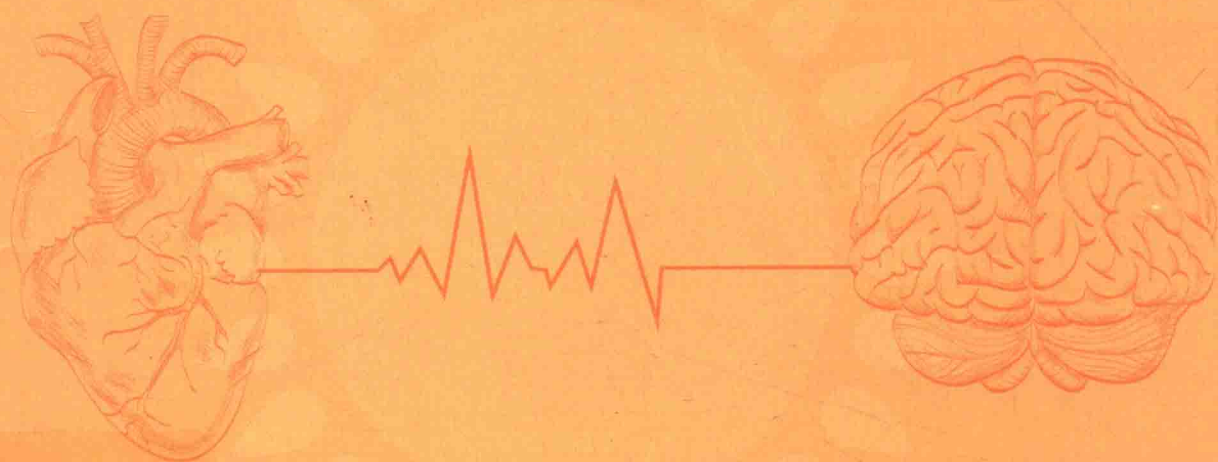


高温热浪



对心脑血管疾病的影响 及其机制研究

张书余 著



气象出版社
China Meteorological Press

高温热浪对心脑血管疾病的影响及其机制研究

张书余 著

内 容 简 介

本书系统介绍了高温热浪对心脑血管疾病的影响及其机制研究的成果,第1章系统阐述了高温热浪对人体健康影响的研究进展;第2章分析近30 a中国夏季人体舒适度指数的变化特征;第3章用统计学的方法研究了高温热浪对人群心脑血管疾病的影响;第4~8章系统介绍了模拟高温热浪及热浪期间强降温对高血压、冠心病及健康大(小)鼠心脑血管疾病的影响研究;第9章总结了项目研究成果,论述了高温热浪对心脑血管疾病的影响机理。本书可供从事人类生物气象研究的科技工作者及高等院校相关专业师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

高温热浪对心脑血管疾病的影响及其机制研究 / 张书余著.

—北京:气象出版社,2015.7

ISBN 978-7-5029-6164-0

I. ①高… II. ①张… III. ①高温—气象灾害—影响—
心脏血管疾病—研究 IV. ①R54

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 161652 号

Gaowen Relang Dui Xinnao Xueguan Jibing de Yingxiang Jiqi Jizhi Yanjiu

高温热浪对心脑血管疾病的影响及其机制研究

张书余 著

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街46号

总编室:010-68407112

网 址: [http:// www.qxcbs.com](http://www.qxcbs.com)

