

济南市4个区气温对非意外死亡及死因别死亡的影响

李萌萌 周脉耕 张霞 黄季夏 白莉 桑少伟 张济 刘起勇

【摘要】 目的 研究气温与济南市4个区居民日均非意外死亡的关系,探讨气温在不同滞后天数下对各死因别死亡的影响。方法 收集济南市4个区(市中、槐荫、天桥、历下)2008年1月至2012年12月死亡资料,以及同期气温数据和空气污染指数(API)数据,采用分布滞后非线性模型,控制长期趋势和季节效应以及其他混杂因素后,研究气温与非意外死亡的关系以及在不同滞后天数时气温对心血管疾病、呼吸系统疾病、消化系统疾病、泌尿系统疾病及部分亚类(高血压病、缺血性心脏病、急性心肌梗死、脑血管病、慢性下呼吸道疾病)的影响。结果 济南市4个区气温与非意外死亡的暴露-反应曲线为“W”形;低温的滞后天数较长,累计效应可达1个月,高温的滞后天数较短,不超过5 d,且呈现出收获效应;心血管疾病、呼吸系统疾病、缺血性心脏病、脑血管病、急性心肌梗死存在热效应,高温当天的RR值分别为1.12(95%CI:1.07~1.17)、1.06(95%CI:1.02~1.31)、1.08(95%CI:1.003~1.16)、1.10(95%CI:1.02~1.20)、1.13(95%CI:1.003~1.26),滞后期较短,泌尿系统疾病和高血压病在极高温时有较高的RR值,分别为2.30(95%CI:1.18~4.51)、1.65(95%CI:1.02~2.69);其中心血管疾病、呼吸系统疾病、慢性下呼吸道疾病、高血压、缺血性心脏病、脑血管病、急性心肌梗死均呈现出一定的冷效应,30 d滞后的累计效应分别为1.51(95%CI:1.42~1.60)、1.90(95%CI:1.64~2.20)、2.12(95%CI:1.67~2.69)、1.48(95%CI:1.08~2.03)、1.60(95%CI:1.46~1.75)、1.40(95%CI:1.26~1.55)、1.68(95%CI:1.45~1.95)。结论 气温与济南市4个区居民的非意外死亡及各死因别死亡存在关系,温度过高或过低均是其危险因素,在高温或低温期间需针对敏感疾病采取相应的预防措施。

【关键词】 气温;非意外死亡;死因别死亡;分布滞后非线性模型

Impact of temperature on non-accidental deaths and cause-specific mortality in four districts of Jinan Li Mengmeng^{1,2}, Zhou Maigeng³, Zhang Xia², Huang Jixia⁴, Bai Li², Sang Shaowei², Zhang Ji⁵, Liu Qiyong². 1 School of Public Health, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100730, China; 2 National Institute for Communicable Disease Control and Prevention, State Key Laboratory for Infectious Disease Prevention and Control, Chinese Center for Disease Control and Prevention; 3 National Center for Chronic and Non-communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention; 4 State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographic Science and Natural Resource Research, Chinese Academy of Sciences; 5 Jinan Center for Disease Control and Prevention
Corresponding author: Liu Qiyong, Email: liuqiyong@icdc.cn
This work was supported by a grant from the National Basic Research Program of China (973 Program) (No. 2012CB955504).

【Abstract】 Objective To study the relationship between daily temperature and non-accidental deaths in four districts of Jinan, and to investigate the impact of temperature on cause-specific mortality. **Methods** Data on daily mortality of the four districts (Shizhong, Huaiyin, Tianqiao, Lixia) as well as data related to meteorology and air pollution index were collected from January 1, 2008 to December 31, 2012. Distributed lag non-linear model (DLNM) was then used to assess the effects of

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2014.06.015

基金项目:国家重大科学研究计划(973计划)(2012CB955504)

作者单位:100730 北京协和医学院公共卫生学院(李萌萌);中国疾病预防控制中心传染病预防控制所 传染病预防控制国家重点实验室(李萌萌、张霞、白莉、桑少伟、刘起勇);中国疾病预防控制中心慢性非传染性疾病预防控制中心(周脉耕);中国科学院地理科学与资源研究所 资源与环境系统国家重点实验室(黄季夏);济南市疾病预防控制中心(张济)

