

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20257368

· 专家论坛 ·

气候变化带来的健康风险与感染防控面临的挑战

叶青¹, 王秋红¹, 吴安华^{2,3}

[1. 武汉大学人民医院感染预防与控制办公室, 湖北 武汉 430060; 2. 中南大学湘雅医院感染控制中心, 湖南 长沙 410008; 3. 国家老年疾病临床医学研究中心(湘雅医院), 湖南 长沙 410008]

[摘要] 气候变化问题是 21 世纪倍受全球关注的焦点。本文系统梳理了气候变化对人类健康的直接和间接影响, 包括以灾害的形式直接造成人体死亡和伤残, 以及通过温湿度变化、空气污染、病媒生物地理分布范围改变等途径增加慢性非传染性疾病、感染性疾病、精神心理问题、过敏性疾病和营养不良等气候敏感性疾病发病风险。在此基础上, 根据全球治理格局背景下医疗机构的应对框架, 本文聚焦于医疗机构感染预防与控制领域面临的挑战, 从五个方面深入探讨感染预防与控制应对策略, 以期为进一步增强医疗系统的气候韧性, 保障公众健康提供参考和借鉴。

[关键词] 气候变化; 健康风险; 感染预防与控制; 气候韧性; 缓解行动

[中图分类号] R122.2

Health risks and challenges to infection prevention and control posed by climate change

YE Qing¹, WANG QiuHong¹, WU Anhua^{2,3} (1. Infection Prevention and Control Office, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, China; 2. Center for Healthcare-associated Infection Control, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410008, China; 3. National Clinical Research Center for Geriatric Disorders [Xiangya Hospital], Changsha 410008, China)

[Abstract] Climate change has emerged as a focal point of global concern in the 21st century. This paper systematically summarizes the direct and indirect impacts of climate change on human health, including directly causing human death and disability in the form of disasters, and increasing the risk of climate-sensitive diseases, including chronic non-infectious diseases, infectious diseases, mental and psychological problems, as well as allergic diseases and malnutrition through changes in temperature and humidity, air pollution, as well as changes in the geographical distribution of disease vectors. Based on these, within the global governance framework, this paper focuses on the challenges faced by medical institutions in the field of infection prevention and control, and explores in depth infection control response strategies from five aspects, so as to provide reference for further enhancing the climate resilience capacity of the medical system and safeguarding public health.

[Key words] climate change; health risk; infection prevention and control; climate resilience; mitigation activity

气候不仅是地球生物生存环境的基本构成, 也是影响人类生存与发展的关键环境因素之一。然而, 随着科技发展和人类进步, 气候变化问题日益严峻, 已成为 21 世纪倍受全球关注的环境和公共议题。2023 年 3 月 20 日, 联合国政府间气候变化专

门委员会 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 在瑞士因特拉肯发布的第六次评估报告《综合报告》显示, 全球气温水平比工业化前高出 1.1℃, 全球变暖的趋势造成热浪、干旱、洪水和飓风等极端天气事件更加频繁、剧烈, 进一步增加了

[收稿日期] 2024-12-30

[基金项目] 国家重点研发计划项目(2022YFC2009801、2022YFC2009805); 湖北省地方标准制修订项目(T-Z-05-2023390)

[作者简介] 叶青(1981-), 女(汉族), 湖北省丹江口市人, 副主任医师, 主要从事医院感染管理研究。

[通信作者] 吴安华 E-mail: dr_wuanhua@sina.com

人类健康和生态系统面临的风险。因此,针对气候变化采取可行有效的方案,推动以健康为核心的适应和减缓策略,对人类生存及社会发展至关重要,并有助于实现更繁荣和安全的未来^[1]。本文在梳理气候变化对人类健康影响的基础上,基于全球治理格局背景下医疗机构的应对框架,聚焦于医疗机构感染预防与控制(感控)领域面临的挑战,深入探讨感控相关的应对策略,以期为进一步增强医疗系统的气候韧性,保障公众健康提供参考和借鉴。

1 全球气候变化概述

当前整个气候系统的变化规模在过去几个世纪甚至几千年来均是前所未有的^[2]。1880—2020 年全球变暖 1.11(0.99~1.17)℃,其中陆地增温更明显,达到 1.50(1.40~1.60)℃,海平面温度变暖程度 [0.96(0.82~1.04)℃] 低于陆地。由于气温上升,世界上几乎所有的冰川都在同步退缩。而气候系统的升温又通过陆地上的冰量损失和海洋变暖的热膨胀导致全球平均海平面上升。自 1900 年以来,全球平均海平面上升的速率比过去至少 3 000 年中的任何一个世纪都要快。大部分陆地区域强降水事件的频率和强度都有所增加,但全球陆地季风降水因多种因素共同影响而表现为:在 20 世纪 50 年代至 80 年代减少,此后开始增加,而且存在季节性以及地域性差异。全球强热带气旋(3~5 级)发生的比例可能增加,西北太平洋的热带气旋达到其峰值强度的纬度很可能向北移动。此外,极端冷事件(包括寒潮)的发生频率和严重程度有所降低,极端热事件(包括热浪)变得更加频繁和强烈,海洋热浪的发生频率自 20 世纪 80 年代以来约增加一倍;而且有些地区的复合极端事件(如热浪和干旱、暴雨和洪涝等)发生概率增加。因此全球变暖是气候系统最核心的变化,也是其他气候变化现象的主要驱动因素,极端高温、海洋热浪、强降水和部分区域农业和生态干旱的频率和强度增加,强热带气旋比例增加,以及北极海冰、积雪和多年冻土减少等都与全球变暖的加剧直接相关。

影响气候变化的原因主要有自然过程和人类活动。自然过程包括气候系统内部变率(如厄尔尼诺、拉尼娜和太平洋年代际振荡等周期性海洋模式)和外部因素(如火山活动、太阳辐射、地球轨道的变化)。人类活动主要通过土地利用变化,温室气体和气溶胶排放对地面气温变化产生影响^[2]。充分混合的温室气体浓度的增加被认为是近百年来引起全球