责任编辑:张锐锐 孔思瑶

封面设计:易普锐创意

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:410千字

版 次:2015年7月第1版

定 价:68.00元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:阳世勇

责任技编:赵相宁

印 张:16.5

印 次:2015年7月第1次印刷

随着气候变暖，中国夏季高温天气频繁出现。2002年，中国黄淮、华北、西北东部等地出现了10 d左右日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的高温天气，部分地区气温达 $39\sim 43^{\circ}\text{C}$ 。2010年入夏以来石家庄共出现5次热浪天气，其中7月6日的最高温度达到 41.8°C ，是自1955年有气象数据记录以来的最高值。2013年夏季，中国南方特别是长江流域出现了持续高温天气，历时50余天，其持续时间之长、范围之广、强度之强，十分罕见。高温热浪的频繁出现不仅对中国国民经济造成巨大的损失，同时也对中国国民健康构成巨大的危害，其对人体健康的影响已经成为一个严重的公共卫生问题，每次热浪的发生都会引起许多人因热暴露而入院或死亡。在众多由热浪引发的健康事件中，心脑血管疾病（包括高血压、脑卒中、冠心病、风湿性心脏病、心肌病以及肺心病等）的发生和死亡占有很大的比例。通过研究发现在热浪引起的死亡中，26%是由心脑血管疾病引起，中国老年人群在气温 32°C 发生脑梗的危险性比在 $27\sim 29^{\circ}\text{C}$ 时高66%，并且每升高 1°C 危险性将增加3.0%，热浪对心脑血管疾病死亡有显著影响。目前中国约有2.3亿人患冠心病、脑卒中、心力衰竭和高血压等心血管病，每年死于心脑血管疾病者近300万人，城乡居民的心血管病发病和死亡率较之以往呈增长趋势。并且，老龄化程度在中国不断增高，老龄人口不断增长。由此可见，日益频发的热浪将会给中国日益增加的心脑血管疾病人群和易感人群造成严重的危害。如何减少热浪对中国人群带来的危害，最有效的方法莫过于能对其做出积极有效的预防。

本书系统讨论了心血管疾病与高温热浪的关系，揭示了高温热浪及高温热浪期间突然强降温对心血管系统的影响及其机理；无论是高温热浪还是高温热浪期间突然强降温，它们通过不同的机理，最终产生了同样的结果，导致高血压、冠心病、缺血性心脏病、心肌梗死等心血管疾病的发生及加重，而且高温

热浪期间强降温对心血管疾病的影响比仅仅持续的高温热浪的单一天气过程影响的更明显。本书回答了为什么有降温的热浪过程导致心血管疾病死亡人数比持续高温的热浪过程导致心血管疾病死亡人数多的原因。本书的出版极大丰富了人类生物气象学的内涵，为气象部门发布医疗气象预报提供了理论支撑，提醒老年人及心血管病人应根据高温天气预报采取足够的防暑措施及减少接触热暴露的机会。为各医疗机构根据高温天气预报采取相应的服务措施提供了科学依据，最大程度的减少由于高温热浪影响造成的心血管疾病的发生和病情发展。

李泽椿

2015年3月5日

据世界卫生组织及中国国家卫生和计划生育委员会的相关报告,全球每年每三个死亡人中就有一人死于心脑血管疾病,中国每年死于该病的人数约为三百万。人类健康往往受到如经济、文化、环境等诸多因素的综合影响。天气条件是自然环境中变化最多、最快、最显著的因子,它们在为人类提供必要生存条件的同时,其变化又常常引起多种疾病的发生。有研究表明,心脑血管疾病的突发以及心脑血管病人的死亡与环境温度的剧烈变化密切相关。高温热浪及冷空气天气的持续都会导致患病率和死亡率的明显上升。南京是中国华东地区第二大城市,人口密度高,地处中纬度海陆过渡带和气候过渡带,气象灾害频发,极端天气容易造成大规模的危害。夏季,在西太平洋副热带高压的控制下,高温天气容易出现,当其连续发生时,则会形成热浪。在全球变暖的气候背景下,热浪出现的频次可能更高,危害当地居民健康。流行病学研究和统计学研究都已证实,高温热浪发生时,冠心病发病率明显增加,每次热浪期间都会有大量人群因热暴露而入院或者死亡。研究 1979—1987 年间极端天气与死亡的关系,发现在热浪引起的死亡中,26%是由心血管疾病引起。还发现高温天气期间,心脑血管疾病就诊人数占总就诊人数的 35.1%,其中冠心病就诊率达 10.8%。本书以新医学目标“预防疾病、减轻疾病痛苦”为宗旨,综合利用人类生物气象学、人群流行病学及毒理学实验等手段,分析了南京心脑血管疾病发病和死亡率与高温热浪天气的关系;针对特定人群采用心脑血管敏感指标研究高温热浪天气对心脑血管疾病的损害作用;在人工模拟气象条件下观察和分析高温热浪天气对大(小)鼠血管内皮素、一氧化氮、总超氧化物歧化酶、细胞间黏附因子、热应激蛋白 60、肿瘤坏死因子、缺氧诱导因子-1 等指标的影响机理。通过人群和动物实验论述了高温热浪天气对心脑血管疾病的影响及其作用机制,为深入开展心脑血管疾病气象预警及疾病预防奠定基础,探

索中国人类生物气象科学发展的新途径。

本书是国家自然科学基金项目“高温热浪对心脑血管疾病的影响及其机制研究”的主要研究成果。感谢兰州中心气象台和中国气象局兰州干旱气象研究所提供的研究平台支持。罗斌、朱卫浩、田颖、张夏琨、王春玲、刘昊辰、周妍妍、况正中参加了动物科学实验及结果分析工作；王宝鉴自始至终负责项目的管理，为项目顺利实施提供了保障。景元书、于庚康及南京市疾控中心等提供了气象资料 and 人群病例资料。感谢他们对此科研成果做出的贡献。