通信作者:刘起勇, Email: liuqiyong@icdc.cn

temperature on all non-accidental deaths and deaths caused by cardiovascular diseases (CVD), respiratory diseases (RD), digestive diseases, urinary diseases, and also subcategories to hypertension, ischemic heart diseases (IHD), acute myocardial infarction (AMI), cerebro-vascular diseases (CBD) and chronic lower respiratory diseases. **Results** A W-shaped relationship was noticed between daily average temperature and non-accidental deaths. The effect of low temperature last for more than 30 days, much longer than that of high temperature, in which presented a harvesting effect less than 5 days. As to the cause-specific mortality, short-term heat effects were seen in CVD and RD as well as related subgroups as IHD, CBD and AMI, with *RRs* at lag 0 as 1.12 (95% *CI*: 1.07–1.17), 1.06 (95% *CI*: 1.02–1.31), 1.08 (95% *CI*: 1.003–1.16), 1.10 (95% *CI*: 1.02–1.20) and 1.13 (95% *CI*: 1.003–1.26). Relatively higher *RRs* were seen in urinary diseases and hypertension under extremely high temperature, reaching as high as 2.30 (95% *CI*: 1.18–4.51) and 1.65 (95% *CI*: 1.02–2.69). Cold weather presented a delayed effect for 30 days, with cumulative *RRs* as 1.51 (95% *CI*: 1.42–1.60), 1.90 (95% *CI*: 1.64–2.20), 2.12 (95% *CI*: 1.67–2.69), 1.48 (95% *CI*: 1.08–2.03), 1.60 (95% *CI*: 1.46–1.75), 1.40 (95% *CI*: 1.26–1.55), 1.68 (95% *CI*: 1.45–1.95) for CVD, RD, chronic lower respiratory diseases, hypertension, IHD, CBD and AMI, on sequence. **Conclusion** A relationship was seen between daily temperature and non-accidental deaths as well as cause-specific mortality. Either high or low temperature seemed to be detrimental. Related measures on disease prevention should be taken during the cold and hot seasons.

【Key words】 Temperature; Non-accidental death; Cause-specific mortality; Distributed lag non-linear model

已有研究表明高温和低温均会导致死亡危险增加^[1,2],其效应曲线为“U”、“V”或“J”形^[3-5]。本研究探讨气温与非意外死亡的关系,并分析气温对各类疾病死亡的影响,采用分布滞后非线性模型(DLNM)分析气温与死亡之间的暴露-反应关系以及滞后效应。

资料与方法

1. 研究地点:选取山东省济南市4个区(市中、槐荫、天桥、历下)作为研究地点。

2. 资料来源:收集中国疾病预防控制中心死因登记系统中2008年1月1日至2012年12月31日居民死亡资料,按国际疾病伤害及死因分类标准ICD-10编码对资料进行整理。空气污染资料:从中华人民共和国环境保护部政府网站数据中心获取同期的空气污染指数(API)。气象资料:从中国气象科学数据共享服务网获得日均气温、最高温度、最低温度、相对湿度等。

3. 统计学分析:采用DLNM软件包,参照文献[6]建立模型。选用不同的温度指标,调整日期变量的自由度为每年5到10,最大滞后天数为15到30,对模型重新拟合,观察模型是否稳定以及AIC如何变化,进行敏感性分析。采用R3.0.1进行统计学分析。

结 果

1. 一般情况:2008年1月1日至2012年12月31日非意外死亡总人数为47 789,其中心血管疾病死亡人数为24 426、呼吸系统疾病死亡人数为3 716、