变暖的主要驱动因子^[3],这意味着人类活动是影响所有气候系统组成部分的主要原因。值得关注的是,过去和未来温室气体排放造成的许多变化,特别是海洋、冰盖和全球海平面发生的变化,在世纪到千年尺度上是不可逆的。

陆地、海洋和低温圈是人类赖以生存的栖息地,为人类的生计和福祉,如食物、淡水以及多种其他生态系统服务等提供了重要的基础;同时又通过全球的水、能源和碳的交换与气候系统的其他组成部分相互联系。全球变暖及其带来的一系列气候变化对陆地、海洋和低温圈的不利影响,势必会影响自然环境、生态系统、全球经济和社会稳定的可持续发展,也直接或间接地威胁人体健康以及人类在地球上的可持续发展。这些不利影响主要表现为^[4-5]:(1)土地退化和沙漠化改变了土地的价值,海平面上升也增加了土地使用的压力;(2)许多陆地和海洋物种的活动范围、丰度和季节活动因温度(气温或海洋温度)升高或氧气减少而发生变化,而物种间相互作用的改变又会对生态系统的结构和功能造成级联的影响;(3)植被流失、野火破坏、旱地水资源短缺、海水入侵和冻土融化等影响生物栖息地面积,降低生物多样性;(4)作物产量减少,畜牧系统的动物增长率和生产力下降,渔业最大捕捞潜力收缩,不仅对粮食安全产生负面影响,也会影响当地经济和旅游业发展;(5)直接或间接地威胁人体健康,老人、儿童、孕产妇以及社会经济弱势群体更易受到气候变化带来的负面影响^[6];(6)放大各国内部和跨国界因环境变化引起的迁移,从而导致流离失所增加、食物链中断、人类生计受威胁,并加剧各种冲突压力。

2 全球气候变化对人类健康的影响

气候变化可通过直接或间接的方式对人类健康造成不利影响,产生广泛而严重的后果,从粮食系统破坏导致营养不良加剧、感染性疾病增多引起疫情暴发风险升高到因自然灾害造成的过早死亡^[7],都严重威胁人类在地球上的可持续发展。研究^[8]表明,到 2030 年,气候变化的不利影响可能是每年 70 万人死亡的主要因素。

2.1 直接影响 热浪、干旱、野火、洪涝、台风等极端气候事件常以灾害的形式直接造成人体死亡和伤残。近 20 多年来,全球灾害事件数量急剧增加,其中与气候相关的灾害数量增加更为显著。2000—2019 年,与气候有关的灾害 6 681 起,共导致 510 837 人死亡;其间发生了 3 次特大灾害(造成超 10 万人死

亡),两次(2004 年的印度洋海啸和 2008 年的缅甸热带风暴“纳尔吉斯”)均与气候变化相关^[9]。由极端温度灾害引起的死亡中,91%是由热浪造成的。2003 年,欧洲热浪导致 7.2 万人死亡,其中意大利和法国所受影响最严重,分别有 20 089、19 490 人死亡;2010 年,俄罗斯夏季热浪造成 5.5 万人死亡,而 2019 年的两次热浪造成法国 1 400 多人死亡。《柳叶刀人群健康与气候变化倒计时中国报告(2023)》指出,2022 年中国人均热浪暴露天数达到了破纪录的 21 d,导致热浪相关的死亡人数也达到了破纪录的 5 万人,是 2021 年的 2 倍多^[10]。

2.2 间接影响 气候变化通过温湿度变化、空气污染、病媒生物地理分布范围改变等途径增加慢性非传染性疾病、感染性疾病、精神心理问题、过敏性疾病和营养不良等气候敏感性疾病发病风险,对人类健康造成间接影响。

(1)慢性非传染性疾病 气温变化是气候变化的重要组成部分。气候变化虽然导致全球平均气温上升,但也导致某些地区出现极端寒冷。无论是高温热浪还是极寒天气,对人体都是非最适温度^[11]。研究发现,心血管、呼吸系统以及脑血管等慢性非传染性疾病死亡风险与温度之间存在 U 型或 J 型关联,包括低温和高温在内的非最适温度都可能增加死亡的风险,而低温对死亡率的总体影响比高温更大^[12-14]。2019 年全球疾病、伤害和危险因素负担研究(Global Burden of Disease, GBD)报告称,非最适温度是全球十大死亡原因之一^[15]。据估计,1990—2019 年,204 个国家/地区死亡负担归因于高温和低温。2019 年,全球共有 169 万人死于非最适温度;而中国与温度相关的死亡人数约为 50 万人^[16]:因低温导致的死亡率为 40.8/10 万[95%不确定性区间(uncertainty interval, UI):34.1~48.5],因高温导致的死亡率为 1.0/10 万(95%UI:0.5~1.6);绝大多数死于心血管病(39.97 万)和慢性呼吸系统疾病(17.74 万),其中中风、慢性阻塞性肺疾病、缺血性心脏病、高血压性心脏病、慢性肾脏病、糖尿病导致的死亡人数最多,慢性阻塞性肺疾病和下呼吸道感染的归因分数最高,分别为 17.10%、12.78%^[17]。

空气污染与气候变化密切相关。化石燃料的燃烧不仅是气候变化的主要驱动因素,也是造成室外空气污染的主要原因。气候变化通过增加沙尘暴和野火的频次加剧空气污染,而天气的变化也会影响空气污染物的产生和扩散。研究^[18-20]证明,常见空气污染物,如细颗粒物(PM)、臭氧(O₃)、二氧化氮(NO₂)和二氧化硫(SO₂)等,都会导致各种不良健

康后果。2019 年,空气污染造成约 670 万人死亡,其中近 85%可归因于非传染性疾病,包括缺血性心脏病、中风、肺癌、哮喘、慢性阻塞性肺疾病和糖尿病,这使得空气污染成为仅次于烟草^[21]的非传染性疾病的全球第二大病因。在全球气候变化背景下,大气污染和气候变化之间的交互作用在不断增加,二者联合暴露对人体健康的影响将更加复杂。