张书余*

2015 年 1 月 28 日

* 张书余,河北省气象局总工程师。

序

前言

第 1 章	高温热浪对人体健康影响的研究进展	(1)
1.1	热浪对相关疾病发病率的影响	(1)
1.2	热浪对相关死亡率的影响	(4)
1.3	热浪对人体健康影响的流行病学特征	(4)
1.4	研究方法简介	(5)
1.5	小结	(6)
第 2 章	近 30 a 中国夏季人体舒适度指数的变化特征分析	(11)
2.1	资料与方法	(11)
2.2	结果分析	(11)
2.3	讨论与小结	(16)
第 3 章	高温热浪对人群心血管疾病的影响	(19)
3.1	资料与方法	(20)
3.2	南京高温日及热浪发生特征	(21)
3.3	高温热浪期间突然气温下降的降温等级划分标准	(25)
3.4	南京高温对人群死亡(心血管疾病急诊)的影响分析	(26)
第 4 章	实验室的设计及实验标准研究	(37)
4.1	实验室的设计类别、选址、组成及布局	(38)
4.2	动物饲养室的建设及主要实验设备	(39)
4.3	实验方法的确定及实验过程	(42)
4.4	ELISA 法检测过程中的质量控制	(47)
4.5	结论与展望	(49)

第 5 章	动物实验研究方案及实验关键问题	(51)
5.1	研究计划	(51)
5.2	动物实验设计	(55)
5.3	资料来源与仪器材料	(57)
5.4	研究方法	(59)
第 6 章	高温热浪对心脑血管疾病的影响	(65)
6.1	材料与方法	(65)
6.2	高温热浪天气对冠心病小鼠的影响及其机制	(68)
6.3	高温热浪天气对老年小鼠心脑血管系统的影响	(76)
6.4	高温热浪对健康小鼠心脑血管系统的影响	(84)
6.5	高温热浪天气对冠心病、老年及健康小鼠影响的比较分析	(88)
第 7 章	在高温热浪期间突然强降温对小鼠心脑血管系统的影响	(98)
7.1	实验准备工作	(99)
7.2	高温热浪期间突然强降温对 ApoE ^{-/-} 小鼠心血管影响的实验结果分析	(101)
7.3	小结	(106)
第 8 章	在高温热浪期间突然强降温对大鼠心脑血管系统的影响	(109)
8.1	材料与方法	(110)
8.2	高温热浪期间突然强降温对健康大鼠心脑血管系统影响的实验结果分析	(112)
8.3	高温热浪期间突然强降温对高血压大鼠心脑血管系统影响的实验结果分析	(125)
8.4	高温热浪期间突然强降温对高血压和健康大鼠心脑血管系统影响的对比分析	(132)
8.5	讨论与总结	(136)
第 9 章	高温热浪对心血管系统影响的可能机制	(140)
9.1	高温热浪影响心血管系统可能机制	(140)
9.2	高温热浪期间突然强降温对心血管疾病影响的可能机制	(143)
附录	项目研究论文	(147)
	模拟寒潮对高血压疾病的影响实验研究	(147)
	Effects of Simulated Heat Waves on ApoE ^{-/-} Mice	(155)
	Effects of Simulated Heat Waves on Cardiovascular Functions in Senile Mice	(165)

Effects of Moderate Strength Cold Air Exposure on Blood Pressure and Biochemical
Indicators among Cardiovascular and Cerebrovascular Patients (183)

热浪对小鼠体温的影响及四氢生物蝶呤的保护作用 (201)

热浪对 ApoE 基因缺陷小鼠超氧化物歧化酶的影响 (209)

热浪对 ApoE 基因缺陷小鼠 ET-1、NO 及体温的影响 (216)

热浪对人体健康影响的研究进展 (223)

国际生物气象学研究的新动态 (234)

热浪对 ApoE 基因敲除小鼠 sICAM-1 的影响研究 (246)

