

# 热浪对人体健康影响的研究进展

田颖<sup>1, 2</sup> 张书余<sup>2, 3</sup> 罗斌<sup>1</sup> 马守存<sup>1</sup> 周骥<sup>1</sup>

(1 南京信息工程大学应用气象学院, 南京 210044; 2 中国气象局兰州干旱气象研究所, 兰州 730020;

3 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 兰州 730020)

**摘要:** 热浪对人体健康影响显著, 随着全球变暖, 其发生频率、强度还会继续增加。通过对国内外研究的概述, 发现热浪期间发热、中暑、心脑血管疾病、呼吸道疾病、精神病、部分传染病等疾病发病率、热相关死亡率增加, 老年人、儿童及一些慢性病患者更易受影响; 影响程度与热浪特征、社会因素、行为因素及空气污染有关, 并存在“滞后效应”和“收获效应”。另外, 简要介绍了主要的热浪研究方法。目前, 对热浪研究主要集中于统计学方法, 动物实验和人群实验研究比较少, 对此, 今后应更注重通过实验方法研究热浪对人体各类疾病的影响。

**关键词:** 热浪, 疾病, 死亡率, 流行病学特征

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2013.02.006

## Research Progress in Impact of Heat Wave on Human Health

Tian Ying<sup>1, 2</sup>, Zhang Shuyu<sup>2, 3</sup>, Luo Bin<sup>1</sup>, Ma Shoucun<sup>1</sup>, Zhou Ji<sup>1</sup>

(1 College of Applied Meteorology, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

2 Lanzhou Institute of Arid Meteorological, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020

3 Key Laboratories of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou 730020)

**Abstract:** Heat wave has a significant impact on human health. The on-going climate change is predicted to yield a growing number of heat waves which will be aggravated in both intensity and frequency. In this paper, the increasing incidence of mortality and morbidity of many diseases such as fever, heat stroke, cardiovascular diseases, respiratory diseases, mental illness, some infectious diseases and others during heat wave was reviewed, especially the elderly, children and patients with some chronic diseases. This effect was also related with heat wave itself, socioeconomic factors, behavioral factors and air pollution. In addition, there were "lag effects and harvesting". The study methods were also summarized briefly. Most of the study methods focused on statistical methods, but animal experiments and crowd experimental studies were few, so more attention should be paid to influences that heat wave makes on various types of human diseases by experimental methods.

**Keywords:** heat wave, disease, mortality, epidemiological characteristic

### 1 引言

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<sup>[1]</sup>。世界气象组织建议最高气温高于32℃, 持续3d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5d以上, 其间至少3d高于30℃的天气。我国一般把日最高气温达到或超过35℃称为高温天气, 连续3d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市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<sup>[2]</sup>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, 我国广州和西南地区、南非及欧美又遭受热浪袭击, 造成大量人员死亡<sup>[3-5]</sup>。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

收稿日期: 2011年10月10日; 修回日期: 2012年1月10日

第一作者: 田颖(1989—), Email: yngtian@163.com

资助信息: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106034)

关<sup>[3, 6-9]</sup>。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<sup>[10-12]</sup>。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,其中,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<sup>[13, 14]</sup>。对此,相关机构表示<sup>[13]</sup>,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,本文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。

## 2 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<sup>[15, 16]</sup>。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<sup>[17, 18]</sup>。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<sup>[9, 19]</sup>。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<sup>[20]</sup>。

### 2.1 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<sup>[21, 22]</sup>。王长来等<sup>[23]</sup>在南京发现连续高温高湿天气可引发大量人群中暑, Semenza等<sup>[24]</sup>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<sup>[25, 26]</sup>。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,故应注意及时有效的防治。

### 2.2 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,血液粘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<sup>[21, 27]</sup>。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、缺血性脑卒等急性心脑血管疾病,环境湿度大