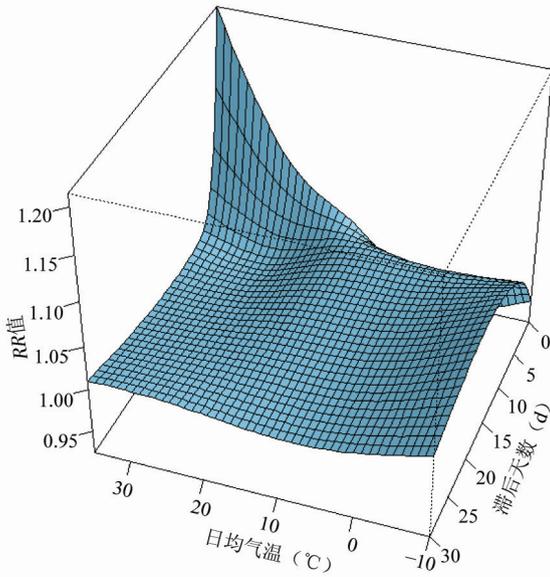
消化系统疾病死亡人数为1 065、泌尿系统疾病死亡人数为415、其亚类慢性下呼吸道疾病死亡人数为1 441、高血压病死亡人数为857、缺血性心脏病死亡人数为10 982、脑血管病死亡人数为8 281、急性心肌梗死死亡人数为4 199;平均温度、平均相对湿度、API的日均值分别为14.47℃、54.96%、83.31(表1)。

表1 2008—2012年济南市4个区各死因别死亡人数及气象污染指标描述性统计

指标	$\bar{x} \pm s$	最小值	P ₂₅	M	P ₇₅	最大值
日死亡人数						
非意外	26.16 ± 8.14	7	20	25	32	56
心血管疾病	13.37 ± 6.00	2	9	12	17	37
呼吸系统疾病	2.03 ± 1.68	2	1	2	3	11
消化系统疾病	0.58 ± 0.76	0	0	0	1	4
泌尿系统疾病	0.23 ± 0.48	0	0	0	0	3
慢性下呼吸道疾病	0.79 ± 0.93	0	0	1	1	5
高血压病	0.47 ± 0.75	0	0	0	1	5
缺血性心脏病	6.01 ± 3.52	0	3	5	8	22
脑血管病	4.53 ± 2.53	0	3	4	6	15
急性心肌梗死	2.30 ± 1.81	1	1	2	3	11
气象指标						
平均温度(℃)	14.47 ± 10.72	-10	4.9	16.4	23.9	35
平均相对湿度(%)	54.96 ± 20.45	13	38	54	71	100
污染指标(API)	83.31 ± 31.40	23	65	77	94	409

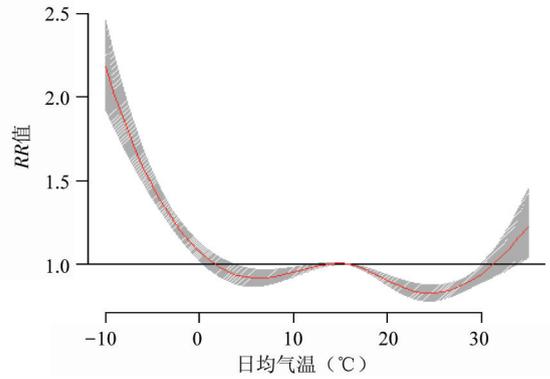
2. 气温对非意外总死亡人数的影响:

(1)不同滞后天数下气温对非意外死亡影响:高温和低温均会增加死亡风险,其中高温的效应较为明显和即时,当日均气温为最高35℃时,RR值最高可达1.21(95%CI:1.14~1.29),滞后效应不超过5d;低温在短暂几天的负相关关系后表现出较长时间的危害效应,累积效应可达1个月,见图1。



注:参考温度选取日均气温的 $M=16\text{ }^{\circ}\text{C}$

图1 不同滞后天数日均气温对非意外死亡影响的3D图



注:红线代表RR值点估计,灰色区域代表CI

图2 滞后30 d日均气温对非意外死亡的总效应

气温对不同疾病死亡的影响:各死因别的死亡均呈现出高温时死亡风险增加,除消化系统疾病外,其他死因别均为高温当天的RR值最高;其中泌尿系统在高温当天最高RR值达2.30(95%CI:1.18~4.51),高血压病在高温当天的RR值为1.65(95%CI:1.02~2.69),见图4。