高温热浪对人体健康影响的研究进展

热浪是具有一定持续性的高温天气(日最高温度超过一定界限的天气过程),可造成多种疾病发病率和死亡率增加。热浪并没有统一而明确的定义,各国家和地区按自身情况依据夜间最低气温或日最高气温的持续时段和/或强度定义热浪,或根据热浪持续指数等对其定义及研究^[1]。世界气象组织建议最高气温高于 32℃,持续 3 d 以上的天气过程为热浪。荷兰皇家气象研究所定义热浪为最高温度高于 25℃并持续 5 d 以上,其间至少 3 d 高于 30℃的天气。中国一般把日最高气温达到或超过 35℃称为高温天气,连续 3 d 以上的高温天气过程称为高温热浪,国内相关研究也大多以此标准定义热浪。同时,中国气象局建议各省(自治区、直辖市)气象局也可根据各自气候确定界限温度,如甘肃省气象局规定,河西地区和河东地区高温天气的界限温度分别为 34℃和 32℃。孙立勇等^[2]通过研究安徽地区热浪对居民死亡率影响,建议将热浪警戒温度限值定为日平均气温 32℃,最高气温 36℃。

大量研究表明,高温热浪能够造成严重的健康事件,甚至死亡。早在 1743 年,北京热浪造成近 11000 人死亡。20 世纪 90 年代以来,夏季高温酷热天气频发。印度继 1998 年 2500 余人在热浪中丧生后,2002 年又造成 1200 人死亡;2003 年,欧洲热浪造成人群超额死亡数达到 20000 人,法国甚至引发政治冲突;2004—2006 年,广州、中国西南地区、南非及欧美又分别遭受热浪袭击,造成大量人员死亡^[3~5]。一般初夏发生的热浪及热浪前几日更易造成死亡率增加,中高纬度地区更明显,这可能与人体对热浪的适应性有关^[3,6~9]。持续时间长、强度大的热浪危害也越大,危害程度不仅与个体心理身体素质有关,也与环境条件相联系:一般经济条件差、居住条件差、独居的人风险大,且城市热岛会加重热浪的影响,使城市及人口稠密地区更易受影响,夜间尤其明显^[10~12]。神经紊乱、体弱、认知能力受损的人,精神病人及患有慢性疾病的人群风险大,另外,黑人比白人更易受影响。服用利尿剂、一些神经类药物、麻醉毒品等药物,酒醉及进行大量体力劳动也会增大风险^[13,14]。对此,相关机构表示^[13],随着全球气候变暖的发展,热浪发生频率将继续增加,且发生程度更严重、持续时间更长、范围更广,与其相关的死亡率相应增加。另外,随着城市化和人口老龄化,各国对热浪与人体健康关系的研究越来越重视,本书对这些研究进行综述,为推进热浪对人体健康影响的研究提供科学基础。

1.1 热浪对相关疾病发病率的影响

热浪对相关疾病发病率影响的研究比热相关死亡率少很多,且因资料等方面的限制和

多种混杂因素的存在,结果不如后者精确^[15,16]。研究发现,热浪期间急救车出车量、医院就诊量、入院人数都会增加,主要针对中暑、热中风、传染病、慢性病(如心脑血管疾病、呼吸道疾病)等疾病,少数人还可能出现严重昏迷、器官衰竭,但增幅不如死亡率明显^[17,18]。行动受限的人(孕妇、瘫痪等)、老年人和慢性疾病患者的风险更大^[9,19]。同时,高温导致大气污染物和过敏物含量增加,对人体有显著影响^[20]。

1.1.1 发热和中暑

热浪期间,环境温湿变化超出人体热平衡可调节适应范围,使体温升高,导致生理功能紊乱,造成气促、发热、热痉挛,甚至中暑死亡^[21,22]。王长来等^[23]在南京发现连续高温高湿天气可引发大量人群中暑,Semenza 等^[24]指出,1995 年芝加哥热浪主要引发的疾病为脱水、中暑、热衰竭。另外,热浪期间的医院死者中大都伴有发热、中暑现象^[25,26]。因发热、中暑为多器官多系统疾病,能进一步对人体其他系统造成影响,可造成大量死亡,故应注意及时采取有效的防治。

1.1.2 心脑血管疾病

统计表明,高温期间,心脑血管疾病发病率仍在增加。高温刺激神经调节循环系统,使人体大量出汗,血液黏稠度和胆固醇水平增高,血管扩张、血液循环加速,心跳过速,血压变化,内脏供血不足^[21,27]。同时,环境低气压使得人体氧分压低,血氧含量不足,引起心脏、大脑反射性痉挛,诱发心肌梗死、冠心病、缺血性脑卒中等急性心脑血管疾病,环境湿度大时,发病更明显^[28,29]。另外,热浪期间人体心肌蛋白增加,过多时可迫害心脏^[30]。热浪引起的大气颗粒物浓度增加也可引发急性心肌梗死等疾病^[31]。