时,发病更明显<sup>[28, 29]</sup>。另外,热浪期间人体心肌蛋白增加,过多时,可迫害心脏<sup>[30]</sup>。热浪引起的大气颗粒物浓度增多也可引发急性心肌梗死等疾病<sup>[31]</sup>。

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90年代费城和芝加哥等地热浪期间得到证实<sup>[24, 32]</sup>。部分研究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<sup>[29]</sup>。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等<sup>[33]</sup>认为,这可能是因为老人身体水分更少、血管扩张能力差<sup>[29]</sup>;而Loughnan等<sup>[34]</sup>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,研究者们近来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。

### 2.3 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率。Huang等<sup>[35]</sup>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<sup>[36]</sup>。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,加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<sup>[37]</sup>。另外,Robine等<sup>[38]</sup>、Mastrangelo等<sup>[33]</sup>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。

### 2.4 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<sup>[21, 39]</sup>。另外,高温中暑可以引起帕金森和小脑共济失调综合症,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<sup>[24, 40]</sup>。

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。Bark等<sup>[41]</sup>研究得出,怀孕期间第2~6个月和8~9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<sup>[42]</sup>指出,热浪期间精神病发病率增加,且年轻人更多,不过,也研究则显示,65~74岁老人更明显。少数学者如Nitschke<sup>[17]</sup>等则并未发现热浪对精神类疾病发病率产生明显影响。近10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。

## 2.5 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,长时间会营养缺乏,体重减轻,乏力<sup>[21, 22]</sup>。另外,高温可以直接作用于肝脏,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<sup>[40]</sup>。

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<sup>[22, 28]</sup>。美国一项研究证实,高温会诱发肾结石<sup>[43]</sup>。Jossaran等<sup>[44]</sup>、Nitschke等<sup>[8, 17]</sup>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研究者注意。

## 2.6 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,高环境温度利于细菌繁殖、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<sup>[45]</sup>。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<sup>[4]</sup>。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<sup>[5]</sup>。热浪出现时,应加强传染性疾病的预防。

## 2.7 其他

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<sup>[21, 22, 40]</sup>。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<sup>[46]</sup>。另有统计显示,全球高温天气增多使两性自

杀率都有提高<sup>[47]</sup>。

## 3 热浪对相关死亡率的影响

自20世纪六七十年代,一些国家地区开始对热浪与死亡率关系进行研究<sup>[32, 48]</sup>。除少数研究外,大多研究者认为热浪期间,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<sup>[5]</sup>。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<sup>[49, 50]</sup>。Matzarakis等<sup>[51]</sup>、孙立勇等<sup>[2]</sup>、Páldy等<sup>[52]</sup>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。也有研究者指出,因相关的统计学定义难以确定,热相关死亡率应更高<sup>[27]</sup>。

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、体弱及患有心脑血管等慢性病人风险更大。对不同时期亚洲、大洋洲、欧洲一些城市发生的热浪的分析表明,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、消化系统疾病等的死亡率也与热浪有关<sup>[2, 8, 53-55]</sup>。2003年,Simón等<sup>[56]</sup>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。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<sup>[4, 49, 57]</sup>,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。20世纪90年代中期开始,国内外流行病学研究者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,微粒物浓度越高,颗粒越细小,热相关死亡率越大,并存在地区差异<sup>[27, 31, 46, 55, 58-60]</sup>。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<sup>[4, 55, 58]</sup>。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。

## 4 热浪对人体健康影响的流行病学特征

### 4.1 年龄特征

人体受热浪影响程度与年龄有关,尽管Vaneckova等<sup>[55]</sup>认为不同人群风险接近,Nitschke等<sup>[17]</sup>

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<sup>[19, 31, 61]</sup>。众多研究者对近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<sup>[5, 25, 36, 57, 62, 63]</sup>。Weisskopf等<sup>[64]</sup>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<sup>[32]</sup>。另有研究者分别研究得出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<sup>[27, 48]</sup>。