(2)包括传染病在内的感染性疾病 一项系统综述显示,感染人类和家畜的病原体中近三分之二对气候非常敏感^[22]。因此,与这些病原体相关的感染性疾病最容易受到气候变化的影响。一方面,病原体可通过昆虫媒介、洪水或严重风暴扩大其活动范围来应对气候变化;另一方面,受高温或干旱的影响,宿主(包括人类、动物或植物)可能变得更加脆弱,更易感染。此外,一些难以管理甚至难以预测的连锁效应,会进一步扩大病原体的范围及其水平基因交换的机会,增加感染相关疾病的预防和控制难度^[23]。

由于节肢动物固有的对天气和气候的敏感性,经其传播的传染病(如蚊媒和蜱媒传染病)在全球变暖的背景下受到广泛关注。登革热、基孔肯雅热、黄热病和寨卡病毒病等蚊媒传播疾病在全球的流行范围不断扩大,已威胁到世界上近一半的人口^[24-25],除了全球化人口流动和病媒控制措施^[26-27]不足,全球变暖是其中非常重要的影响因素^[28]。此外,温暖湿润的气候会导致蜱虫栖息地范围扩大,经蜱传播的莱姆病^[29-30]、蜱媒脑炎^[31-32]、落矶山斑点热^[33]的发病率也随之升高,流行地理范围和季节^[34-35]也相应扩张和延长。

除了虫媒传播疾病,气候变化还会影响经食物传播或水传播疾病的发病风险。在某些环境中,环境温度的升高与沙门菌引起的腹泻发病率上升有关,表明温暖的天气条件促进了沙门菌在人群中的传播^[36-38]。飓风后恶劣的卫生条件可能导致霍乱暴发^[39],环境温度升高^[40-41]及较小或较大的降水都是影响霍乱发病率^[42-43]的关键参数。而其他疾病,包括肠胃炎、伤口感染和败血症的预计风险,随着波罗的海地区海面温度升高而增高^[44]。需要警惕的是,食源性疾病通过食物链的传播途径复杂,容易受到多个气候驱动因素^[45]的影响。如飓风不仅会引起病原体和寄生虫污染田间水果、蔬菜等食物,还会破坏食品以及食品的加工、准备和运输,从而增加食源性传播疾病的风险。

环境真菌中只有一小部分可以适应人体体温,在 37℃下分裂增殖对人类致病^[46-47]。然而,随着全球变暖,一些真菌迅速进化,表现出对更高温度的良好适

应性^[48],变成能够感染人类的新的真菌病原体。如耐药耳念珠菌,是第一个被认为是由于适应气候变化而出现的真菌病原体^[49],其表现出适应人类体温的耐热性。气候变化还影响了地方性真菌疾病的传播,如球虫真菌病和组织胞浆菌病以及其他包括影响非人类动植物真菌的地理范围^[48]。此外,与气候变化密切相关的、频率和强度不断增加的自然灾害,也会增加受灾者机会性真菌感染的风险,并引起真菌病暴发。

(3)精神心理问题 气候变化影响精神心理健康的途径是多种多样的,并且与其他可造成脆弱性的非气候影响因素相互关联,增加全球精神障碍疾病负担^[50-52]。气候变化对心理健康的直接影响通常包括飓风、洪水等急性事件造成的与压力和创伤相关的后遗症^[53]。这些急性气候变化事件有明确的暴露区域和持续时间,但随后对受影响地区人们心理健康影响的开始及持续时间仍不太清楚。研究^[54]表明,大洪水后 5 年里其对人的心理健康一直有影响,2005 年经历过卡特里娜飓风的人们在 10 多年后仍需要与精神创伤相关的护理^[54]。

气候变化对心理健康的间接影响更为隐蔽,如环境温度升高、花粉或粉尘污染增加等导致的身体健康问题而引起的心理不适和焦虑,或者经济破坏、战争冲突、流离失所或可居住土地的丧失造成的社区层面的影响。慢性间接的心理健康影响还包括无助、担忧和对气候快速变化的恐惧等(称为孤独痛、生态焦虑或气候悲伤)^[55-56]。值得关注的是,气候变化往往是大规模的、逐渐发生的,而与之相关的心理健康变化很难立即发现,寻找二者之间的关联具有一定的挑战性。

(4)过敏性疾病 过敏性疾病是由遗传易感性和环境因素引起的^[57]。气候变化会影响食物、尘螨、花粉、真菌和动物皮屑等空气变应原的水平和位置^[58],影响过敏性疾病的发病率和流行率。一些流行病学研究报道,全球变暖、空气污染和气候变化正在导致变应性鼻炎和哮喘等呼吸系统疾病的发病率增加,特别是在包括儿童和老年人在内的群体中^[59]。花粉被认为是花粉过敏或花粉病的主要诱发因子,气候变暖会导致无霜期天数增加,改变开花时间和延长致敏物种的花粉传播时间,加剧原有的过敏反应和增加哮喘。近年来,由于气候条件的变化花粉过敏的发病率持续上升。此外,花粉还与非过敏性呼吸系统疾病有关,如慢性阻塞性肺疾病、中风和心肌梗死,甚至与自杀死亡率也有关^[60-61]。

(5)营养不良 肥胖、营养低下和其他饮食风险等不同形式的营养不良,都是导致全球健康状况不

佳的主要原因。据估计,全球范围内至少有 20 亿人缺乏定期获得充足、富有营养的安全食物的途径^[62]。气候变化及其相关的极端气候事件,进一步加剧了许多地区的食物安全问题和获得健康食物的困难程度^[4],使营养不良的情况越发严重,对儿童生长发育和认知发展影响尤甚。世界卫生组织(WHO)2023 年数据显示,全球约有 1.48 亿儿童发育迟缓,4 500 万儿童消瘦。比尔及梅琳达·盖茨基金会发布的《目标守卫者报告》预计,2024—2050 年气候变化将额外导致 4 000 万儿童发育迟缓,以及 2 800 万儿童消瘦^[63]。