心脑血管疾病是研究热浪对人体发病率影响中最重要的疾病之一,相关研究全面,众多统计分析研究已取得初步结果。20 世纪 60、70 年代,美、英热浪期间心脑血管疾病发病率、死亡率增加,相似结果在 20 世纪 90 年代费城和芝加哥等地热浪期间得到证实^[24,32]。部分学者通过实验小鼠和志愿者的研究证明,高温利于冠心病和脑血管疾病发生,对心血管疾病比脑血管疾病影响更严重^[29]。有研究指出,心脑血管疾病的发病风险还与年龄有关,老人更易受影响。Mastrangelo^[33]等认为,这可能是因为老人身体水分更少、血管扩张能力差^[29];而Loughnan 等^[34]研究发现对于某些心脏类疾病,65 岁以下人群发病率也明显增加。在已有结果基础上,近来学者们开始关注相关机理研究,这也对今后其他类疾病的研究方法有所启示。

1.1.3 呼吸道疾病

热浪可刺激人体呼吸系统,增加呼吸道疾病的发病与死亡。Huang 等^[35]指出,热浪使肺气肿、急性呼吸道感染等呼吸系统疾病发病死亡数增加。也有研究表明,呼吸道疾病对高温致死最敏感^[36]。同时,热浪发生时,花粉、孢子、霉菌等更活跃,易引发过敏性呼吸道疾病;臭氧增多,易引发呼吸道疾病,尤其是慢性阻塞性气管疾病和哮喘;空气污染加重,可吸

入颗粒物、二氧化硫、二氧化氮等会增强支气管敏感度,影响肺功能,损害呼吸系统,增大对人体慢性呼吸道疾病影响,这在实验性研究和流行病学研究中都得到了证实^[37]。另外,Robine^[38]、Mastrangelo^[33]等分别发现,64岁以上和74岁以上的老人更易受影响。所以,热浪期间,心肺功能不好的人群、老人和过敏人群应更加注意防治,并保持良好的生活习惯。

1.1.4 神经系统疾病和精神病

干热天气下,太阳辐射中红外线可穿透颅骨,导致脑组织温度骤然升高,大脑皮层调节中枢的兴奋性增加,中枢神经系统运动功能受抑制,脑神经功能受损,使得反应功能迟钝、头昏、失眠、烦躁^[21,39]。另外,高温中暑可以引起帕金森和小脑共济失调综合征,对所有脑区有不同程度的损伤,易于神经系统紊乱和癫痫等发病,老年人风险更大^[24,40]。

高温热浪对精神疾病影响研究相对较少,意见不一,但大多研究认为热浪促发精神类疾病。Baek等^[41]研究得出,怀孕期间第2至6个月和8至9个月时发生热浪会分别增大新生男婴和女婴患精神分裂的可能性。Naughton等^[42]指出,热浪期间精神病发病增加,且年轻人更多,不过,也有研究则显示,65~74岁老人更明显。少数学者如Nitschke^[17]等则并未发现热浪对精神类疾病发病率产生明显影响。近十年来,环境危险因素与人群精神类疾病发病率和死亡率的相关研究也越来越被重视。

1.1.5 消化系统疾病和泌尿系统疾病

热浪期间,人体皮肤血管扩张,同时,在神经系统影响下,腹腔内脏血管收缩,胃液分泌减少,胃蠕动减弱,会引起食欲不振,消化力下降及其他肠胃疾病,且耗营养多,长时间会引起营养缺乏,体重减轻,乏力^[21,22]。另外,高温可以直接作用于肝脏,使肝脏同时受到缺氧、缺血、弥漫性血管内凝血、代谢性中毒的影响,出现肝细胞损伤、肝功衰竭^[40]。

若不适当补水,会使尿液浓缩,加重肾脏负担,湿度高时,还会抑制出汗,若再进行体力劳动,可导致肾脏等脏器衰竭^[22,28]。美国一项研究证实,高温会诱发肾结石^[43]。Josseran^[44]、Nitschke等^[8,17]统计分析得出热浪期间,肾绞痛,肾衰竭等发病率上升,老年人更明显,而且,肾脏疾病在热浪中的发病率有上升趋势。对此,随着热浪的多发与研究的深入,此类疾病的热相关性研究应该引起各方学者注意。

