速高效的运输方式, 在疫病长距离传播过程中起到了极大的助推作用. 在针对 2003 年 SARS 事件的研究中, Olsen 等认为 SARS 通过潜伏期患者在航空运输中传播并在世界范围内扩散(Breugelmans 等, 2004; Olsen 等, 2003), Wilder-Smith 等(2003a, 2003b, 2004)通过分析飞往新加坡的航班记录认为 SARS 在飞机上的传播能力被高估, Vogt 则收集了 7 架带有 SARS 病患的赴美航班部分乘客及机组人员信息, 通过回顾性研究认为 SARS 在飞机上传播的风险并未被放大(Vogt 等, 2006). 尽管 SARS 在航空运输中传播的风险等级目前仍存在争议, 但就飞机对疫病的巨大扩散作用已取得共识(Roy 和 Milton, 2004). 这也引起了学者对机场出入境疫情防控措施的相关研究(Wilder-Smith, 2003b, 2004). 同样, 在针对 2009 年甲型 H1N1 流感大流行的研究中, Khan 发现疫情初期与墨西哥通航的国家几乎都出现了甲型 H1N1 流感确诊病例, 扩散速度非常惊人(Khan 等, 2009). Baker 通过某航班的甲型 H1N1 流感调查发现, 与带有症状的患者近距离接触将有较高的被感染风险. 由于待乘客离机后进行后续暴露测量工作低效并且困难(Baker 等, 2010), 因而提出了航班中甲型 H1N1 流感潜在传播风险的测量方法(Wagner 等, 2009). 航空运输作为传染病传播的一种高效途径, 对其他传染病产生的传播风险也备受关注, 包括结核病(Abubakar, 2010; Dowdall 等, 2010; Kornlyo-Duong 等, 2010)、疟疾(Bradley, 1989; Tatem 等, 2006)、瘟疫(Pascali, 1982)、黄热病(Oliva, 1979)、霍乱(Rondle 等, 1978)、登革热、诺瓦克病毒(Kirking 等, 2010)和流行性脑膜炎球菌病(Rachael 等, 2009). 航空运输产生的主要传播风险包括人际间传染病飞沫传播、近距离接触, 虫媒、动物源性传染病传播媒介混入机舱, 机载水源、食物被污染等. 据估计, 2010 年约有 36 亿人次的航空旅客(<http://www.iata.org/pressroom/Documents/IATAAnnualReport2010>), 这意味着世界上任何一个地方一旦发生疾病暴发或流行, 仅仅几小时后疫病就可能扩散到世界其他地区.

2.4.2 公路、铁路交通

区域间以及区域内交通以公路交通为主. 一方面, 公路交通不仅运送旅客数目较多、而且目的地也更为广泛. 以中国为例, 2009 年公路运输系统运送旅客 2779081 万人, 是同年水运、民航客运量的 100 倍以上, 铁路客运量的 18 倍左右(中国统计局, 2010). 2009 年甲型 H1N1 流感在中国各级城市出现大面积流行, 疫情初期表现为输入性病例的传播, 随后是以输入性病例造成的二代病例为主, 后期出现了由大城市向中小城市扩展, 从东部地区向西部地区扩展的趋势(曾光和张丽杰, 2009), 疫情扩展过程中大量人口的高速流动主要是通过公路交通完成, 因此公路交通是传染病在各国再次扩散的重要风险因子. 另一方面, 货物运输长期以公路为主, 中国 2009 年公路货运量为 2127834 万吨, 占货运总量的 75.3%(中国统计局, 2010), 一些人畜共患病极易通过货运方式大面积扩散, 如高致病性禽流感病毒通过农产品贸易造成更多地区的人畜感染. Fang 等(2009)的研究表明, 在 SARS 事件期间公路、铁路交通网络对疫病在我国的大范围扩散具有重要作用, Wang 等(2006a, 2008)发现北京城区的 SARS 分布与城市环线存在紧密联系, Fang 等(2008)和 Cao 等(2010)发现高致病性禽流感在中国大陆的疫点与到国道的最小距离存在显著联系, 而 Si 在针对欧洲高致病性禽流感的类似研究中未发现此联系(Si 等, 2010)(笔者认为这证明了欧亚大陆高致病性禽流感的驱动力差异假设).

2.5 全球性的经济贸易

20 世纪以来, 随着交通网络的发展、国际合作与国际分工的加强、WTO 等贸易组织的兴起, 全球贸易迸发出巨大的能量, 仅 1980~2000 年国际商品贸易额便攀升了 3~4 倍, 主要贡献来自亚洲(增长 5 倍)(Sutherst, 2004), 近一个世纪以来亚洲被认为是一些新、旧传染病反复肆虐的疫源地(Guan 等, 2002; Li 等, 2004; Smith 等, 2006), 因此频繁的经贸往来无形之中增加了传染病暴发的可能性, 无论是亚洲各国还是与世界各国之间均可能面临病原体远距离扩散、新型病毒随牲畜贸易沿途扩散等问题.

2.5.1 养殖工业(H5N1 事件中的经验教训)