3 全球治理格局背景下医疗机构的应对框架

针对全球气候变化带来的潜在威胁,世界气象组织(World Meteorological Organisation, WMO)1988 年与联合国环境规划署(United Nations Environment Programme, UNEP)建立了 IPCC^[64],其目标是通过评估经过细审和已出版的科学/技术文献,定期编制并发布评估报告,全面、客观、公开、透明地向各级政府提供可用于制定气候政策的科学信息。这些报告已成为国际社会认识和了解气候变化问题的主要科学依据。此外,联合国大会于 1992 年 5 月 9 日通过了《联合国气候变化框架公约》,在该项公约的指导框架下,《京都议定书》和《巴黎协定》分别在 1997、2015 年签署实施。这两份人类历史上应对气候变化的里程碑式的国际法律文本,为 2020 年后全球应对气候变化行动作出了安排,形成了 2020 年后的全球气候治理格局。“十二五”以来中国制定了一系列应对气候变化的政策并付诸行动,在应对气候变化方面取得了积极成效。在气候变化的大背景下,中国提出“力争 2030 年前实现碳达峰,2060 年前实现碳中和”的“双碳”目标,为空气质量持续改善注入了全新动能,为全球气候治理贡献了中国力量^[65]。

应对气候变化需要从多个治理层面努力,国际科学界已形成广泛统一的认识^[66],缓解和适应是两大主要方向。一方面,通过限制累积二氧化碳排放,达到净零或净负二氧化碳排放,同时大幅减少其他温室气体排放等措施,可以将人为因素引起的全球变暖限制在一个特定水平,从而缓解因气候变化带来的预计损失和损害;另一方面,通过改变社会经济发展轨迹等措施,提高应对气候变化的适应能力,增强气候韧性,降低自然系统和人类社会体系的脆弱性以及在不利影响中的暴露机会,从而降低损失和损害。

温室气体排放导致的气候变化具有很强的滞

后性^[67],而随着气候变暖加剧,适应性的选择也将变得非常有限,更多的人类和自然系统将达到适应极限,在近 10 年中实施的社会选择和行动决定了中长期人类和自然系统能够获得的气候韧性发展机会的数量和质量。因此,必须综合跨领域的多部门共同参与,深入、快速、持续实施缓解和适应协同措施,才能保障实现可持续发展。

医疗机构是保护健康、治疗疾病和拯救生命的运作核心,在应对未来气候变化带来的健康挑战方面发挥着关键作用:一方面医疗机构要提高适应和规划能力,努力实现全民健康覆盖,在气候变化背景下保护并持续改善人群健康;另一方面,医疗机构需要对当前的服务模式进行重新设计,减少碳足迹以缓解气候变化。在 WHO 提出的指导性卫生工作框架下,中国生态环境部等 17 部门 2022 年 5 月联合印发《国家适应气候变化战略 2035》,对提高适应气候变化能力作出统筹谋划部署,将增强医疗卫生系统气候韧性作为重要任务之一^[68],以应对气候敏感疾病和极端天气气候事件引发的健康风险;国家疾病预防控制局等 13 部门于 2024 年 9 月联合印发了《国家气候变化健康适应行动方案(2024—2030 年)》^[69],从协作机制、政策标准、预警提醒、评估体系、防范干预、卫生保障、气候韧性、友好环境、科技创新和全球行动 10 个方面提出了 10 项气候变化健康适应行动重点任务。

4 医疗机构感控领域面临的挑战与对策

在全球变暖大趋势下,非传染性疾病的负担因空气质量下降、热浪等极端天气增加和食物安全问题等因素而加重,感染性疾病,尤其是传染性疾病的发病趋势和范围会随着病原体地理分布的变化而发生改变,医疗机构感控工作面临巨大挑战。

(1)人畜共患和病媒传播疾病的传播不仅增加了新发传染病出现的可能性,还增加了潜在在疫情暴发的风险。2024 年 1 月 WHO 总干事谭德塞呼吁各国为应对下一波“X 疾病”大流行作准备引发了国际社会对这一风险的关注。新发传染病感染者在医疗机构寻求治疗护理时,会将具有高度传染性的病原体引入医疗机构,从而导致医院感染发病率的增加^[70]。近年来全球以及各地区大流行病的发生,如严重急性呼吸系统综合征、埃博拉病毒病、鼠疫、新型冠状病毒感染(COVID-19)和寨卡病毒感染,在一定程度上暴露出医疗机构在应对新发重大传染病医院交叉传播方面的脆弱性,尤其是在缺少经济资源支持,医疗保健基础设施薄弱的地区,感染预防与控制能

力不足的问题更加凸显。因此,一方面要加强包括传染病在内的感染性疾病的监测与评估,建立和完善敏感、有效的新发传染病监测预警系统,为有效预防与控制可能发生的暴发流行提供全面的信息;另一方面要从硬件基础、人力资源和学科发展等方面加强对感控领域的投入和建设,提升医疗机构应对突发公共卫生事件感染防控的适应能力。

(2)气候变化可能改变和加速抗微生物药物耐药性的传播,包括在医疗机构内传播。一方面,传染性疾病发病率的升高会促进抗微生物药物的使用,药物使用的选择压力加剧了耐药性的发展;另一方面,某些抗微生物药物的耐药性与气温存在一定相关性。一项探讨气候(温度)和其他因素对美国抗微生物药物耐药性分布影响的生态学研究^[71]结果表明,美国各地区温度升高 10℃,大肠埃希菌、肺炎克雷伯菌和金黄色葡萄球菌的抗微生物药物耐药率分别增加 4.2%、2.2%、2.7%,其潜在的机制包括温度升高会促进抗微生物药物耐药基因水平转移,提高病原体生长速率,从而增强其环境持久性和传播能力。此外,洪水和飓风等极端天气会导致污水溢出,可能将耐药病原体扩散到水路系统中,从而极大地扩大了微生物基因水平交换的机会,导致多种耐药病原体污染饮用水、粮食作物灌溉水源或海滩浴场^[23]。在气候变化的情况下,抗微生物药物耐药性对全球健康的不利影响可能被严重低估^[72]。改变这种现状需要政府、企业、科研机构 and 消费人群等共同努力,基于“One Health”理念,通过脆弱性评估、循证干预和管理等适应和恢复力项目,限制抗微生物药物在人类和畜牧业中的广泛使用以及预防性和亚治疗性使用,以进一步遏制气候变化引起的抗微生物药物耐药性发展^[73]。