(2)不同疾病的冷热效应:用日均气温的 $P_5(-4\text{ }^{\circ}\text{C})$ 和 $P_{95}(29\text{ }^{\circ}\text{C})$ 相对于 $M(16\text{ }^{\circ}\text{C})$ 计算的RR值代表各死因别的冷、热效应,分别计算滞后0 d、滞后0~3 d、0~7 d、0~30 d的累计效应值。结果显示,心血管疾病、呼吸系统疾病、缺血性心脏病、脑血管病、急性心肌梗死存在热效应,滞后期较短,之后表现出一定的收获效应;其中除消化系统疾病死亡、泌尿系统疾病死亡外均呈现出一定的冷效应,经长达30 d的滞后表现为明显的危害作用;其中心血管疾

(2)气温对非意外死亡的总效应:2008—2012年日均气温对非意外死亡的效应曲线为“W”形,在 $4\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 11\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $17\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 两个温度范围内的累计 $RR<1$ 。综合30 d的滞后期进行分析,结果显示,低温有较高的RR值,当日均气温为最低($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$)时,30 d的累计RR值最高,达2.18(95%CI:1.94~2.46);低温和高温均使非意外死亡的危险增加,见图2。

(3)气温对非意外死亡影响的滞后作用:滞后0 d即当天气温的影响表现为低温与死亡呈负相关,高温的危害作用较明显;滞后7 d时低温表现出危害作用,而高温的 $RR<1$ 。在日均气温的 P_5 分位数 $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,前5 d表现为 $RR<1$,之后显示长达25 d的危害作用;日均气温的 P_{95} 分位数 $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,在前3 d表现出较为明显的危害作用,RR值在lag 0时为1.11(95%CI:1.07~1.15),之后表现出20 d的收获作用($RR<1$),见图3。

3. 不同滞后天数气温对不同疾病死亡数的影响:

(1)不同滞后天数

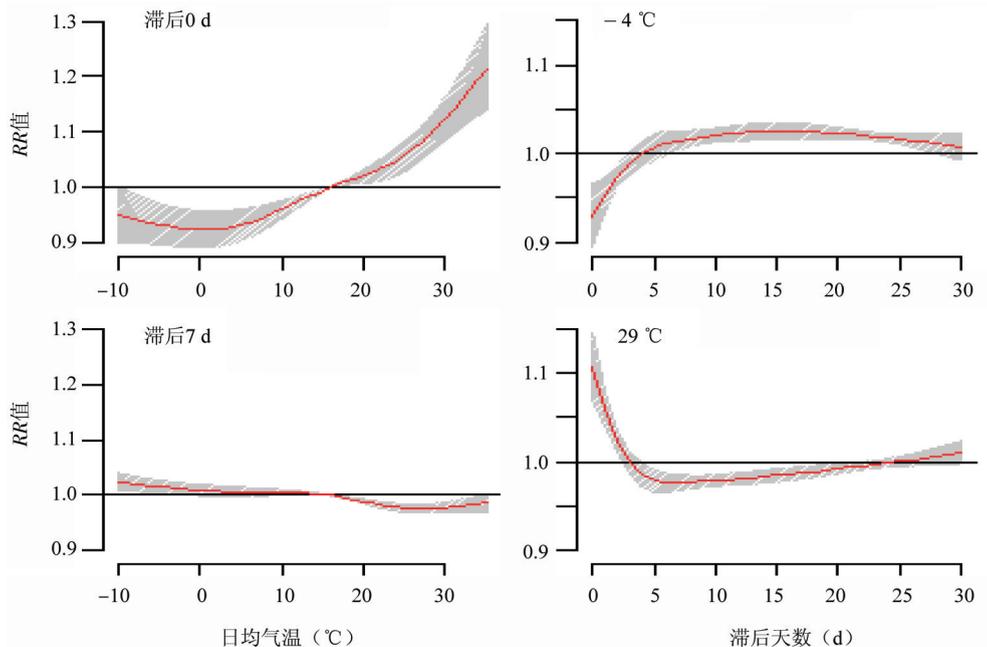


图3 滞后0 d(左上)和7 d(左下)时不同温度对非意外死亡的影响

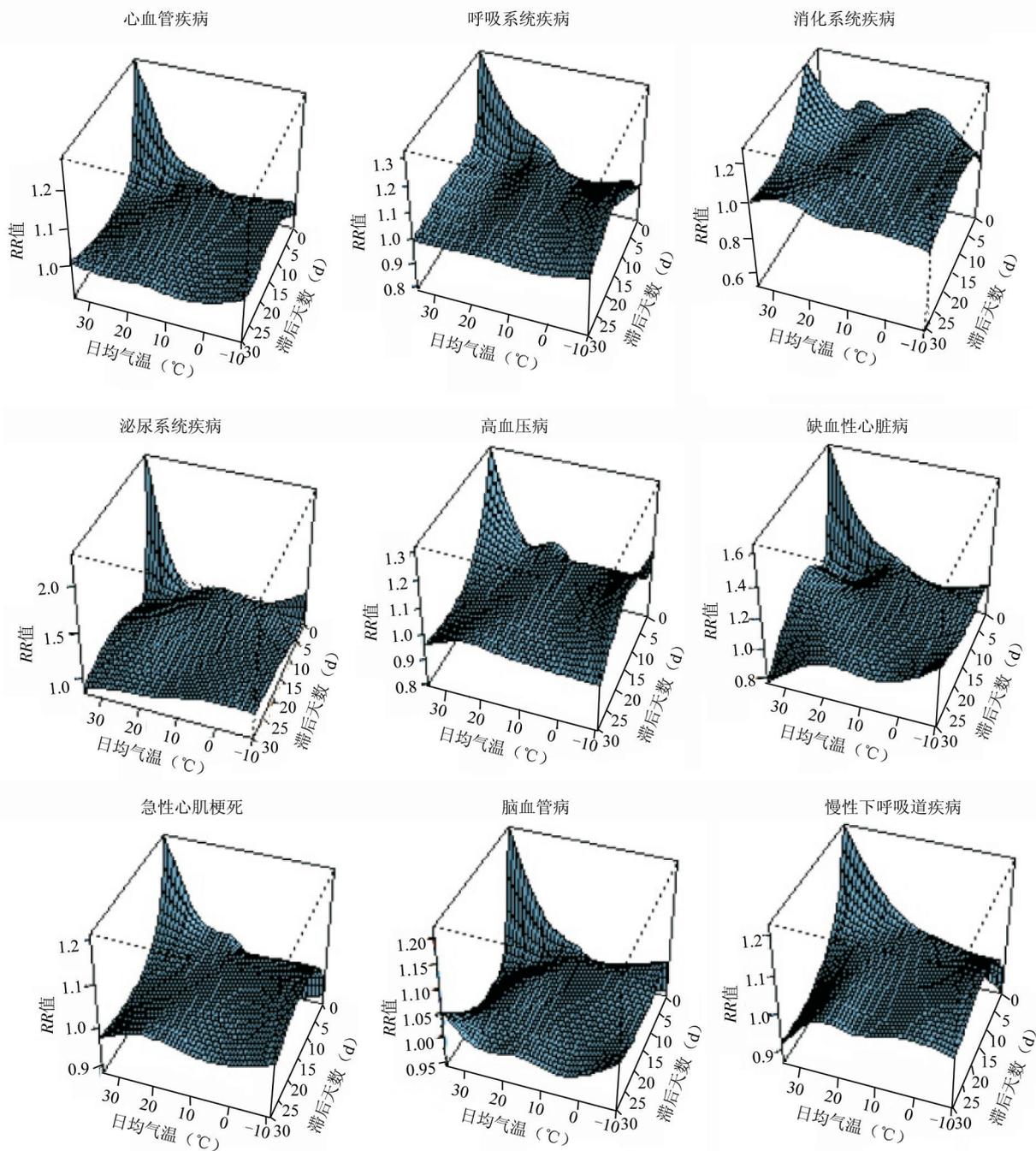


图4 不同滞后天数气温对不同疾病死亡数影响的3D图

病在前3 d、呼吸系统疾病和缺血性心脏病在前7 d $RR < 1$,即出现了短暂的负相关,见表2。

4. 敏感性分析:将日期变量自由度从每年5调整到10,结果稳定;选用不同的温度指标(最低和最高温度),调整最大滞后天数从15到30,对结果影响不大。

讨 论

本研究利用分布滞后非线性模型同时分析气温

与死亡间的非线性关系和滞后效应。首先分析日均气温对非意外死亡的影响,结果显示,济南市4个区气温与死亡总的暴露-反应关系呈“W”形,与已有研究结果相似^[3-5];进一步分析温度与各死因别的关系,结果显示,高温是心血管疾病和呼吸系统疾病发病的危险因素,气温极高与泌尿系统疾病和高血压病有关。由于低温的滞后期可长达1个月,在低温期间要对患有心血管和呼吸系统疾病的人群采取持续的保护措施,在寒冷季节加强针对脆弱人群的医

表2 日均气温的 $P_5(-4\text{ }^\circ\text{C})$ 和 $P_{95}(29\text{ }^\circ\text{C})$ 不同滞后天数对死因别死亡的累计作用

冷热效应	滞后天数(d)			
	0	0~3	0~7	0~30
-4 °C				
心血管疾病	0.92(0.87~0.97)	0.86(0.78~0.94)	0.94(0.85~1.03)	1.51(1.42~1.60)
呼吸系统疾病	0.83(0.73~0.95)	0.62(0.50~0.78)	0.62(0.49~0.78)	1.90(1.64~2.20)
消化系统疾病	0.97(0.75~1.25)	0.94(0.60~1.46)	0.96(0.61~1.52)	0.98(0.72~1.32)
泌尿系统疾病	1.03(0.69~1.53)	0.93(0.47~1.83)	0.73(0.36~1.49)	1.55(0.96~2.50)
