

重庆和哈尔滨市极端温度对糖尿病所致生命损失年的影响

李永红 罗书全 兰莉 金明贵 杨超 和晋渝 李泓冰 李成橙
程义斌 金银龙

100021 北京, 中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所政策与法规标准室(李永红、程义斌、金银龙), 环境流行病学室(李成橙); 404000 重庆市疾病预防控制中心公共卫生与安全监测所(罗书全、和晋渝); 150056 哈尔滨市疾病预防控制中心慢病预防控制所(兰莉), 公共卫生监测所(李泓冰); 401420 重庆市綦江区疾病预防控制中心(金明贵); 150056 哈尔滨市疾病预防控制中心(杨超)

通信作者: 金银龙, Email: jinyinlong1951@sina.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2017.03.006

【摘要】目的 了解重庆和哈尔滨市极端高温和低温与糖尿病引起的生命损失年之间的关系。**方法** 利用重庆市(2011—2013年)和哈尔滨市(2008—2010年)的气象和糖尿病死亡数据, 采用分布滞后非线性模型(DLNM)分析极端高温和低温对糖尿病引起的生命损失年的滞后效应和累积效应, 以相对危险度(RR)表示。**结果** 在重庆市, 冷效应对生命损失年的影响滞后4 d、持续3 d(lag4~6), 最大RR值为1.304(95%CI: 1.033~1.647), 出现在低温发生后第5天(lag5); 热效应滞后1 d, 其RR值为1.321(95%CI: 1.061~1.646)。在哈尔滨市, 极端低温对生命损失年的影响滞后4 d、持续7 d(lag4~10), 最大RR值为1.309(95%CI: 1.088~1.575), 出现在低温发生后第6天(lag6); 热效应滞后1 d、持续4 d(lag1~4), 最大RR值为1.460(95%CI: 1.114~1.915), 出现在高温后第2天(lag2)。重庆市冷效应和热效应的单位风险分别为43.7%($P=0.0055$)和18.0%($P=0.0002$), 哈尔滨市冷效应和热效应的单位风险分别为15.0%($P=0.0008$)和29.5%($P=0.0012$)。**结论** 重庆和哈尔滨市极端高温和低温都可增加糖尿病引起的生命损失年。极端温度对糖尿病的影响应纳入糖尿病健康教育内容。

【关键词】 糖尿病; 温度; 生命; 气候变化; 生命损失年; 极端温度效应

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973计划)(2012CB955502); GEF/UNDP/WHO 气候变化专项基金(PIMS3248)

Influence of extreme weather on years of life lost due to diabetes death in Chongqing and Harbin, China Li Yonghong, Luo Shuquan, Lan Li, Jin Minggui, Yang Chao, He Jinyu, Li Hongbing, Li Chengcheng, Cheng Yibin, Jin Yinlong

Division of Policy, Regulation and Standard (Li YH, Cheng YB, Jin YL), Environmental Epidemiology Department (Li CC), National Institute of Environmental Health, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100021, China; Public Health and Safety Monitoring Department, Chongqing Municipal Center for Disease Control and Prevention, Chongqing 404000, China (Luo SQ, He JY); Division of Chronic Disease Control and Prevention (Lan L), Public Health and Monitoring Center (Li HB), Harbin Municipal Center for Disease Control and Prevention, Harbin 150056, China; Qijiang District Center for Disease Control and Prevention of Chongqing, Chongqing 401420, China (Jin MG); Harbin Municipal Center for Disease Control and Prevention, Harbin 150056, China (Yang C)

Corresponding author: Jin Yinlong, Email: jinyinlong1951@sina.com

【Abstract】Objective To understand the associations between extremely low and high air temperature and the years of life lost (YLL) due to diabetes deaths in Chongqing and Harbin with different climatic characteristics in China. **Methods** A double threshold B-spline distributed lag non-linear model (DLNM) was used to investigate the lag and cumulative effects of extremely low and high air temperature on YLL due to diabetes for lag 0–30 days by using the urban meteorological and diabetes mortality data of Chongqing (2011–2013) and Harbin (2008–2010). The effects were

expressed as relative risk (*RR*). **Results** In Chongqing, the cold effects on YLL due to diabetes were delayed by four days and lasted for three days (lag4–6) with the highest *RR* of 1.304 (95% *CI*: 1.033–1.647) at lag5. The hot effects were delayed by one day (lag1) with *RR* of 1.321 (95% *CI*: 1.061–1.646). In Harbin, the extreme cold effects on YLL were delayed by four days and lasted for seven days (lag4–10) with the highest *RR* of 1.309 (95% *CI*: 1.088–1.575) at lag6. The hot effects were delayed by one day and lasted for four days (lag1–4) with the highest *RR* of 1.460 (95% *CI*: 1.114–1.915) at lag2. The unit risk for cold and hot effects was 43.7% ($P=0.005\ 5$) and 18.0% ($P=0.000\ 2$) in Chongqing and 15.0% ($P=0.000\ 8$) and 29.5% ($P=0.001\ 2$) in Harbin, respectively. **Conclusions** Both extremely low air temperature and extremely high air temperature might increase the years of life lost due to diabetes in cities with different climate characteristics. Health education about diabetes prevention should provide information about the effects of extreme weather events.