(3)气候变化背景下,慢性非传染性疾病、营养不良、过敏性疾病以及精神心理问题等疾病谱的变化会改变医院感染高风险人群的构成,医疗机构内新技术、新设备等的发展也会改变医院感染传播途径中的重点环节,这些改变可能造成新的医院感染风险,需要医疗机构工作人员对此有充分认识并能采取有效应对措施。然而,相关调查^[74]结果显示,虽然许多医疗保健专业人员承认气候变化对公共卫生构成相关威胁,但他们往往缺乏信息、专业知识或资源来应对这种威胁。目前,医疗保健人员应在多大程度上采取行动以减少危险气候变化的可能性及其给健康带来的不利影响,尚未形成共识^[75]。由于缺乏有效干预措施的证据,部分研究报道中的建议主要是基于逻辑推理,其有效性有待进一步验证。

因此,有必要考虑对现有医学教育体系进行完善与优化,加强交叉学科的融合,纳入更多气候变化和环境可持续性主题,确保气候变化的内容能够与医疗实践紧密结合,为医务人员参与应对气候变化所带来的挑战做好准备。加强对干预措施有效性和相应指标的研究,以促进干预措施在医疗机构内外得到实施、发展和改善。

(4)医疗机构在提供健康服务的过程中存在着各种增加“碳排放”威胁自然环境的“足迹”,感控措施实施过程中的“副产品”对全球变暖的潜在影响同样不可忽视。如层流和新风系统等各种空气净化设施设备的使用是碳排放的一个来源,手卫生、环境清洁消毒等对水的需求增加了自然资源的消耗,隔离执行对个人防护用品(personal protective equipment, PPE),如一次性防护服或隔离衣的需求会消耗大量原材料和能源,并且一旦使用就会产生大量医疗废物,增加医疗废物处置压力^[76],对气候变化也有潜在的不利影响。基于“缓解”策略的行业绿色发展趋势对感控的技术水平也提出了新要求,使用可再生和清洁能源,开发新型消毒剂和消毒剂载体,减少水的消耗以及一次性医疗用品使用,优化对各类医疗废物的管理等,以推动具有持续性优势的感控措施的发展。

(5)在飓风/台风、强降雨和洪水等极端气候事件发生期间,医疗机构内的环境、设施设备均可能被损坏或污染,受灾害影响而收治的患者数量增多,极易发生交叉感染或医院感染暴发。而医务人员此时却面临多方面的挑战:一方面应急抢救、危急重症患者转移疏散等医疗工作任务量激增^[77];另一方面,水、电、气等基础设施无法正常运转导致医疗机构停水、停电、停气,药物、食品等物资供应因交通受阻而中断^[78],换班或支援的人力资源因灾害在短时间内无法到岗,滞留的工作人员留在医疗机构长时间轮班导致倦怠等。这些应急挑战进一步增加了医疗机构感控难度。随着全球变暖趋势发展,极端气候事件发生的频率和严重程度将继续增加,医疗机构针对极端气候事件应急管理进行改进提升的必要性变得越来越迫切。因此,未来需要实施标准化的方法,评估医疗机构在应对极端气候事件的应急准备、响应速度和应对预案及演练等方面的落实情况,促进医疗机构主动提升自身对极端气候事件的抵抗力和恢复力。

需要强调的是,成功应对气候变化带来的感控方面的挑战可能超过了医疗机构自身的能力,特别是在脆弱地区,需要地方政府将气候变化考虑纳入到卫生服务规划和政策制定中,并将适应性管理原

则纳入公共卫生实践^[79]。同时,社区层面的关键干预也可以作为减轻气候变化对医疗机构不利影响的有效措施^[80],包括加强早期预警系统,以社区为基础的警报和强有力的疏散规划等。此外,极端气候事件期间医疗机构甚至可能需要将其诊疗护理工作扩展到医疗机构物理范围之外。因此,制定强有力的社区外展战略,对于为无法到达医疗机构的受灾患者以及疏散到医疗机构外的患者提供基本的医疗保健服务至关重要,这需要为相关工作人员实施全面的、包括感染预防与控制教育在内的培训方案,如在受洪水影响的环境中如何预防经水或食物传播疾病的感染等,以提高他们在实际灾害发生时的有效反应能力^[77,81]。

5 展望

气候变化对人类健康产生的威胁足以破坏多年来全球卫生事业发展取得的成果^[82],综合的缓解和适应策略对人类健康的可持续发展具有重要意义。但这需要全球共同努力,从政治意愿上达成共识,在技术手段和金融支持方面付诸行动,大力完善各国的配套政策与保障措施。同时,不同领域和产业部门之间、不同区域之间应相互协同,弥合各自在脆弱性上的差异,通过创新体制机制有效支撑缓解和适应行动的开展。医疗卫生机构应通过与气象部门密切合作,更好地量化不同因素驱动的气候变化导致的健康影响,并与微生物生态学家和公共卫生研究人员一起针对气候变化对健康的影响,尤其是对医疗机构感染预防与控制领域的影响开展系统全面的科学评估,明确气候变化缓解与适应策略下干预措施的有效性和成本效益,为国家政策规划及治理方向提供参考,以期促进人类健康和福祉。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参考文献]

- [1] 罗澜. 气候变化对健康的影响,有了哪些新研究成果[J]. 生命与灾害, 2023(1): 36-37.
Luo L. The impact of climate change on health: new research findings[J]. Life & Disaster, 2023(1): 36-37.
- [2] IPCC. Climate change 2021-the physical science basis: working group I contribution to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2023.
- [3] Clark Barrett H, Armstrong J. Climate change adaptation and