自 1997 年以来, 高致病性禽流感 H5N1 亚型在亚洲家禽中暴发了多起大流行(Li 等, 2004; Smith 等,

2006; Chen 等, 2006), 对东南亚的家禽工业产生巨大破坏(Gilbert 等, 2008), 据世界卫生组织统计, 截至 2011 年 3 月已波及超过 63 多个国家, 导致 535 人被感染, 316 人罹难(http://www.who.int/csr/disease/avian_influenza/country/cases_table_2011_03_25/en/index.html). 根据联合国环境规划署迁徙物种公约工作组公布的技术文件指出, H5N1 亚型禽流感的源头来自集中饲养的家禽, 极端的饲养环境造成病毒的变异(UNEP/CMS). 亚洲国家的家禽养殖可概括为四类: 后院养殖、自由放养、大棚养殖及密闭繁殖; 根据 Songserm 等(2006)在泰国的调研结果, 除密闭繁殖外其他三种养殖方法均存在被 H5N1 病毒感染的风险; 在后续的研究中发现, 后院养殖及自由放养存在较高的感染风险, 带毒候鸟及水中残存的病毒均有可能感染家禽(Biswas 等, 2009; Gilbert 等, 2006), 而亚非国家约 80%的家禽处于后院养殖模式(Aini, 1990; Permin 和 Pedersen, 2002). 截至 2005 年, 亚洲国家已有 1.4 亿只家禽感染 H5N1 病毒, 造成约 100 亿美元的损失(Gilbert 等, 2008; Food and Agriculture Organization, 2005). 控制疫情的有效手段是大范围的围堵扑杀, 截至 2010 年, 世界范围内超过 2.6 亿只家禽被扑杀, 造成全球范围的经济损失约 200 亿美元(<http://www.fao.org/news/story/en/item/41287/icode/>). 我国家禽养殖工业年产量将近 150 亿只, 包括约 56 亿只鸡、7.6 亿只鸭及 3 亿只鹅(Martin 等, 2011), 均对高致病禽流感敏感(Keele 等, 2009), 被感染后死亡率接近 100%(Alexander, 2000, 2007; Webster 和 Rott, 1987), 一旦出现大面积暴发流行造成的损失将难以估量.

2.5.2 跨国贸易中的传播风险

全球范围内每年约有 3.5 亿只活体植物、野生动物被交易(Karesh 等, 2007), 每年运输约 400 万只活鸟(Karesh 等, 2005), 这些鸟大多来自东南亚国家. 普遍认为国家间禽流感传播的主要方式是各种形式的禽类贸易, 包括合法贸易、非法交易等(Alexander, 2000; Capua 和 Marangon, 2006; Olsen 等, 2006; van Borm 等, 2005; Wang 等, 2006b). 已有研究表明, 欧洲禽流感主要风险源于鸟类迁徙, 亚洲禽流感主要风险源于禽类贸易(Kilpatrick 等, 2006). 野生动物贸易存在较高风险, 其风险包括诱发人群间暴发疫情、造成家畜疫情大流行、对国际经济贸易的强烈负面影

响、对家畜工业的巨大冲击以及对本国野生动物、生态系统的影响(Karesh 等, 2005). 自 90 年代中期暴发的一系列传染病, 包括疯牛病、口蹄疫、禽流感、猪流感等对世界经济贸易造成了约 800 亿美元的损失(Karesh 等, 2005), 2003 年初联合国粮农组织称全球超过 1/3 的肉类贸易被禁运. 野生动物被认为是 70% 以上的新发传染病来源(Kuiken 等, 2005), 而一系列的新发病毒传播扩散经由各种形式贸易引发, HIV 病毒被认为源于人类食用非人灵长类动物造成的(Gao 等, 1999), 埃博拉病毒源于与类人猿的接触(Leroy 等, 2004), SARS 冠状病毒则是国际间小型食肉动物贸易诱发的(Bell 等, 2004), 在美国出现的猴天花起源于美国进口加纳当地的啮齿类宠物(Guarner 等, 2004), 在世界范围内消灭两栖动物总量近 30%的壶菌病则源于国际贸易中的非洲爪蟾(Weldon 等, 2004).

2.6 其他人类活动

某种传染病目前的暴发和再暴发可能与社会经济压力有关, 如: 各个地区公共卫生体系的崩溃、疾病防治策略的不足, 以及生态和人口变化所引起的扰动(Taubes, 1997; Gubler, 1998; Reiter, 2001). 其他人类活动, 包括人口数量的增长、农业集约式发展以及疫苗技术的变化, 都有可能改变流感病毒的演化与传播(Vandegrift 等, 2010). 此外, 人口年龄、人口规模、人口构成(如工人与学生等)都会影响流感传播(Stefano 和 Marco, 2010). 流感与人口的年龄结构密切相关, 禽流感的年龄分布特征与季节性感冒有所不同, 具体表现为: 受害人通常是年轻人和老年人. 对流感而言, 年轻人是主要的受害者, 2008 年 2 月统计的 Influenza A(H5N1)病毒感染的平均年龄是 18 岁.

3 讨论与结论

3.1 讨论

3.1.1 自然与人文因素的相互作用

一方面, 自然因素会影响人类活动. 气候变化可以直接影响人类的行为(如季节性居住、迁徙以及冬夏季的生活方式), 人类行为直接影响疾病的传播. 欧洲流感暴发的季节性反映了人们冬季在户外生活的时间更多(Halstead, 1996). 相反, 位于温带的发达国家夏季肠胃炎的多发性与日益升高气温带来的人

类活动有关(人们在户外野炊或者做饭次数越来越多)(Altekruse 等, 1998). 降雨(尤其是强降雨量)可增加饮用水被污染的频率和受污染程度. 气候变化可影响水的来源及卫生状况, 水的短缺会增加人们使用污染水源的可能性, 所有这些因素都可以导致肠道传染病增加(张颖和毕棚, 2008). 另一方面, 人类活动会改变自然因素, 间接影响传染病的发生与传播. Zell(2004)的研究表明: 传染病的传播通过受病原体感染宿主或昆虫的扩散或者位置改变, 或者两种方式同时起作用, 但这些都离不开人类活动的作用. Tang 等(2010)针对 45 个非洲国家及 113 个其他国家气候变化与健康状况的统计分析发现: (1) 收入水平可以调节气候变化对平均寿命的不利影响; (2) 随着收入水平的提高, 气候变化对平均寿命的影响逐渐降低; (3) 气候变化对非洲国家(发展中国家)平均寿命的影响大于其他国家(发达国家), 并且对健康状况的影响远远大于经济水平.