【Key words】 Diabetes mellitus; Temperature; Life; Climate change; Years of life lost; Extreme temperature effects

Fund programs: National Key Basic Research Program of China (973 program) (2012CB955502); GEF/UNDP/WHO Special Climate Change Fund Project (PIMS3248)

糖尿病在全球范围内日趋流行^[1]。Zhou 等^[2]报道中国居民糖尿病死亡人数由 1990 年的 7.32 万人增至 2013 年的 13.12 万人,糖尿病死亡人数占总死亡人数的百分比由 1990 年的 0.85% 增至 2013 年的 1.43%,说明糖尿病已成为我国的主要公共卫生问题之一。众所周知,糖尿病的危险因素包括肥胖、不良饮食习惯、酗酒、吸烟、缺乏运动、高血压、高胆固醇和心血管疾病等,而气温同样是糖尿病的危险因素之一。已有研究发现,高温与糖尿病死亡率和发病率增加有关^[3–7],但尚未发现极端低温与糖尿病死亡和发病间的显著联系^[8–12]。随着全球气候变化,极端温度事件发生的频率和强度增加,研究极端温度对糖尿病的影响将有助于糖尿病防控和降低其疾病负担。本研究以生命损失年(Years of life lost, YLL)为健康效应指标,分析我国不同气候城市极端高温和低温对糖尿病所致 YLL 的影响。

对象与方法

1. 研究城市与气候:选择重庆和哈尔滨市市区。重庆市属于亚热带湿润季风气候,夏季炎热且漫长,冬季温暖短暂,年均气温为 18.7 °C^[13]。哈尔滨市属于温带大陆季风气候,冬季寒冷且漫长,夏季炎热但短暂,年均气温为 4.5 °C^[14]。

2. 糖尿病死亡数据:研究对象为根本死因为糖尿病的病例,糖尿病死亡数据来自研究地区 CDC,所用病例的国际疾病分类编码为 E10~E14。重庆市数据为 2011 年 1 月 1 日至 2013 年 12 月 31 日,哈尔滨市数据为 2008 年 1 月 1 日至 2010 年 12 月 31 日。

3. 气象和空气质量数据:气象数据包括逐日平均及最高和最低温度(°C)以及日均相对湿度(RH, %),来自地方气象局;空气质量数据包括逐日 PM₁₀(24 h 平均浓度, μg/m³)、SO₂(24 h 平均浓度,

μg/m³)和 NO₂(24 h 平均浓度, μg/m³),来自地方环保局。

4. 指标定义:单位风险(unit risk)为极端高温或低温每增加或降低 1 °C 糖尿病所致 YLL 增加的累积风险。

5. 统计学分析:利用 WHO 公布的中国人口年龄别预期寿命计算因糖尿病死亡的每个人的 YLL。在控制空气污染(SO₂、NO₂、PM₁₀)、相对湿度、长期趋势和星期几效应等可能混杂因素的基础上,采用分布滞后非线性模型,分析日最高温度与 YLL 之间的关系。温度-YLL 风险之间的关系采用双阈值模型,双阈值分别为研究期间日最高温度的 P_{10} 和 P_{90} ,重庆市的双阈值为 8 °C 和 35 °C,哈尔滨市为 -11 °C 和 29 °C。日最高温度的最小值、第 1 和第 5 百分位数为本研究的极端低温,日最高温度的最大值、 P_{99} 和 P_{95} 为极端高温。极端低温在重庆和哈尔滨市分别为 4 °C、5 °C、7 °C 和 -23 °C、-19 °C、-15 °C;极端高温在重庆和哈尔滨市分别为 41 °C、39 °C、37 °C 和 37 °C、33 °C、31 °C。首先分析极端温度对 YLL 影响的滞后效应,滞后天数采用 30 d,计算每个极端温度下不同滞后天数的相对危险度(*RR*),然后计算每个极端温度下具有显著影响滞后期内的累积效应。分析极端温度与累积效应之间的相关关系,确定 YLL 与极端温度是否具有线性或类似线性相关;利用简单线性回归模型,估算极端高温和低温的单位风险。