慢性下呼吸道疾病	0.88(0.71~1.09)	0.75(0.52~1.09)	0.83(0.56~1.22)	2.12(1.67~2.69)
高血压	0.88(0.67~1.17)	0.75(0.46~1.21)	0.73(0.44~1.22)	1.48(1.08~2.03)
缺血性心脏病	0.88(0.82~0.96)	0.78(0.68~0.90)	0.85(0.73~0.98)	1.60(1.46~1.75)
脑血管病	0.94(0.85~1.03)	0.92(0.78~1.07)	1.03(0.87~1.21)	1.40(1.26~1.55)
急性心肌梗死	0.91(0.80~1.04)	0.81(0.65~1.01)	0.84(0.66~1.06)	1.68(1.45~1.95)
29 °C				
心血管疾病	1.12(1.07~1.17)	1.23(1.13~1.34)	1.14(1.04~1.24)	0.85(0.79~0.91)
呼吸系统疾病	1.06(1.02~1.31)	1.26(1.02~1.56)	1.07(0.86~1.34)	0.74(0.62~0.88)
消化系统疾病	0.81(0.64~1.03)	0.78(0.52~1.16)	1.004(0.67~1.50)	0.99(0.71~1.37)
泌尿系统疾病	1.25(0.87~1.79)	1.17(0.63~2.17)	0.75(0.39~1.44)	0.83(0.48~1.42)
慢性下呼吸道疾病	1.06(0.87~1.30)	1.25(0.89~1.75)	1.35(0.95~1.92)	0.71(0.53~0.95)
高血压	1.29(0.996~1.68)	1.31(0.84~2.06)	0.92(0.58~1.47)	0.64(0.44~0.93)
缺血性心脏病	1.08(1.003~1.16)	1.23(1.08~1.39)	1.27(1.12~1.44)	0.85(0.77~0.94)
脑血管病	1.10(1.02~1.20)	1.17(1.01~1.35)	1.05(0.91~1.22)	0.87(0.77~0.98)
急性心肌梗死	1.13(1.003~1.26)	1.36(1.11~1.66)	1.44(1.17~1.76)	0.92(0.78~1.08)