3.1.2 人类适应性活动对传染病的影响

人口长距离旅行(避暑避寒)极易成为病原体扩散的高效载体, 一方面人类进入新的区域与环境往往缺乏相应的免疫力而成为病原体侵入的目标, 另一方面人类的介入会在该地区引入新的病原体与传播媒介, 打乱原有的生态系统, 使一些地方病跨越大洲、大洋成为流行病. 极端天气或气象灾害引发的人口迁徙往往伴随着传染病的暴发, 如暴雨、暴风可以污染饮用水源, 扩大一些虫媒传染病媒介生物的栖息地, 或变相增加与人类的接触频率, 同时灾害期间人群免疫水平、健康状况差, 伴随着大量人口的集中极易引发流行病、传染病的暴发. 据估计气候变化将在世界范围内对粮食、洁净水供给造成巨大压力, 非洲国家、东南亚国家尤甚. 这将进一步刺激为填补粮食缺口而进行的农田侵占、森林砍伐、建坝拦水等行

为, 从而降低地区生物多样性、破坏生态环境, 引发媒介传染病、人兽共患病在人群中的肆虐.

3.2 结论

在全球自然与人类活动的驱动下, 传染病发生和传播的模式也在发生改变. 自然因素尤其是气候变化将直接或间接影响许多传染病的暴发和传播. 气象要素包括气温、降水、湿度、光照等通过影响病原体、宿主和疾病的传播媒介, 从而改变传染病的发生和传播; 此外, 包括厄尔尼诺、拉尼娜、南方涛动和赤道地区平流层西风准两年振荡 QBO 等极端气候事件与传染病的传播相关; 干旱、洪涝等气象灾害也与各类传染病的发生与传播模式密切相关. 传染病的暴发与下垫面类型相关, 例如禽流感的首次发生多与湿地和水体下垫面类型密切相关. 此外, 传染病的发生受植被分布的影响, 植物的分布通过影响传染病宿主动物的食物来源, 进而影响疾病的传播与分布. 自然因素常常共同作用影响传染病的发生与传播, 例如全球变暖以及气候模式的改变可能会对水圈(如强降雨、洪水、风暴、热浪和干旱)产生显著影响. 人类活动也是影响传染病传播的间接动力. 其中, 国际化、普遍化旅行以及农村向城市的人口迁移所造成的人口流动是传染病传播的根本原因. 快速城市化伴随的城市基础设施滞后以及城市变化传染病的高风险将改变传染病和死亡的模式. 包括农业侵占、森林砍伐、道路修建、建坝拦水、湿地改造、采矿、城市扩大等的土地利用变化, 已经引发了一系列疾病暴发并改变了许多地方病的传播方式. 飞速发展的航空、公路和铁路运输, 不但加快了疾病传播的速度, 也扩大了疾病传播的范围. 此外, 频繁的经济贸易增加了传染病暴发的可能性, 为病原体远距离扩散、新型病毒随牲畜贸易沿途扩散等提供了途径. 影响传染病传播的人类活动还包括人口特征、社会卫生体系等因素.

参考文献

- 陈化新, 李全乐. 1999. 中国历次洪涝灾害对肾综合征出血热流行的影响. 中国公共卫生, 15: 666–667
- 陈化新. 1999. 洪涝和干旱灾害对肾综合征出血热流行影响和防治措施建议. 中国公共卫生, 15: 665
- 陈素良, 朱会宾. 1998. 洪涝灾害对灾民腹泻影响因素的 logistic 回归分析. 环境与健康杂志, 15: 166–168
- 程峰, 焦美秀, 郑景山, 等. 1999. 1998 年水灾对湖北省传染病流行的影响与防治对策. 中国公共卫生, 15: 510–511
- 封建祥. 2000. 严重干旱引起痢疾暴发流行的调查报告. 医学文选, 19: 118–119
- 国务院人口普查办公室, 国家统计局人口和社会科技统计司. 1993. 中国 1990 年人口普查资料(共 4 册). 北京: 中国统计出版社
- 国务院人口普查办公室, 国家统计局人口和社会科技统计司. 2002. 中国 2000 年人口普查资料(共 3 册). 北京: 中国统计出版社