所有统计分析利用 R 软件(version 3.2.2, R Foundation for Statistical Computing Platform 2015)分析,用“dlnm”工具包进行 DLNM 分析^[15]。

结 果

1. 一般情况:哈尔滨和重庆市逐日糖尿病所致 YLL、温度、相对湿度和空气污染浓度的平均值及其

范围、以及两个城市上述指标的 *t* 检验的 *P* 值见表1。除SO₂外,其他指标在两城市间差异有统计学意义(均 *P* < 0.001)。重庆市糖尿病日平均YLL值低于哈尔滨市,平均日最高温度高于哈尔滨市。

2. 极端高温和低温对糖尿病影响的滞后效应: 极端高温和低温均对糖尿病导致的YLL具有显著影响(图1)。在两城市中,极端低温效应持续时间均长于极端高温效应。每个极端温度30 d内的滞后效应见图2。在重庆市,冷效应滞后4 d,持续3 d (lag4~6), 4 °C、5 °C和7 °C下的最大RR值均出现在低温发生后的第5天(lag5),分别为1.304(95%CI: 1.033~1.647)、1.220(95%CI: 1.025~1.454)和1.069(95%CI: 1.008~1.133);热效应滞后1 d,持续1 d (lag1), 41 °C、39 °C和37 °C下的最大RR值均出现高温当天(lag0),分别为1.321(95%CI: 1.061~1.646)、1.249(95%CI: 1.048~1.490)和1.118(95%CI: 1.024~1.221)。在哈尔滨市,冷效应滞后4 d,持续7 d(lag4~10), -23 °C、-19 °C和-15 °C的最大RR值均出现在低温发生后的第6天(lag6),分别为1.309(95%CI: 1.088~1.575)、1.197(95%CI: 1.058~1.354)和1.094(95%CI: 1.028~1.164);热效应滞后1 d,持续4 d(lag1~4), 37 °C、33 °C和31 °C下的最大RR值均出现高温发生后的第2天(lag2),分别为1.460

(95%CI: 1.114~1.915)、1.208(95%CI: 1.056~1.384)和1.099(95%CI: 1.027~1.176)。研究结果表明,相对于极端低温,极端高温对糖尿病YLL的影响快且短暂,低温越低或高温越高,对YLL影响的相对风险越大。

3. 极高温和极低温对糖尿病影响的累积效应和单位风险:

(1) 累积效应: 在上述滞后效应分析结果的基础上,计算出重庆和哈尔滨市极端高温和极端低温的累积效应(表2)。重庆和哈尔滨市不同滞后期冷和热效应对YLL影响的累积相对风险见图3。当日最高温度低于下限阈值时,重庆市lag4~6和哈尔滨市lag4~10的累积冷效应与日最高温度呈近似线性相关(重庆市冷效应: *r* = -0.994 5, *P* = 0.005 5; 哈尔滨市冷效应: *r* = -0.992 1, *P* = 0.000 8); 当日最高温度高于上限阈值时,重庆市lag1和哈尔滨市lag1~4的累积热效应与日最高温度呈近似线性相关(重庆市热效应: *r* = 0.997 4, *P* = 0.000 2; 哈尔滨市热效应: *r* = 0.989 9, *P* = 0.001 2)。

(2) 单位风险: 重庆市热效应和冷效应的单位风险分别为18.0%(95%CI: 0.9%~49.9%)和43.7%(95%CI: 2.5%~48.6%),即当日最高温度高于上限阈值35 °C或低于下限阈值8 °C时,日最高温度每升

表1 重庆和哈尔滨市市区糖尿病所致生命损失年、气象因素及空气污染物一般情况

变 量	重庆市				哈尔滨市				<i>P</i> 值*
	$\bar{x} \pm s$	最大值	<i>M</i> 值	最小值	$\bar{x} \pm s$	最大值	<i>M</i> 值	最小值	
糖尿病所致生命损失年	20.5 ± 15.8	102.9	16.4	2.2	33.8 ± 23.6	171.2	28.8	2.9	<0.001
日最高温度(°C)	21.7 ± 9.6	41.0	21.3	3.5	11.0 ± 15.3	37.1	15.0	-23.4	<0.001
日平均相对湿度(%)	73.7 ± 16.2	100.0	76.0	26.1	64.0 ± 15.7	96.0	66.0	17.0	<0.001
日平均PM ₁₀ (μg/m ³)	100.7 ± 53.3	311.0	89.7	12.5	77.6 ± 56.4	303.0	66.0	7.5	<0.001
日平均SO ₂ (μg/m ³)	36.3 ± 17.2	121.8	33.2	4.8	37.6 ± 23.1	150.0	30.5	5.0	0.496 8
日平均NO ₂ (μg/m ³)	37.1 ± 13.3	88.5	36.3	9.0	56.9 ± 41.3	276.5	45.0	10.0	<0.001