- the back of the invisible hand[J]. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2023, 378(1889): 20220406.
- [4] IPCC. Climate change and land; an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems (SRCCL)[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.
- [5] IPCC. Special report on the ocean and cryosphere in a changing climate (SROCC) [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.
- [6] Singh P, Mehdi MM, Hassan S, et al. Climate change and health [M]//Prabhakar PK, Leal Filho W. Preserving Health, Preserving Earth: The Path to Sustainable Healthcare. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024: 35–61.
- [7] Romanello M, McGushin A, Di Napoli C, et al. The 2021 report of the lancet countdown on health and climate change; code red for a healthy future[J]. *Lancet*, 2021, 398(10311): 1619–1662.
- [8] Fundación DARA Internacional. Climate vulnerability monitor 2nd edition: a guide to the cold calculus of a hot planet[J]. *Dara*, 2012, 17.
- [9] 黄远东, 杨志强, 许冲. 灾害造成的人类损失(2000—2019)[J]. *中国应急管理*, 2023(8): 46–51.
Huang YD, Yang ZQ, Xu C. Human losses caused by disasters (2000–2019)[J]. *China Emergency Management*, 2023 (8): 46–51.
- [10] 宋箴. “热死人”2022 年中国因热致死 5 万人[N]. *医师报*, 2023–11–23(B01).
Song Q. “Heat kills” 50 000 people in China in 2022[N]. *MD Weekley*, 2023–11–23(B01).
- [11] 杜雅洁. 极端温度对人群健康影响及卫生应对策略研究[D]. 济南: 山东大学, 2023.
Du YJ. Health effects of extreme temperatures on population health and health response strategies[D]. Jinan: Shandong University, 2023.
- [12] Gasparri A, Guo YM, Hashizume M, et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study[J]. *Lancet*, 2015, 386(9991): 369–375.
- [13] Chen RJ, Yin P, Wang LJ, et al. Association between ambient temperature and mortality risk and burden: time series study in 272 main Chinese cities[J]. *BMJ*, 2018, 363: k4306.
- [14] Achebak H, Devolder D, Ballester J. Trends in temperature-related age-specific and sex-specific mortality from cardiovascular diseases in Spain: a national time-series analysis[J]. *Lancet Planet Health*, 2019, 3(7): e297–e306.
- [15] GBD 2019 Risk Factors Collaborators. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the global burden of disease study 2019 [J]. *Lancet*, 2020, 396(10258): 1223–1249.
- [16] Burkart KG, Brauer M, Aravkin AY, et al. Estimating the cause-specific relative risks of non-optimal temperature on daily mortality: a two-part modelling approach applied to the global burden of disease study [J]. *Lancet*, 2021, 398 (10301): 685–697.
- [17] Liu JM, Liu T, Burkart KG, et al. Mortality burden attributable to high and low ambient temperatures in China and its provinces: results from the global burden of disease study 2019 [J]. *Lancet Reg Health West Pac*, 2022, 24: 100493.
- [18] Schwela D. Air pollution and health in urban areas[J]. *Rev Environ Health*, 2000, 15(1–2): 13–42.
- [19] Ab Manan N, Noor Aizuddin A, Hod R. Effect of air pollution and hospital admission: a systematic review[J]. *Ann Glob Health*, 2018, 84(4): 670–678.
- [20] Aghababaeian H, Ostadtaghizadeh A, Ardalan A, et al. Global health impacts of dust storms: a systematic review[J]. *Environ Health Insights*, 2021, 15: 11786302211018390.
- [21] WHO. Health consequences of air pollution on populations [EB/OL]. (2024–06–25)[2024–12–16]. <https://www.who.int/news/item/25-06-2024-what-are-health-consequences-of-air-pollution-on-populations>.
- [22] McIntyre KM, Setzkorn C, Hepworth PJ, et al. Systematic assessment of the climate sensitivity of important human and domestic animals pathogens in Europe[J]. *Sci Rep*, 2017, 7 (1): 7134.
- [23] Tiedje JM, Bruns MA, Casadevall A, et al. Microbes and climate change: a research prospectus for the future[J]. *mBio*, 2022, 13(3): e0080022.
- [24] Bhatt S, Gething PW, Brady OJ, et al. The global distribution and burden of dengue[J]. *Nature*, 2013, 496(7446): 504–507.
- [25] Messina JP, Brady OJ, Golding N, et al. The current and future global distribution and population at risk of dengue[J]. *Nat Microbiol*, 2019, 4(9): 1508–1515.
- [26] Semenza JC, Sudre B, Miniota J, et al. International dispersal of dengue through air travel: importation risk for Europe[J]. *PLoS Negl Trop Dis*, 2014, 8(12): e3278.
- [27] Kraemer MUG, Sinka ME, Duda KA, et al. The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*[J]. *Elife*, 2015, 4: e08347.
- [28] Liu-Helmersson J, Brännström Å, Sewe MO, et al. Estimating past, present, and future trends in the global distribution and abundance of the arbovirus vector *Aedes aegypti* under climate change scenarios[J]. *Front Public Health*, 2019, 7: 148.
- [29] Gasmis S, Ogden NH, Lindsay LR, et al. Surveillance for Lyme disease in Canada: 2009–2015[J]. *Can Commun Dis Rep*, 2017, 43(10): 194–199.
- [30] Burrows H, Talbot B, McKay R, et al. A multi-year assessment of blacklegged tick (*Ixodes scapularis*) population establishment and Lyme disease risk areas in Ottawa, Canada, 2017–2019[J]. *PLoS One*, 2021, 16(2): e0246484.
- [31] Lukan M, Bullova E, Petko B. Climate warming and tick-borne encephalitis, Slovakia[J]. *Emerg Infect Dis*, 2010, 16(3): 524–526.
- [32] Semenza JC, Suk JE. Vector-borne diseases and climate change: a European perspective[J]. *FEMS Microbiol Lett*, 2018, 365(2): fnx244.
- [33] Dahlgren FS, Paddock CD, Springer YP, et al. Expanding