1.1.6 皮肤病和传染病

热浪期间,多汗易出现痱子,破坏皮肤保护层,同时,高温环境利于细菌繁殖、传播,空气污染和臭氧、紫外线的增加也不利于皮肤调节平衡,促进一些皮肤病(化脓性皮肤病、霉菌病、皮炎、皮肤癌等)的传播发生^[45]。婴幼儿汗腺发育不全,抵抗力弱,更易受影响。

高温加快媒介昆虫的生长繁殖及细菌疾病的传播,并使昆虫体内病原体的致病力增强而利于某些传染病的流行^[4]。有学者指出,最高温度、平均气压和蒸发量与乙脑的传播有关。近年,不断有学者提出,气候变化可能引起疟疾、登革热、腹泻、血吸虫病、黄热病、日本脑炎等传染病频发^[5]。热浪出现时,应加强传染性疾病的预防。

不同研究表明,热浪期间,人体肌肉张力、反应能力下降,易疲劳,甚至全身乏力,并且高温会抑制免疫系统,随着高热时间延长,细胞免疫及液体免疫功能会受影响,同时高温加重肾脏负担,使机体对化学物质毒性作用的耐受度、免疫降低,抗病能力下降^[21,22,40]。高温热浪间接引起的空气污染还可影响生殖系统,甚至致癌^[46]。另有统计显示,全球高温天气增多使两性自杀率都有提高^[47]。

1.2 热浪对相关死亡率的影响

自 20 世纪六七十年代以来,一些国家地区开始对热浪与死亡率关系进行研究^[32,48]。除少数研究外,大多学者认为热浪期间,人群总死亡率增加,日死亡人数与每日温度呈非线性相关,并存在地域性^[5]。此非线性关系一般是“V”或“U”型,也有研究得出是“J”形,当温度高于一定界限之后,死亡率随温度的上升而上升,并在较高温度有一个陡峭的变化^[49,50]。Matzarakis^[51],孙立勇^[2],Páldy^[52]等分别对 1987 年雅典热浪、1987—1989 年间安徽热浪和 1970—2000 年间布达佩斯热浪进行研究,结果表明热浪期间人群总死亡率明显上升,死亡高峰与高温曲线峰值相吻合。也有学者指出,因相关的统计学定义难以确定,热相关死亡率应更高^[27]。

热浪可诱发多种疾病而导致死亡,对健康的影响也与个体有关,中老年人、体弱及心脑血管疾病等慢性疾病人群风险更大。Flynn 等分别对不同时期亚洲、大洋洲、欧洲一些城市发生的热浪进行分析,结果显示呼吸系统疾病、心脑血管病是热浪期间主要致死疾病,热诱导败血症、消化系统疾病等疾病的死亡率也与热浪有关^[2,8,53~55]。2003 年,Simón 等学者分别在欧洲多国发现,热浪期间,死亡率或超额死亡率上升,且多数为老人^[49,56]。而且,发生在夜间或常年气候较冷地区的高温,易引起更高的死亡率,但不同强度的高温主要引发的疾病有所不同^[4,49,57],所以在热浪相关研究中,确定合理的界限温度是一个难点问题。

大气污染因素与气象因素的交互作用对人体健康的影响不容忽视。从 20 世纪 90 年代中期开始,国内外流行病学研究学者们用不同模型对污染物与温度的关系进行探讨,证实可吸入颗粒物、臭氧、一氧化碳、二氧化硫、光化学烟雾等污染物常在高温条件下与死亡率有关,可引发心血管疾病、心肺疾病等疾病,颗粒物浓度越高,颗粒越细小,热相关死亡率越大,并存在地区差异^[27,31,46,55,58~60]。另外,克罗地亚、法国、澳大利亚的相关研究显示,热浪期间臭氧含量和高温度协同使死亡率增加,尤其对老年人和心血管疾病等慢性病患者人群影响更大^[4,55,58]。近年来,随着气候和环境问题的突出,将热浪等天气现象与空气污染联合研究逐渐成为一个新的热点。

1.3 热浪对人体健康影响的流行病学特征

1.3.1 年龄特征

人体受热浪影响程度与年龄有关,尽管 Vaneckova 等^[56]认为不同人群风险接近。

Nitschke 等^[17]发现 15~64 岁的人群受影响更明显,但大多研究表明,老年人和婴幼儿热调节机能较差,对热应力及相关的空气污染更敏感,所以易受影响^[19,31,61]。众多学者对近 30 年间美国、中国、日本、欧洲的不同城市热浪研究证实:随年龄增长,热浪相关死亡率增长,64 岁以上人群增加最显著^[5,25,36,57,62,63]。Weisskopf^[64]等还指出,64 岁以上人群中随年龄增长,受热浪影响程度增长更迅速,且主要引发的疾病也在变化^[32]。另有学者分别研究得出 15 岁以下儿童、5 岁及以下儿童、0~1 岁婴儿更易受热浪影响^[27,48]。