- 黄爱群, 潘晓平, 杜清, 等. 2008. 城市流动儿童腹泻和咳嗽患病及影响因素分析. 中国妇幼健康研究, 19: 1–3
- 潘会明, 程德明, 石佑恩, 等. 2003. 洪涝灾害对钩端螺旋体病流行的影响. 中国自然医学杂志, 5: 73–75
- 任军, 顾黎莉, 刘红, 等. 2005. 安徽省沿江沿淮地区洪涝灾害前后钩端螺旋体病监测. 中华流行病学杂志, 26: 690–693
- 童世庐, 吕营. 2000. 全球气候变化与传染病. 疾病控制杂志, 4: 17–19
- 王力建, 魏承毓. 2000. 气象流行病学的研究与前景. 中华流行病学杂志, 21: 311–313
- 温亮, 徐德忠, 王善青, 等. 2003. 海南省疟疾发病情况及利用气象因子进行发病率拟合的研究. 中华疾病控制杂志, 7: 520–524
- 谢朝勇, 杨惠敏, 裘伶, 等. 1999. 1998 年长江洪水后南京钉螺扩散分析. 实用寄生虫病杂志, 7: 187
- 杨海. 2007. 特大干旱对传染病流行趋势的影响. 职业与健康, 17: 15
- 杨莹莹, 郭欣武, 甘亚弟, 等. 2007. 北京市大兴区 2006 年流动人口传染病发病情况. 首都公共卫生, 1: 256–258
- 曾光, 张丽杰. 2009. 中国如何更好地应对甲型 H1N1 流感大流行. 中华流行病学杂志, 30: 653–655
- 曾光. 2009. 我国如何应对甲型(H1N1)流感的几个关键问题. 中华流行病学杂志, 30: 421–423
- 张莲芝, 沈毓祖, 范厚菊. 2004. 安徽省洪涝灾害后疟疾流行与防治对策. 中国寄生虫病防治杂志, 17: 11
- 张世清, 陈金生, 汪吴, 等. 2003. 特大洪水溃堤后对血吸虫病疫情影响的纵向观察. 热带病与寄生虫学, 1: 200–204
- 张世清, 汪天平, 葛继华, 等. 2004. 洪涝灾害对安徽省钉螺扩散的影响. 热带病与寄生虫学, 2: 90–93
- 张颖, 毕棚. 2008. 气候变化与传染病关系述评. 中国健康教育, 24: 781–783
- 中国统计局. 2010. 中国统计年鉴 2010. 北京: 中国统计局出版
- 周国甫. 2000. 洪涝灾害后急性传染病发病特点及防治对策探讨. 湖北预防医学杂志, 11: 72–73
- Abubakar I. 2010. Tuberculosis and air travel: A systematic review and analysis of policy. *Lancet Infect Dis*, 10: 176–183
- Adhikari D, Chettri A, Barik S K. 2009. Modelling the ecology and distribution of highly pathogenic avian influenza (H5N1) in the Indian subcontinent. *Curr Sci*, 97: 73–78
- Aimone F. 2010. The 1918 influenza epidemic in New York City: A review of the public health response. *Public Health Rep*, 125: 71–79
- Aini I. 1990. Indigenous chicken production in Southeast Asia. *World Poultry Sci J*, 46: 51–57
- Akiev A K, Yemelyanov P E, Labunets N F. 1976. European suslik as a possible carrier of plague in natural foci in eastern Europe. *J Hyg Epidemiol Microbiol Immunol*, 20: 82–90
- Alexander D J. 2000. A review of avian influenza in different bird species. *Vet Microbiol*, 74: 3–13
- Alexander D J. 2007. An overview of the epidemiology of avian influenza. *Vaccine*, 25: 5637–5644
- Alirol E, Getaz L, Stoll B, et al. 2011. Urbanisation and infectious diseases in a globalised world. *Lancet Infect Dis*, 11: 131–141
- Altekruse S F, Swerdlow D L, Wells S J. 1998. Factors in the emergence of food borne diseases. *Vet Clin N Am-Food A*, 14: 1–15
- Antinori S, Gianelli E, Calattini S, et al. 2005. Cutaneous leishmaniasis: An increasing threat for travellers. *Clin Microbiol Infect*, 11: 343–346
- Arguin P M, Marano N, Freedman D O. 2009. Globally mobile populations and the spread of emerging pathogens. *Emerg Infect Dis*, 15: 1713–1714
- Ashford R W. 2000. The leishmaniasis as emerging and re-emerging zoonoses. *Int J Parasitol*, 30: 1269–1281
- Baker M G, Thornley C N, Mills C, et al. 2010. Transmission of pandemic A/H1N1 2009 influenza on passenger aircraft: Retrospective cohort study. *Br Med J*, 340: c2424
- Baylis M, Mellor P S, Meiswinkel R. 1999. Horse sickness and ENSO in South Africa. *Nature*, 397: 574
- Beggs P J. 2004. Impacts of climate change on aeroallergens: Past and future. *Clin Exp Allergy*, 34: 1507–1513
- Bell D, Robertson S, Hunter P R. 2004. Animal origins of SARS coronavirus: Possible links with the international trade in small carnivores. *Philos Trans R Soc B-Biol Sci*, 359: 1107–1114
- Bentham G, Langford I H. 2001. Environmental temperatures and the incidence of food poisoning in England and Wales. *Int J Biometeorol*, 45: 22–26
- Binder S, Levitt A M, Sacks J J, et al. 1999. Emerging infectious diseases: Public health issues for the 21st century. *Science*, 284: 1311–1313
- Biswas P K, Christensen J P, Ahmed S S U, et al. 2009. Risk for infection with highly pathogenic avian influenza virus (H5N1) in backyard chickens, Bangladesh. *Emerg Infect Dis*, 15: 1931–1936
- Bodker R, Kisinza W, Malima R, et al. 2000. Resurgence of malaria in the Usambara mountains, Tanzania, an epidemic of drug-resistant parasites. *Glob Change Hum Health*, 1: 134–153
- Bouma M J, Dye C, van der Kaay H J. 1996. Falciparum malaria and climate change in the northwest frontier province of Pakistan. *Am J Trop Med Hyg*, 55: 131–137
- Bouma M J, Sondorp H E, van der Kaay H J. 1994. Climate change and periodic epidemic malaria. *Lancet*, 343: 1440
- Bradley D J. 1989. Current trends in malaria in Britain. *J R Soc Med*, 82(Suppl 17): 8–13