- range of *Amblyomma americanum* and simultaneous changes in the epidemiology of spotted fever group rickettsiosis in the United States[J]. Am J Trop Med Hyg, 2016, 94(1): 35–42.
- [34] McPherson M, García-García A, Cuesta-Valero FJ, et al. Expansion of the Lyme disease vector *Ixodes scapularis* in Canada inferred from CIMP5 climate projections [J]. Environ Health Perspect, 2017, 125(5): 057008.
- [35] Monaghan AJ, Moore SM, Sampson KM, et al. Climate change influences on the annual onset of Lyme disease in the United States[J]. Ticks Tick Borne Dis, 2015, 6(5): 615–622.
- [36] Wang P, Goggins WB, Chan EYY. Associations of *Salmonella* hospitalizations with ambient temperature, humidity and rainfall in Hong Kong[J]. Environ Int, 2018, 120: 223–230.
- [37] Lal A, Hales S, Kirk M, et al. Spatial and temporal variation in the association between temperature and salmonellosis in NZ [J]. Aust N Z J Public Health, 2016, 40(2): 165–169.
- [38] Milazzo A, Giles LC, Zhang Y, et al. Heatwaves differentially affect risk of *Salmonella* serotypes[J]. J Infect, 2016, 73(3): 231–240.
- [39] Kouadio IK, Aljunied S, Kamigaki T, et al. Infectious diseases following natural disasters: prevention and control measures [J]. Expert Rev Anti Infect Ther, 2012, 10(1): 95–104.
- [40] Olago D, Marshall M, Wandiga SO, et al. Climatic, socio-economic, and health factors affecting human vulnerability to cholera in the Lake Victoria basin, East Africa[J]. Ambio, 2007, 36(4): 350–358.
- [41] Luque Fernández MA, Bauernfeind A, Jiménez JD, et al. Influence of temperature and rainfall on the evolution of cholera epidemics in Lusaka, Zambia, 2003–2006: analysis of a time series[J]. Trans R Soc Trop Med Hyg, 2009, 103(2): 137–143.
- [42] Ruiz-Moreno D, Pascual M, Bouma M, et al. Cholera seasonality in Madras (1901–1940): dual role for rainfall in endemic and epidemic regions[J]. Ecohealth, 2007, 4(1): 52–62.
- [43] Hashizume M, Faruque ASG, Wagatsuma Y, et al. Cholera in Bangladesh: climatic components of seasonal variation[J]. Epidemiology, 2010, 21(5): 706–710.
- [44] Semenza JC, Trinanès J, Lohr W, et al. Environmental suitability of *Vibrio* infections in a warming climate: an early warning system[J]. Environ Health Perspect, 2017, 125(10): 107004.
- [45] Semenza JC, Herbst S, Rechenburg A, et al. Climate change impact assessment of food- and waterborne diseases[J]. Crit Rev Environ Sci Technol, 2012, 42(8): 857–890.
- [46] Robert VA, Casadevall A. Vertebrate endothermy restricts most fungi as potential pathogens[J]. J Infect Dis, 2009, 200(10): 1623–1626.
- [47] Köhler JR, Casadevall A, Perfect J. The spectrum of fungi that infects humans[J]. Cold Spring Harb Perspect Med. 2014, 5(1): a019273.
- [48] Seidel D, Wurster S, Jenks JD, et al. Impact of climate change and natural disasters on fungal infections[J]. Lancet Microbe, 2024, 5(6): e594–e605.
- [49] Casadevall A, Kontoyiannis DP, Robert V. On the emergence of *Candida auris*: climate change, azoles, swamps, and birds [J]. mBio, 2019, 10(4): e01397–19.
- [50] Cianconi P, Betrò S, Janiri L. The impact of climate change on mental health: a systematic descriptive review[J]. Front Psychiatry, 2020, 11: 74.
- [51] Hayes K, Blashki G, Wiseman J, et al. Climate change and mental health: risks, impacts and priority actions[J]. Int J Ment Health Syst, 2018, 12: 28.
- [52] Doherty TJ, Clayton S. The psychological impacts of global climate change[J]. Am Psychol, 2011, 66(4): 265–276.
- [53] Hwong AR, Wang M, Khan H, et al. Climate change and mental health research methods, gaps, and priorities: a scoping review[J]. Lancet Planet Health, 2022, 6(3): e281–e291.
- [54] Tunstall S, Tapsell S, Green C, et al. The health effects of flooding: social research results from England and Wales[J]. J Water Health, 2006, 4(3): 365–380.
- [55] Albrecht G, Sartore GM, Connor L, et al. Solastalgia: the distress caused by environmental change[J]. Australas Psychiatry, 2007, 15 (Suppl 1): S95–S98.
- [56] Helm SV, Pollitt A, Barnett MA, et al. Differentiating environmental concern in the context of psychological adaptation to climate change[J]. Glob Environ Change, 2018, 48: 158–167.
- [57] Singh AB, Kumar P. Climate change and allergic diseases: an overview[J]. Front Allergy, 2022, 3: 964987.
- [58] USGCRP. The impacts of climate change on human health in the United States: a scientific assessment[EB/OL]. [2024–12–16]. <https://health2016.globalchange.gov/air-quality-impacts>.
- [59] Pawankar R, Wang JY, Wang IJ, et al. Asia Pacific Association of Allergy Asthma and Clinical Immunology White Paper 2020 on climate change, air pollution, and biodiversity in Asia-Pacific and impact on allergic diseases[J]. Asia Pac Allergy, 2020, 10(1): e11.
- [60] Weichenthal S, Lavigne E, Villeneuve PJ, et al. Airborne pollen concentrations and emergency room visits for myocardial infarction: a multicity case-crossover study in Ontario, Canada [J]. Am J Epidemiol, 2016, 183(7): 613–621.
- [61] Stickley A, Sheng Ng CF, Konishi S, et al. Airborne pollen and suicide mortality in Tokyo, 2001–2011[J]. Environ Res, 2017, 155: 134–140.
- [62] WHO. The state of food security and nutrition in the world 2019: safeguarding against economic slowdowns and downturns[EB/OL]. (2019–06–16)[2024–12–16]. <https://www.who.int/publications/m/item/state-of-food-security-and-nutrition-in-the-world-2019>.
- [63] 文梅. 面对全球变暖, 加强营养刻不容缓[N]. 华夏时报, 2024–09–23(005).
Wen M. In the face of global warming, strengthening nutrition is urgent[N]. ChinaTimes, 2024–09–23(005).
- [64] The Intergovernmental Panel on Climate Change. About the IPCC[EB/OL]. [2024–12–16]. <https://www.ipcc.ch/about/>.
- [65] 郭昌胜, 高雅, 樊境朴, 等. 我国大气污染和气候变化协同治