1.3.2 性别特征

国内外有关热浪对性别影响的观点尚存在分歧,不能确定男、女性对热应力敏感性有差异。Yu^[65]等认为热应力对女性影响更大,Trigo^[66]等研究得出这种性别差别在一定年龄以上的人群中才体现。也有结果显示,在受热浪影响较大人群(65 岁以上)中,男女死亡率均等,但在其余人群中,男性死亡比例几乎是女性的 5 倍^[3]。Fouillet 等^[26]对 2003 年热浪研究表明,在 0~1 岁及 35~44 岁人群中,仅男性受到明显影响。Conti 等一些学者则表示热浪对男女影响差异不大^[35,67,68]。对此,有关热浪对人体影响的性别因素仍需进行系统的研究。

1.3.3 “滞后效应”和“收获效应”

大多数研究证实,热浪期间人群死亡率存在“滞后效应”,即温度不仅影响当日的死亡人数,还可能影响其后几天的死亡人数,说明了热浪持续天数的累积作用^[5]。许多研究发现热浪对死亡率的影响有 0~1 d 的滞后,还有学者认为滞后可达 1~3 d 或 5 d,且对心脑血管疾病影响更久,老年人尤甚^[16,69,70]。

高温热浪及空气污染与流行病学死亡率或发病率的“收获效应”已经过几种方法研究证实,即热浪期间死亡人数的增加可以被随后期间内死亡人数的暂时减少而得到补偿,使一些最易感的人群提前几天死亡,所以又称“死亡位移”^[27]。

1.4 研究方法简介

热浪研究方法有多种,截止至 20 世纪末,各国学者对热浪研究方法较为简单,通常是将医学资料与气象资料进行相关分析,建立气象条件与人类疾病的统计学关系^[71]。具体采用的方法因所选用资料的类型而异:

(1)指标法。包括仅考虑温度的单因素指标,一般以最低气温、最高气温、平均气温为依据;考虑温湿的双因素指标及综合温度、湿度、风、云量、降水、辐射、空气状况、热连续天数、人体热量平衡等因素的多因素指标。通过指标值分析热浪对人体影响程度,各地需按自身情况选用适宜的指标。

(2)天气分型法。由 Sheridan 等综合考虑多项气象因素而首次提出,即对某地逐日天气进行分类,确定对人类健康有负面影响的高危险天气类型。Kalkstein 等进一步对此法进行

开发,首先对天气分类,再把当日天气从资料库中选取天气类型进行相似性比较,从而确定天气类型,进行预报^[3]。

(3)多元回归分析法(多种因子建立回归方程)。将逐日天气特点和逐日死亡率资料比较用于分析,常用来研究热浪与超额死亡率的关系。根据不同的研究要求和各地的气候特点,又常采用不同的方法。近年来,许多学者采用的时间序列方法、病例交叉研究等均用此法进行相关分析。

1.5 小结

(1)国内外很多研究表明,热浪对健康影响显著,已有研究主要针对热浪对死亡率及发热、心脑血管疾病、呼吸道疾病的发病率的影响,对其他相关疾病发病率缺少系统的研究。同时,各研究对从热浪的定义到热相关死亡率的统计学定义等方面观点尚不统一。

(2)总体来讲,热浪期间人群总死亡率明显上升,死亡高峰与高温曲线峰值相吻合,主要造成发热中暑、心脑血管疾病、呼吸道疾病发病率增加,同时引起神经系统疾病、精神病、消化系统疾病、泌尿系统疾病、传染病等多种疾病发病增加,影响程度不仅与热浪发生特征及地理位置有关,还受社会因素影响。

(3)热浪对婴儿儿童、老年人和本身患病人群更易造成影响,但性别因素的影响仍需进行系统研究。而且,值得注意的是,年龄和性别因素对于不同的疾病的影响程度可能不同,甚至相反,对此,我们应在研究热浪时详细地针对不同种疾病分别作相关研究才更有说服力和指导意义。