- Breugelmans J G, Zucs P, Porten K, et al. 2004. SARS transmission and commercial aircraft. *Emerg Infect Dis*, 10: 1502–1503
- Brown I H. 2010. Summary of avian influenza activity in Europe, Asia, and Africa, 2006–2009. *Avian Dis*, 54: 187–193
- Cao C X, Xu M, Chang C Y, et al. 2010. Risk analysis for the highly pathogenic avian influenza in mainland China using meta-modeling. *Chin Sci Bull*, 5: 4165–4175
- Capua I, Marangon S. 2006. Control of avian influenza in poultry. *Emerg Infect Dis*, 12: 1319–1324
- Cazorla C, Enea M, Lucht F, et al. 2003. First isolation of *Rickettsia slovaca* from a patient, France. *Emerg Infect Dis*, 9: 135
- Charrel R N, de Lamballerie X, Raoult D. 2007. Chikungunya outbreaks—The globalization of vectorborne diseases. *N Engl J Med*, 356: 769–771
- Chaves L F, Cohen J M, Pascual M, et al. 2008. Social exclusion modifies climate and deforestation impacts on a vector-borne disease. *PLoS Negl Trop Dis*, 2: e176
- Checkley W, Epstein L D, Gilman R H, et al. 2000. Effects of El Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children. *Lancet*, 355: 442–450
- Chen H, Smith G J D, Li K S, et al. 2006. Establishment of multiple sublineages of H5N1 influenza virus in Asia: Implications for pandemic control. *Proc Natl Acad Sci USA*, 103: 2845–2850
- Chen J. 2011. Internal migration and health: Re-examining the healthy migrant phenomenon in China. *Soc Sci Med*, 72: 1294–1301
- Chitsulo L, Engels D, Montresor A, et al. 2000. The global status of schistosomiasis and its control. *Acta Trop*, 77: 41–51
- Chomel B B, Belotto A, Meslin F X. 2007. Wildlife, exotic pets, and emerging zoonoses. *Emerg Infect Dis*, 13: 6–11
- Confalonieri A, McMichael A. 2006. Global environmental change and human health. *ESSP Report No.4*
- Davis S, Begon M, De Bruyn L, et al. 2004. Predictive thresholds for plague in Kazakhstan. *Science*, 304: 736–38
- Debono R, Vincenti K, Calleja N. 2012. Risk communication: Climate change as a human-health threat, a survey of public perceptions in Malta. *Eur J Public Health*, 22: 144–149
- Dowdall N P, Evans A D, Thibeault C. 2010. Air Travel and TB: An airline perspective. *Travel Med Infect Dis*, 8: 96–103
- D'Souza R M, Becker N G, Hall G. 2004. Does ambient temperature affect food-borne disease? *Epidemiology*, 15: 86–92
- Duane J G, Paul R, Kristie L E, et al. 2001. Climate variability and change in the United States: Potential impacts on vector-borne and rodent-borne diseases. *Environ Health Perspect*, 109: 223–233
- Engelthaler D M, Mosley D G, Cheek J E, et al. 1999. Climatic and environmental patterns associated with hantavirus pulmonary syndrome, Four Corners region, United States. *Emerg Infect Dis*, 5: 87–94
- Epstein P R. 1999. Climate and health. *Science*, 285: 347–348
- Ergönül Ö. 2006. Crimean-Congo haemorrhagic fever. *Lancet Infect Dis*, 6: 203–214
- Fang L Q, De Vlas S J, Feng D, et al. 2009. Geographical spread of SARS in mainland China. *Trop Med Int Health*, 14: 14–20
- Fang L Q, De Vlas S J, Liang S, et al. 2008. Environmental factors contributing to the spread of H5N1 avian influenza in mainland China. *PLoS ONE*, 3: e2268
- Ferguson C M, Croke B F, Beatson P J, et al. 2007. Development of a process-based model to predict pathogen budgets for the Sydney drinking water catchment. *J Water Health*, 5: 187–208
- Food and Agriculture Organization. 2005. A Global Strategy for the Progressive Control of Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI). Rome: Food and Agriculture Organization
- Freedman D O, Weld L H, Kozarsky P E, et al. 2006. Spectrum of disease and relation to place of exposure among ill returned travelers. *New Engl J Med*, 354: 119–130
- Gao F, Bailes E, Robertson D L, et al. 1999. Origin of HIV-1 in the chimpanzee *Pan troglodytes*. *Nature*, 397: 436–441
- Garrett L. 1996. The return of infectious disease. *Foreign Affairs*, 75: 66–79
- Gibbs E P, Anderson T C. 2010. Equine and canine influenza: A review of current events. *Anim. Health Res Rev*, 11: 43–51
- Gilbert M, Chaitaweesub P, Parakamawongsa T, et al. 2006. Free-grazing ducks and highly pathogenic avian influenza, Thailand. *Emerg Infect Dis*, 12: 227–234
- Gilbert M, Xiao X, Pfeiffer D U, et al. 2008. Mapping H5N1 highly pathogenic avian influenza risk in Southeast Asia. *Proc Natl Acad Sci USA*, 105: 4769–4774
- Gonzalez-Scarano F, Nathanson N. 1996. Bunyaviridae. In: Fields B N, Knipe D H, Howley P M, eds. *Virology*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers
- Gossling S. 2002. Global environmental consequences of tourism. *Glob Environ Change*, 12: 283–302
- Gould E A, Higgs S. 2009. Impact of climate change and other factors on emerging arbovirus diseases. *T Roy Soc Trop Med H*, 103: 109–121
- Guan Y, Peiris J S, Lipatov A S, et al. 2002. Emergence of multiple genotypes of H5N1 avian influenza viruses in Hong Kong SAR. *Proc Natl*