- 理的健康效益研究进展[J]. 环境科学研究, 2023, 36(11): 2040-2049.
- Guo CS, Gao Y, Fan JP, et al. Research progress on health benefits of collaborative management of air pollution and climate change in China[J]. Research of Environmental Sciences, 2023, 36(11): 2040-2049.
- [66] 吴绍洪. 中国“气候变化的影响、风险与适应”研究进展——中国《第四次气候变化国家评估报告·第二部分》解读[J]. 中国人口·资源与环境, 2023, 33(1): 80-86.
- Wu SH. Research progress in climate change impact, risk, and adaptation: an interpretation of Part 2 of China's Fourth National Assessment Report on Climate Change[J]. China Population Resources and Environment, 2023, 33(1): 80-86.
- [67] 晁安琪, 李慧敏, 胡沁沁, 等. 基于全健康理念的气候变化下人兽共患病防控策略[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2023, 41(3): 263-269.
- Chao AQ, Li HM, Hu QQ, et al. The control strategies for zoonoses under climate change based on the one health concept[J]. Chinese Journal of Parasitology and Parasitic Diseases, 2023, 41(3): 263-269.
- [68] 中华人民共和国生态环境部, 国家发展和改革委员会, 科学技术部, 等. 关于印发《国家适应气候变化战略 2035》的通知: 环气候〔2022〕41 号[EB/OL]. (2022-05-10)[2024-12-16]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-06/14/content_5695555.htm.
- Ministry of Ecology and Environment of PRC, National Development and Reform Commission of PRC, Ministry of Science and Technology of PCR, et al. Notice on the issuance of the “National climate change adaptation strategy 2035”: Huan Climate [2022] No. 41[EB/OL]. (2022-05-10)[2024-12-16]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-06/14/content_5695555.htm.
- [69] 国家疾病预防控制中心, 国家发展和改革委员会, 财政部, 等. 关于印发《国家气候变化健康适应行动方案(2024—2030 年)》的通知: 国疾控卫免发〔2024〕17 号[EB/OL]. (2024-09-18)[2024-12-16]. https://www.ndcpa.gov.cn/jbkzxx/c100012/common/content/content_1836297186830036992.html.
- National Disease Control and Prevention Administration, National Development and Reform Commission of PRC, Ministry of Finance of PCR, et al. Notice on the issuance of the “National climate change health adaptation action plan (2024-2030)”: National Center for Disease Control and Prevention [2024] No. 17[EB/OL]. (2024-09-18)[2024-12-16]. https://www.ndcpa.gov.cn/jbkzxx/c100012/common/content/content_1836297186830036992.html.
- [70] Graham SB, Machalaba C, Baum SE, et al. Applying a one health lens to understanding the impact of climate and environmental change on healthcare-associated infections[J]. Antimicrob Steward Healthc Epidemiol, 2023, 3(1): e93.
- [71] MacFadden DR, McGough SF, Fisman D, et al. Antibiotic resistance increases with local temperature[J]. Nat Clim Chang, 2018, 8(6): 510-514.
- [72] O'Neill J. Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations. Review on antimicrobial resistance [EB/OL]. [2024-12-16]. <https://www.biomerieuxconnection.com/wp-content/uploads/2018/04/Tackling-Drug-Resistant-Infections-Globally-Final-Report-and-Recommendations.pdf>
- [73] Fouladkhah AC, Thompson B, Camp JS. The threat of antibiotic resistance in changing climate[J]. Microorganisms, 2020, 8(5): 748.
- [74] Dupraz J, Burnand B. Role of health professionals regarding the impact of climate change on health—an exploratory review[J]. Int J Environ Res Public Health, 2021, 18(6): 3222.
- [75] Yang LP, Liu CJ, Hess J, et al. Health professionals in a changing climate: protocol for a scoping review[J]. BMJ Open, 2019, 9(2): e024451.
- [76] 叶青, 武宇, 董子洵, 等. 应对抗微生物药物耐药有哪些关键技术[J]. 中国卫生, 2022(12): 67-70.
- Ye Q, Wu Y, Dong ZX, et al. Key technologies for addressing antimicrobial resistance[J]. China Health, 2022(12): 67-70.
- [77] Hines E, Reid CE. Hospital preparedness, mitigation, and response to hurricane Harvey in Harris County, Texas[J]. Disaster Med Public Health Prep, 2021, 17: e18.
- [78] IPCC Working Group II. climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.
- [79] Hess JJ, Eidson M, Tlumak JE, et al. An evidence-based public health approach to climate change adaptation[J]. Environ Health Perspect, 2014, 122(11): 1177-1186.
- [80] Hertelendy AJ, Ciottone GR. Averting flood-related deaths and injuries from hurricanes: enhancing hospital resilience[J]. Lancet Reg Health Am, 2024, 40: 100930.
- [81] Dewi SP, Kasim R, Sutarsa IN, et al. A scoping review of the impact of extreme weather events on health outcomes and healthcare utilization in rural and remote areas[J]. BMC Health Serv Res, 2024, 24(1): 1333.
- [82] 华凌. 气候变化对人类健康影响被低估[N]. 科技日报, 2015-06-26(002).
- Hua L. The impact of climate change on human health is underestimated[N]. Science and Technology Daily, 2015-06-26(002).

(本文编辑:左双燕)

本文引用格式:叶青,王秋红,吴安华. 气候变化带来的健康风险与感染防控面临的挑战[J]. 中国感染控制杂志, 2025, 24(2): 149-157. DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20257368.

Cite this article as: YE Qing, WANG Qiuhong, WU Anhua. Health risks and challenges to infection prevention and control posed by climate change[J]. Chin J Infect Control, 2025, 24(2): 149-157. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20257368.