(4)高温热浪加剧空气污染,可对人体健康产生不利影响,尤其易引发心血管疾病和呼吸道疾病。近些年,热浪及其引发的空气污染的协同作用对人体的间接影响也吸引更多学者做深入的研究,但相关研究大多集中于对可吸入颗粒物、臭氧、紫外线的影响,且多统计学研究,今后,应结合流行病学研究和毒理学研究方法探讨其他污染成分在高温条件下对人体的影响。

(5)热浪对人体的影响存在收获效应和短暂的滞后效应,一般可滞后 0~1 d、1~3 d 或 5 d 不等,不同地区的滞后天数还有待进一步研究。了解其滞后效应对预防热浪的危害具有实际指导意义。

(6)热浪的相关研究方法过于简单,一般为指标法、天气分型法、多元回归分析法,集中使用气象资料和医疗资料相关分析,并且由于缺少界定标准,资料统计可能存在误差。研究热浪与健康的关系时,应综合考虑热浪发生的多气象要素特征、地理位置及其他社会因素、行为因素,运用气象学与流行病学、病理学结合的方法,利用人群和动物实验进一步进行机理研究。对此,需进一步加强气象学和医学相关人员合作。

参考文献

- [1] Unkašević M, Tošić I. An analysis of heat waves in Serbia[J]. *Global and Planetary Change*, 2009, **65** (1-2):17-26.
- [2] 孙立勇,任军,徐锁兆. 热浪对炎热地区居民死亡率的影响[J]. *气象*, 1994, **20**(9):54-57.
- [3] 刘建军,郑有飞,吴荣军. 热浪灾害对人体健康的影响及其方法研究[J]. *自然灾害学报*, 2008, **17**(1):151-156.
- [4] 余兰英,刘达伟. 高温干旱对人群健康影响的研究进展[J]. *现代预防医学*, 2008, **35**(4):756-757.
- [5] 李芙蓉,李丽萍. 热浪对城市居民健康影响的流行病学研究进展[J]. *环境与健康杂志*, 2008, **25**(12):1119-1121.
- [6] Kalkstein L S, Sheridan S C, Kalkstein A J. Heat/Health Warning Systems: Development, Implementation, and Intervention Activities[J]. *Biometeorology for adaptation to climate variability and change*, 2009, **1**(1):33-48.
- [7] Muthers S, Matzarakis A, Koch E. Summer climate and mortality in Vienna—a human—biometeorological approach of heat—related mortality during the heat waves in 2003 [J]. *Wiener klinische Wochenschrift*, 2010, **122** (17-18):525-531.
- [8] Nitschke M, Tucker G R, Bi P. Morbidity and mortality during heatwaves in metropolitan Adelaide [J]. *Medical Journal of Australia*, 2007, **187**(11-12):662-665.
- [9] Nicholls N, Skinner C, Loughnan M, *et al.* A simple heat alert system for Melbourne, Australia [J]. *International journal of Biometeorology*, 2008, **52**(5):375-384.
- [10] D'Ippoliti D, Michelozzi P, Marino C, *et al.* The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project[J]. *Environmental Health*, 2010, **9**:37.
- [11] 张书余. 医疗气象预报[M]. 北京:气象出版社, 2010:52-53.
- [12] Gabriel K M, Endlicher W R. Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany[J]. *Environmental Pollution*, 2011, **159**(8-9):2044-2050.
- [13] Lubet G, McGeehin M. Climate Change and Extreme Heat Events[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2008, **35**(5):429-435.
- [14] Hajat S O'Connor M, Kosatsky T. Health effects of hot weather from awareness of risk factors to effective health protection[J]. *The Lancet*, 2010, **375**(9717):856-863.
- [15] Xun W W, Khan A E, Michael E, *et al.* Climate change epidemiology: methodological challenges [J]. *International Journal of public health*, 2010, **55**(2):85-96.
- [16] Åström D O, Forsberg B, Rocklöv J. Heat wave impact on morbidity and mortality in the elderly population: a review of recent studies[J]. *Maturitas*, 2011, **69**(2):99-105.
- [17] Nitschke M, Tucker G R, Hansen A L, *et al.* Impact of two recent extreme heat episodes on morbidity and mortality in Adelaide, South Australia: a case—series analysis [J]. *Environmental Health*, 2011, **10**:42.
- [18] Kovats R S, Hajat S, Wilkinson P. Contrasting patterns of mortality and hospital admissions during hot weather and heat waves in Greater London, UK[J]. *Occupational and Environmental Medicine*, 2004, **61** (11):893-898.
- [19] 袁晓瑛,秦文卓,戚平. 浅谈高温热浪及其健康影响[J]. *中国科技博览*, 2010(27):99.