- Acad Sci USA, 99: 8950–8955
- Guarner J, Johnson B J, Paddock C D, et al. 2004. Monkeypox transmission and pathogenesis in prairie dogs. *Emerg Infect Dis*, 10: 426–431
- Gubler D J. 1998. Resurgent vector-borne diseases as a global health problem. *Emerg Infect Dis*, 4: 442–450
- Guerrant R L, Blackwood B L. 1999. Threats to global health and survival: The growing crises of tropical infectious diseases—Our “unfinished agenda”. *Clin Infect Dis*, 28: 966–986
- Hales S, Weinstein P, Woodward A. 1996. Dengue fever epidemics in the South Pacific: Driven by El Niño Southern Oscillation? *Lancet*, 348: 1664–1665
- Hall G V, D’Souza R M, Kirk M D. 2002. Foodborne disease in the new millennium: Out of the frying pan and into the fire? *Med J Australia*, 177: 614–618
- Halstead S B. 1996. Human factors in emerging infectious disease. *East Med Health J*, 2: 21–29
- Harrus S, Baneth G. 2005. Drivers for the emergence and re-emergence of vector-borne protozoal and bacterial diseases. *Int J Parasitol*, 35: 1309–1318
- Harvell C D, Kim K, Burkholder J M, et al. 1999. Emerging marine diseases—Climate links and anthropogenic factors. *Science*, 285: 1505–1510
- Hay S I, Guerra C A, Tatem A J, et al. 2005. Tropical infectious diseases: Urbanization, malaria transmission and disease burden in Africa. *Nat Rev Microbiol*, 3: 81–90
- Hill D R. 2006. The burden of illness in international travelers. *New Engl J Med*, 354: 115–117
- Hjelle B, Glass G E. 2000. Outbreak of hantavirus infection in the four corners region of the United States in the wake of the 1997–1998 El Niño–Southern Oscillation. *J Infect Dis*, 181: 1569–1573
- Hogrefe C, Lynn B, Civerolo K, et al. 2004. Simulating changes in regional air pollution over the eastern United States due to changes in global and regional climate and emissions. *J Geophys Res*, 109: 2627–2638
- Horrigan L, Lawrence R S, Walker P. 2002. How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. *Environ Health Perspect*, 110: 445–456
- Hunter P R. 2003. Climate change and waterborne and vector-borne disease. *J Appl Microbiol*, 94: 37S–46S
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Chapter 9: Human Health. In: McCarthy J J, Canziani O F, Leary N A, eds. *Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge: Cambridge University Press
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. In: Parry M, Canziani O, Palutikof J, eds. *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press
- Jensenius M, Fournier P E, Raoult D. 2004. Rickettsioses and the international traveler. *Clin Infect Dis*, 39: 1493–1499
- Jeronimo S M, Oliveira R M, Mackay S, et al. 1994. An urban outbreak of visceral leishmaniasis in Natal, Brazil. *T Roy Soc Trop Med H*, 88: 386–388
- Jones K E, Patel N G, Levy M A, et al. 2008. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451: 990–993
- Karesh W B, Cook R A, Bennett E L, et al. 2005. Wildlife trade and global disease emergence. *Emerg Infect Dis*, 11: 1000–1002
- Karesh W B, Cook R A, Gilbert M, et al. 2007. Implications of wildlife trade on the movement of avian influenza and other infectious diseases. *J Wildlife Dis*, 43: 55–59
- Kausrud K L, Viljugrein H, Frigessi A, et al. 2007. Climatically driven synchrony of gerbil populations allows large-scale plague outbreaks. *Proc R Soc B-Biol Sci*, 274: 1963–1969
- Keele B F, Jones J H, Terio K A, et al. 2009. Increased mortality and AIDS-like immunopathology in wild chimpanzees infected with SIVcpz. *Nature*, 460: 515–519
- Khan K, Arino J, Hu W, et al. 2009. Spread of a novel influenza A (H1N1) virus via global airline transportation. *New Engl J Med*, 361: 212–214
- Khasnis A, Nettleman M. 2005. Global warming and infectious disease. *Arch Med Res*, 39: 689–696
- Killalea M E, Swei A, Lane R S, et al. 2008. Spatial dynamics of Lyme disease: A review. *Eco health*, 5: 167–195
- Kilpatrick A M, Chmura A A, Gibbons D W, et al. 2006. Predicting the global spread of H5N1 avian influenza. *Proc Natl Acad Sci USA*, 103: 19368–19373
- Kirking H L, Cortes J, Burrer S, et al. 2010. Likely transmission of norovirus on an airplane, October 2008. *Clin Infect Dis*, 50: 1216–1221
- Kornylo-Duong K, Kim C, Cramer E H, et al. 2010. Three air travel-related contact investigations associated with infectious tuberculosis, 2007–2008. *Travel Med Infect Dis*, 8: 120–128
- Kovats R S, Edwards S J, Hajat S, et al. 2004. The effect of temperature on food poisoning: A time-series analysis of salmonellosis in ten

- European countries. *Epidemiol Infect*, 132: 443–453
- Kuhn K, Campbell-Lendrum D, Haines A, et al. 2005. Using climate to predict infectious disease epidemics. World Health Organ, the WHO Document Production Services, Geneva, Switzerland
- Kuiken T, Leighton F A, Fouchier R A, et al. 2005. Public health. Pathogen surveillance in animals. *Science*, 309: 1680–1681
- Lafferty K D. 2009. The ecology of climate change and infectious diseases. *Ecology*, 90: 888–900
- Leon D A. 2008. Cities, urbanization and health. *Int J Epidemiol*, 37: 4–8
- Leroy E M, Kumulungui B, Pourrut X, et al. 2005. Fruit bats as reservoirs of Ebola virus. *Nature*, 438: 575–576
- Leroy E M, Rouquet P, Formenty P, et al. 2004. Multiple Ebola virus transmission events and rapid decline of central African wildlife. *Science*, 303: 387–390
- Li K S, Guan Y, Wang J, et al. 2004. Genesis of a highly pathogenic and potentially pandemic H5N1 influenza virus in eastern Asia. *Nature*, 430: 209–213
- Li Y S, Sleight A C, Ross A G, et al. 2000. Epidemiology of *Schistosoma japonicum* in China: Morbidity and strategies for control in the Dongting Lake region. *Int J Parasitol*, 30: 273–281
- Liang L, Xu B, Chen Y, et al. 2010. Combining spatial-temporal and phylogenetic analysis approaches for improved understanding on global H5N1 transmission. *PLoS ONE*, 5: e13575
- Lin L H, Chen W J, Ma Y H, et al. 2000. Analysis on relationship between characteristic of bleeding in house and dengue epidemic. *Chin Publ Health*, 16: 610
- Linthicum K J, Anyamba A, Tucker C J, et al. 1999. Climate and satellite indicators to forecast Rift Valley fever epidemics in Kenya. *Science*, 285: 397–400
- Looi L M, Chua K B. 2007. Lessons from the Nipah virus outbreak in Malaysia. *Malays J Pathol*, 29: 63–67
- Luber G, Prudent N. 2009. Climate change and human health. *Trans Am Clin Climatol Assoc*, 120: 113–117
- MacDonald G. 1957. *The Epidemiology and Control of Malaria*. London: Oxford University Press
- Maciel A, Rocha A, Marzochi K B F, et al. 1996. Epidemiology study of bancroftian filariasis in Recife, northeastern of Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 91: 449–455
- Marano C, Freedman D O. 2009. Global health surveillance and travelers' health. *Curr Opin Infect Dis*, 22: 423–429
- Martin V, Pfeiffer D U, Zhou X, et al. 2011. Spatial distribution and risk factors of Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) H5N1 in China. *PLoS Pathog*, 7: e1001308
- Mavroidi N. 2008. Transmission of zoonoses through immigration and tourism. *Vet Ital*, 44: 651–666
- McMichael A J, Haines A, Slooff R, et al. 1996. *Climate Change and Human Health*. Geneva: World Health Organization
- McMichael A J, Woodruff R E, Hales S. 2006. Climate change and human health: Present and future risks. *Lancet Infect Dis*, 367: 859–869
- McMichael A J. 2001. Impact of climatic and other environmental changes on food production and population health in the coming decades. *Proc Nutr Soc*, 60: 195–201
- Mellor P S, Leake C J. 2000. Climatic and geographic influences on arboviral infections and vectors. *Rev Sci Tech OIE*, 19: 41–54
- Molyneux D H. 2003. Common themes in changing vector-borne disease scenarios. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, 97: 129–132
- Morens D M, Folkers G K, Fauci A S. 2004. The challenge of emerging and re-emerging infectious diseases. *Nature*, 430: 242–249
- Morris J, Lewin P, Smith C W, et al. 1982. Ciguatera fish poisoning: epidemiology of the disease on St. Thomas, U.S. Virgin Islands. *Am J Trop Med Hyg*, 31: 574–578
- Nichol S T, Spiropoulou C F, Morozunov S, et al. 1993. Genetic identification of a novel hantavirus associated with an outbreak of acute respiratory illness in the southwestern United States. *Science*, 262: 615–618
- Oliva F. 1979. Current status of yellow fever in the world and the importance of aircraft in its possible spread. *Minerva Med*, 70: 2573–2582
- Olsen B, Munster V J, Wallensten A, et al. 2006. Global patterns of influenza A virus in wild birds. *Science*, 312: 384–388
- Olsen S J, Chang H L, Cheung T Y, et al. 2003. Transmission of the severe acute respiratory syndrome on aircraft. *N Engl J Med*, 349: 2416–2422
- Ostroff S M, Kozarsky P. 1998. Emerging infectious diseases and travel medicine. *Infect Dis Clin North Am*, 12: 231–241
- Parry M L, Rosenzweig C, Iglesias A, et al. 2004. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Glob Environ Change-Human Policy Dimens*, 4: 53–67
- Pascali C. 1982. The role of aircraft in the epidemiology of plague. *Minerva Med*, 73: 2083–2088
- Patz J A, Daszak P, Tabor G M, et al. 2004. Unhealthy landscapes: Policy recommendations on land use change and infectious disease emergence. *Environ Health Perspect*, 112: 1092–1098