## 4.2 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等<sup>[65]</sup>认为热应力对女性影响更大,Trigo等<sup>[66]</sup>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<sup>[3]</sup>。Fouillet等<sup>[26]</sup>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等一些研究者则表示热浪对男女影响差异不大<sup>[35, 67, 68]</sup>。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。

## 4.3 “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<sup>[5]</sup>。许多研究发现热浪对死亡率的影响有0~1d的滞后,还有研究者认为滞后可达1~3d或5d,且对心脑血管疾病影响更久,老年人尤甚<sup>[16, 69, 70]</sup>。

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”已被研究证实,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”<sup>[27]</sup>。

## 5 研究方法简介

热浪研究方法有多种,截至20世纪末,各国研究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<sup>[71]</sup>。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,各地需按局地条件选用适宜的指标。

(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<sup>[3]</sup>。

(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,许多研究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。

## 6 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,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。

(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研究者做深入的研究,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,且多为统计学研究。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0~1d、1~3d或5d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,集中于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、毒理学结合的方法,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的合作。

### 参考文献

- [1] Unkašević M, Tošić I. An analysis of heat waves in Serbia. *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. *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. *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. *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. *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. *Biometeorology for Adaptation to Climate Variability and Change*, 2009, 1(I): 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. *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. *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. *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. *Environmental Health*, 2010, 9: 37.
- [11] 张书余. *医疗气象预报*. 北京:气象出版社, 2010.
- [12] Gabriel K M, Endlicher W R. Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany. *Environmental Pollution*, 2011, 159(8-9): 2044-2050.
- [13] Lubert G, McGeehin M. Climate change and extreme heat events. *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. *The Lancet*, 2010, 375(9717): 856-863.
- [15] Xun W W, Khan A E, Michael E, et al. Climate change epidemiology: methodological challenges. *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. *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. *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. *Occupational and Environmental Medicine*, 2004, 61(11): 893-898.
- [19] 袁晓琪,秦文卓,戚平.浅谈高温热浪及其健康影响. *中国科技博览*, 2010, 27: 99.
- [20] 廖妙婵,孙雅坤.论极端气候事件及其影响. *重庆科技学院学报(社会科学版)*, 2011, (3): 59-60, 66.
- [21] 刘云红.高温影响人体健康的生理机理及营养素的补充. *辽宁师专学报*, 2006, 8(2): 66-67.
- [22] 徐井芳.暑热高温对人体的危害. *中国气功*, 2002, 8: 11.
- [23] 王长来,茅志成,程极壮.气象因素与中暑发生关系的探讨. *气候与环境研究*, 1999, 4(1): 40-43.
- [24] Semenza J C, McCullough J E, Flanders W D, et al. Excess hospital admissions during the July 1995 heat wave in Chicago. *American Journal of Preventive Medicine*, 1999, 16(4): 269-277.