注:括号外数据为RR值,括号内数据为95%CI

疗卫生资源供给。

从综合滞后效应和RR值的三维图可看出高温对非意外死亡及各死因别死亡均有较高的危害作用,尤其是泌尿系统疾病和高血压病死亡的RR值较高,但以日均气温的 P_{95} 表示热效应时仅心血管疾病、缺血性心脏病、急性心肌梗死表现出滞后3d的危害作用,呼吸系统疾病、脑血管病有7d的滞后效应,而泌尿系统疾病和高血压病死亡未见有明显的危害作用,提示极高温会增加死因别死亡的额外风险。在高温期间,需针对这些疾病采取相应的预防措施,降低死亡率和病死率。各死因别死亡均表现出有“收获效应”^[7],即死亡前移^[8],在高温期间脆弱人群提前死亡,使高温过后出现 $RR < 1$ 的现象,提示有必要进行亚组分析寻找脆弱人群。

低温与心血管疾病、呼吸系统疾病、缺血性心脏病死亡在短暂几天内呈负相关关系,与Barnett等^[9]的研究结果一致,可能是由于在低温来临时人们采取预防措施有关,如减少出行、增加衣物等,但低温天气过后居民的防护意识下降,但低温存在较长的滞后期,使低温对死亡的这种危害作用在较长的滞后期时作用较为明显;除消化系统疾病死亡、泌尿系统疾病死亡外均呈现出一定的冷效应,并具有较长的滞后期,可达30d,与其他研究结果相似^[10,11]。在总效应中低温的RR值大于每个滞后天,这是由于考虑了滞后因素的作用,低温的滞后期较长,使其累计作用高于高温的作用。

本研究存在一定的局限性,污染指标选取的API而不是具体的污染物浓度,在消除污染物对气温-死亡关系的混杂作用上可能存在不足;本研究未进一步分析热浪或寒潮可能增加的额外风险;由于观察时间较短,某些种类的疾病样本例数较少,会降低该病种结果的可信度。针对各病种与气温的关系仍需长时间、多病例、多地区的研究加以证实。

参 考 文 献

[1] Yu W, Mengersen K, Wang X. Daily average temperature and mortality among the elderly: a meta-analysis and systematic review of epidemiological evidence[J]. Int J Biometeorol, 2012, 56(4):569-581.

[2] Anderson BG, Bell ML. Weather-related mortality: how heat, cold, and heatwaves affect mortality in the United States[J]. Epidemiology, 2009, 20(2):205-213.

[3] Curriero FC, Heiner KS, Samet JM, et al. Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States [J]. Am J Epidemiol, 2002, 155(1):80-87.

[4] Yang J, Ou CQ, Ding Y, et al. Daily temperature and mortality: a study of distributed lag non-linear effect and effect modification in Guangzhou[J]. Environ Health, 2012, 11:63.

[5] Burkart K, Schneider A, Breitner S, et al. The effect of atmospheric thermal conditions and urban thermal pollution on all-cause and cardiovascular mortality in Bangladesh[J]. Environ Pollut, 2011, 159(8/9):2035-2043.

[6] Gasparrini A, Armstrong B, Kenward MG. Distributed lag non-linear models[J]. Stat Med, 2010, 29(21):2224-2234.

[7] Braga AL, Zanobetti A, Schwartz J. The effect of weather on respiratory and cardiovascular deaths in 12 U.S. cities [J]. Environ Health Perspect, 2002, 110(9):859-863.

[8] Kyselý J. Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic[J]. Int J Biometeorol, 2004, 49(2):91-97.

[9] Barnett AG, Hajat S, Gasparrini A, et al. Cold and heat waves in the United States[J]. Environ Res, 2012, 112:218-224.

[10] Zhang J, Liu X, Kan HD. Distributed lag effects in the relationship between daily mean temperature and mortality in Shanghai [J]. Chin J Epidemiol, 2012, 33(12):1252-1257. (in Chinese) 张璟, 刘学, 阚海东. 上海市日平均气温对居民死亡数的滞后效应研究[J]. 中华流行病学杂志, 2012, 33(12):1252-1257.

[11] Goodman PG, Dockery DW, Clancy L. Cause-specific mortality and the extended effects of particulate pollution and temperature exposure[J]. Environ Health Perspect, 2004, 112(2):179-185.

(收稿日期:2014-01-02)

(本文编辑:万玉立)