- Patz J A, Epstein P, Burke T, et al. 1995. Global climate change and emerging infectious diseases. *Jama-J Am Med Assoc*, 275: 217–223
- Patz J A, Graczyk T K, Geller N, et al. 2000. Effects of environmental change on emerging parasitic diseases. *Int J Parasitol*, 30: 1395–1405
- Pavli A, Maltezou H C. 2010. Leishmaniasis, an emerging infection in travelers. *Int J Infect Dis*, 14: e1032–e1039
- Penrose K, de Castro M C, Werema J, et al. 2010. Informal urban settlements and cholera risk in Dar es Salaam, Tanzania. *PLoS Negl Trop Dis*, 4: e631
- Pérez-Ayala A, Norman F, Pérez-Molina J A, et al. 2009. Imported leishmaniasis: A heterogeneous group of diseases. *J Travel Med*, 16: 395–401
- Permin A, Pedersen G. 2002. The need for a holistic view on disease problems in free-range chickens. In: *Characteristics and Parameters of Family Poultry Production in Africa*. IAEA, Vienna. 9–13
- Rachael T, Schubert K, Hellenbrand W, et al. 2009. Risk of transmitting meningococcal infection by transient contact on aircraft and other transport. *Epidemiol Infect*, 137: 1057–1061
- Reiter P. 2001. Climate change and mosquito-borne disease. *Environ Health Perspect*, 109: 141–161
- Rich S M, Leendertz F H, Xu G, et al. 2009. The origin of malignant malaria. *Proc Natl Acad Sci USA*, 106: 14902–14907
- Rogers D J, Randolph S E. 2006. Climate change and vector-borne diseases. *Adv Parasit*, 62: 345–381
- Rondle C J, Ramesh B, Krahn J B, et al. 1978. Cholera: Possible infection from aircraft effluent. *J Hyg (Lond)*, 91: 361–371
- Roy C J, Milton D K. 2004. Airborne transmission of communicable infection—The elusive pathway. *New Engl J Med*, 350: 1710–1712
- Shanks G D, Biomndo K, Hay S I, et al. 2000. Changing patterns of clinical malaria since 1965 among a tea estate population located in the Kenyan highlands. *T Roy Soc Trop Med H*, 94: 253–255
- Seto E, Xu B, Liang S, et al. 2002. The use of remote sensing for predictive modeling of schistosomiasis in China. *Photogramm Eng Remote Sens*, 68: 167–174
- Si Y, Wang T, Skidmore A K, et al. 2010. Environmental factors influencing the spread of the highly pathogenic avian influenza H5N1 virus in wild birds in Europe. *Ecol Soc*, 15: 26
- Smith G J, Fan X H, Wang J, et al. 2006. Emergence and predominance of an H5N1 influenza variant in China. *Proc Natl Acad Sci USA*, 103: 16936–16941
- Songserm T, Jam-on R, Sae-Heng N, et al. 2006. Domestic ducks and H5N1 influenza epidemic, Thailand. *Emerg Infect Dis*, 12: 575–581
- Southgate V R, Tchuem Tchuenté L A, Sène M, et al. 2001. Studies on the biology of schistosomiasis with emphasis on the Senegal river basin. *Mem I Oswaldo Cruz*, 96(Suppl): 75–78
- Stefano, M, Marco A. 2010. The role of population heterogeneity and human mobility in the spread of pandemic influenza. *Proc R Soc B-Biol Sci*, 277: 557–565
- Stenseth N C, Samia N I, Viljugrein H, et al. 2006. Plague dynamics are driven by climate variation. *Proc Natl Acad Sci USA*, 103: 13110–13115
- Su A F, Pei Z C, Fu J C, et al. 2005. Analysis of distribution and population density changes of *Aedes aegypti* the transmission vector of dengue fever in Haikou city. *China Trop Med*, 5: 1394–1395
- Sutherst R W. 2004. Global change and human vulnerability to vector-borne diseases. *Clin Microbiol Rev*, 17: 136–173
- Swaminathan A, Torresi J, Schlagenhauf P, et al. 2009. A global study of pathogens and host risk factors associated with infectious gastrointestinal disease in returned international travellers. *J Infection*, 59: 19–27
- Tang J W, Shetty N, Lam T T. 2010. Features of the new pandemic influenza A/H1N1/2009 virus: Virology, epidemiology, clinical and public health aspects. *Curr Opin Pulm Med*, 16: 235–241
- Tatem A J, Rogers D J, Hay S I. 2006. Estimating the malaria risk of African mosquito movement by air travel. *Malar J*, 5: 57
- Taubes G. 1997. Global warming: Apocalypse not. *Science*, 278: 1004–1006
- Taylor L H, Latham S M, Woolhouse M E. 2001. Risk factors for human disease emergence. *Philos Trans R Soc B-Biol Sci*, 356: 983–989
- Thomas K M, Charron D F, Waltner-Toews D, et al. 2006. A role of high impact weather events in waterborne disease outbreaks in Canada, 1975–2001. *Int J Environ Heal R*, 16: 167–180
- US Global Change Research Program. 2001. *Climate Change Impacts on the United States: The Potential Consequences of Climate Variability and Change*. Cambridge: Cambridge University Press
- Van Borm S, Thomas I, Hanquet G, et al. 2005. Highly pathogenic H5N1 influenza virus in smuggled Thai eagles, Belgium. *Emerg Infect Dis*, 11: 702–705
- Vandegrift K J, Sokolow S H, Daszak P. et al. 2010. Ecology of avian influenza viruses in a changing world. *Ann Ny Acad Sci*, 1195: 113–128
- Vogt T M, Guerra M A, Flagg E W, et al. 2006. Risk of severe acute respiratory syndrome-associated coronavirus transmission aboard commercial aircraft. *J Travel Med*, 13: 268–272
- Wagner B G, Coburn B J, Blower S. 2009. Calculating the potential for within-flight transmission of influenza A (H1N1). *BMC Med*, 7: 81