- [25] Henschel A, Burton L L, Margolies L, et al. An analysis of the heat deaths in St. Louis during July, 1966. *American Journal of Public Health Nations Health*, 1969, 59(12): 2232-2242.
- [26] Fouillet A, Rey G, Laurent F, et al. Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France. *Int Arch Occup Environ Health*, 2006, 80(1): 16-24.
- [27] Basu R. High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. *Environ Health*, 2009, 8(40): 11.
- [28] 王安来.热浪袭来伤“心”损“脑”. *医药保健杂志*, 2003, 08A: 13.
- [29] Cheng X, Su H. Effects of climatic temperature stress on cardiovascular diseases. *European Journal of Internal Medicine*, 2010, 21(3): 164-167.
- [30] Hausfater P, Doumenc B, Chopin S, et al. Elevation of cardiac troponin I during non-exertional heat-related illnesses in the context of a heatwave. *Critical Care*, 2010, 14(3): R99.
- [31] Li G, Zhou M, Cai Y, et al. Does temperature enhance acute mortality effects of ambient particle pollution in Tianjin City, China. *Science of the Total Environment*. 2011, 409(10): 1811-1817.
- [32] Mastrangelo G, Hajat S, Fadda E, et al. Contrasting patterns of hospital admissions and mortality during heat waves: Are deaths from circulatory disease a real excess or an artifact. *Medical Hypotheses*, 2006, 66(5): 1025-1028.
- [33] Mastrangelo G, Fedeli U, Visentin C, et al. Pattern and determinants of hospitalization during heat waves: an ecologic study. *BMC Public Health*, 2007, 7: 200.
- [34] Loughnan M E, Nicholls N, Tapper N J. When the heat is on: Threshold temperatures for AMI admissions to hospital in Melbourne Australia. *Applied Geography*, 2010, 30(1): 63-69.
- [35] Huang W, Kan H, Kovats S. The impact of the 2003 heat wave on mortality in Shanghai, China. *Science of the Total Environment*, 2010, 408 (2): 2418-2420.
- [36] Ishigami A, Hajat S, Kovats R S, et al. An ecological time-series study of heat-related mortality in three European cities. *Environ Health*, 2008, 7: 5.
- [37] Curson P. Climate and chronic respiratory disease in Sydney—The case of asthma. *Climatic Change*, 1993, 25(3-4): 405-420.
- [38] Robine J M, Cheung S L, Le Roy S, et al. Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes Rendus Biologies*, 2008, 331(2): 171-178.
- [39] 谈建国,黄家鑫.热浪对人体健康的影响及其研究方法. *气候与环境研究*, 2004, 9(4): 680-686.
- [40] 陈忠,朱剑琴.高温中暑的病理生理学研究进展. *国外医学: 生理病理科学与临床分册*, 1997, 17(4): 373-375.
- [41] Bark N M, Krivelevich I. Heatwaves during pregnancy as a risk factor for schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 1996, 18(2): 105.
- [42] Naughton M P, Henderson A, Mirabelli M C, et al. Heat-related mortality during a 1999 heat wave in Chicago. *American Journal of Preventive Medicine*, 2002, 22(4): 221-227.
- [43] 钱颖波,李石柱,王强,等.气候变化对人体健康影响的研究进展. *气候变化研究进展*, 2010, 6(4): 241-247.
- [44] Jossieran L, Caillère N, Brun-Ney D, et al. Syndromic surveillance and heat wave morbidity: a pilot study based on emergency departments in France. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 2009, 9(1): 14.
- [45] Llamas-Velasco M, García-Díez A. Climatic change and skin diagnostic and therapeutic challenges. *Actas Dermo-Sifiliográficas (English Edition)*, 2010, 101(5): 401-410.
- [46] 车瑞俊,袁杨森.大气颗粒物致突变性及对人体健康的危害. *资源与产业*, 2006, 8(1): 105-109.

- [47] Preti A, Ientini G, Maugeri M. Global warming possibly linked to an enhanced risk of suicide data from Italy, 1974–2003. *Journal of Affective Disorders*, 2007, 102(1-3): 19-25.
- [48] Schuman S H. Patterns of urban heat-wave deaths and implications for prevention: Data from New York and St. Louis During July, 1996. *Environmental Research*, 1972, 5(1): 59-75.
- [49] 杨晓峰, 郑有飞, 温兴平, 等. 热浪对人体健康的影响及应对措施 [OL]. 2008, <http://www.paper.edu.cn> (中国科技论文在线): 1-6.
- [50] Patz J A, Campbell-Lendrum D, Holloway T, et al. Impact of regional climate change on human health. *Nature*, 2005, 438(7066): 310-317.
- [51] Matzarakis A, Mayer H. The extreme heat wave in Athens in July 1987 from the point of view of human biometeorology. *Atmospheric Environment*, 1991, 25(2): 203-211.
- [52] Páldy A, Bobvos J, Vámos A, et al. The effect of temperature and heat waves on daily mortality in Budapest, Hungary, 1970–2000. *Extreme Weather Events and Public Health Responses*, 2005, part 2: 99-107.
- [53] Liu L, Breitner S, Pan X, et al. Associations between air temperature and cardio-respiratory mortality in the urban area of Beijing, China: a time-series analysis. *Environmental Health*, 2011, 10: 51.
- [54] Flynn A, McGreevy C, Mulkerrin E C. Why do older patients die in a heat wave? *QJM*, 2005, 98(3): 227-229.
- [55] Vaneckova P, Beggs P J, de Dear R J, et al. Effect of temperature on mortality during the six warmer months in Sydney, Australia, between 1993 and 2004. *Environmental Research*, 2008, 108(3): 361-369.
- [56] Simón F, Lopez-Abente G, Ballester E, et al. Mortality in Spain during the heat waves of summer 2003. *Euro Surveillance*, 2005, 10(7): 156-161.
- [57] 何权, 何租安, 郑有清. 炎热地区热浪对人群健康影响的调查. *环境与健康杂志*, 1990, 7(5): 206-211.
- [58] Alebić-Juretić A, Cvitaš T, Kezele N, et al. Atmospheric particulate matter and ozone under heat-wave conditions: do they cause an increase of mortality in Croatia? *Bulletin Environmental Contamination Toxicology*, 2007, 79(4): 468-471.
- [59] Francis X V, Chemel C, Sokhi R S, et al. Mechanisms responsible for the build-up of ozone over south east England during the August 2003 heatwave. *Atmospheric Environment*, 2011, 45: 6880-6890.
- [60] 周家斌, 徐永福, 王喜全, 等. 关于气象与人体健康研究的几个问题. *气候与环境研究*, 2010, 15(1): 106-112.
- [61] Ebi K L, Paulson J A. Climate change and child health in the United States. *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, 2010, 40(1): 2-18.
- [62] Hutter H P, Moshhammer H, Wallner P, et al. Heatwaves in Vienna: effects on mortality. *Wien Klin Wochenschr*, 2007, 119(7-8): 223-227.
- [63] Nakai S, Itoh T, Morimoto T. Deaths from heat stroke in Japan: 1968–1994. *International Journal of Biometeorology*, 1999, 43(3): 124-127.
- [64] Weisskopf M G, Anderson H A, Foldy S, et al. Heat wave morbidity and mortality, Milwaukee, Wis, 1999 vs 1995: an improved response? *American Journal of Public Health*, 2002, 92(5): 830-833.
- [65] Yu W, Vaneckova P, Mengersen K, et al. Is the association between temperature and mortality modified by age, gender and socio-economic status? *Science of the Total Environment*, 2010, 408 (17): 3513-3518.
- [66] Trigo R M, Ramos A M, Nogueirac P J, et al. Evaluating the impact of extreme temperature based indices in the 2003 heatwave excessive mortality in Portugal. *Environmental Science and Policy*, 2009, 12(7): 844-854.
- [67] Conti S, Meli P, Minelli G, et al. Epidemiologic study of mortality during the Summer 2003 heat wave in Italy. *Environmental Research*, 2005, 98 (3): 390-399.
- [68] 李永红, 陈晓东, 林萍. 高温对南京市某城区人口死亡的影响. *环境与健康杂志*, 2005, 22(1): 6-8.
- [69] Tobías A, de Olalla P G, Linares C, et al. Short-term effects of extreme hot summer temperatures on total daily mortality in Barcelona, Spain. *International Journal of Biometeorology*, 2010, 54(2): 115-117.
- [70] Ha J, Shin Y, Kim H. Distributed lag effects in the relationship between temperature and mortality in three major cities in South Korea. *Science of the Total Environment*, 2011, 409 (18): 3274-3280.
- [71] 郑有飞. 气象与人类健康及其研究. *气象科学*, 1999, 19(4): 424-428.