- Wang J F, Christakos G, Han W G, et al. 2008. Data-driven exploration of 'spatial pattern-time process-driving forces' associations of SARS epidemic in Beijing, China. *J Public Health*, 30: 234–244
- Wang J, McMichael A J, Meng B, et al. 2006a. Spatial dynamics of an epidemic of severe acute respiratory syndrome in an urban area. *B World Health Organ*, 84: 965–968
- Wang M, Di B, Zhou D H, et al. 2006b. Food markets with live birds as source of avian influenza. *Emerg Infect Dis*, 12: 1773–1775
- Webster R G, Rott R. 1987. Influenza virus A pathogenicity: The pivotal role of hemagglutinin. *Cell Res*, 50: 665–666
- Weiss R A, McMichael A J. 2004. Social and environmental risk factors in the emergence of infectious diseases. *Nat Med*, 10: S70–76
- Weldon C, du Preez L H, Hyatt A D, et al. 2004. Origin of the amphibian chytrid fungus. *Emerg Infect Dis*, 10: 2100–2105
- Wenzel R P. 1994. A new hantavirus infection in North America. *New Engl J Med*, 330: 1004–1005
- Werneck G L, Rodrigues L, Santos M V, et al. 2002. The burden of *Leishmania chagasi* infection during an urban outbreak of visceral leishmaniasis in Brazil. *Acta Trop*, 83: 13–18
- Wilder-Smith A, Leong H N. 2004. A case of in-flight transmission of severe acute respiratory syndrome (SARS): SARS serology positive. *J Travel Med*, 11: 130
- Wilder-Smith A, Paton N I, Goh K T. 2003a. Experience of severe acute respiratory syndrome in Singapore: Importation of cases, and defense strategies at the airport. *J Travel Med*, 10: 259–262
- Wilder-Smith A, Paton N I, Goh K T. 2003b. Low risk of transmission of severe acute respiratory syndrome on airplanes: The Singapore experience. *Trop Med Int Health*, 8: 1035–1037
- Williams R A J, Fasina F O, Peterson A T. 2008. Predictable ecology and geography of avian influenza (H5N1) transmission in Nigeria and West Africa. *T Roy Soc Trop Med H*, 102: 471–479
- Williams R A J, Peterson A T. 2009. Ecology and geography of avian influenza (HPAIH5N1) transmission in the Middle East and northeastern Africa. *Int J Health Geogr*, 8: 47
- Wilson M D, Cheke R A, Flasse S P, et al. 2002. Deforestation and the spatio-temporal distribution of savannah and forest members of the *Simulium damnosum* complex in southern Ghana and south-western Togo. *T Roy Soc Trop Med H*, 96: 632–639
- Wilson M L, Chapman L E, Hall D B, et al. 1994. Rift Valley fever in rural northern Senegal: Human risk factors and potential vectors. *Am J Trop Med Hyg*, 50: 663–675
- Wolfe N D, Eitel M N, Gockowski J, et al. 2000. Deforestation, hunting and the ecology of microbial emergence. *Glob Change Hum Health*, 1: 10–25
- Woolhouse M E, Gowtage-Sequeria S. 2005. Host range and emerging and reemerging pathogens. *Emerg Infect Dis*, 11: 1842–1847
- Wu J Y, Lun Z R, James A A, et al. 2010. Dengue Fever in mainland China. *Am J Trop Med Hyg*, 83: 664–671
- Xu B, Gong P, Biging G, et al. 2004. Snail density prediction for schistosomiasis control using IKONOS and ASTER images. *Photogramm Eng Remote Sens*, 70: 1285–1294
- Xu B, Gong P, Seto S E, et al. 2006. A spatial temporal model for assessing the effects of inter-village connectivity in schistosomiasis transmission. *Annals Assoc Am Geograph*, 96: 31–46
- Yasuoka J, Levins R. 2007. Impact of deforestation and agricultural development on anopheline ecology and malaria epidemiology. *Am J Trop Med Hyg*, 76: 450–460
- Zell R. 2004. Global climate change and emergence/re-emergence of infectious disease. *Int J Med Microbiol*, 293: 16–26