注: *重庆和哈尔滨两城市变量*t*检验的*P*值

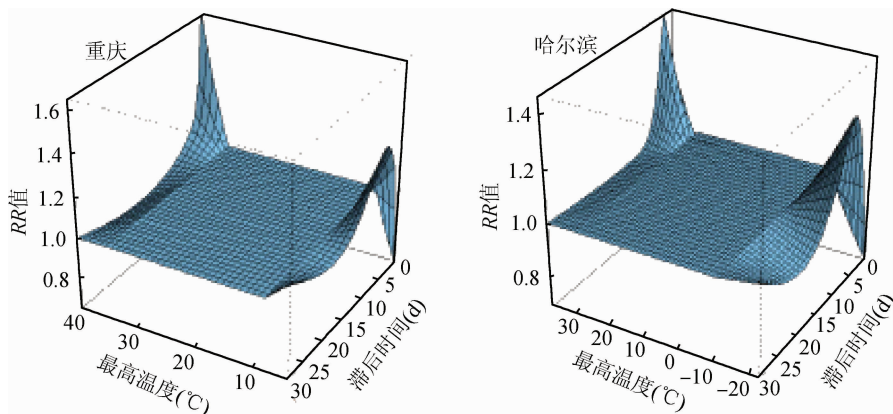


图1 重庆和哈尔滨市日最高温度-滞后期-糖尿病生命损失年相对风险三维图

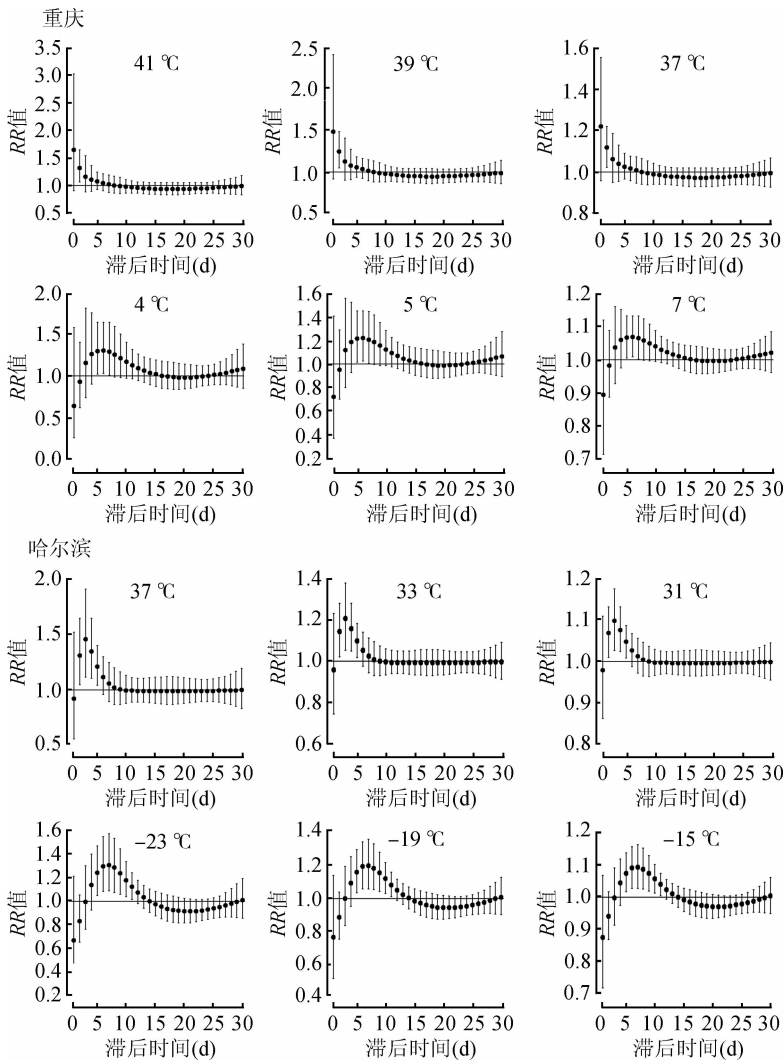


图2 重庆和哈尔滨市极端低温和极端高温对糖尿病所致生命损失年影响的滞后效应

表2 极端高温和极端低温对糖尿病所致生命损失年影响的累积效应

城市	极端温度效应	日最高温度 (°C)	RR 值(95%CI)	r 值 ^a	单位风险 ^b RR 值(95%CI)
重庆	热效应(lag1)	37	1.279(1.018 ~ 1.608)	0.997 4	1.180(1.009 ~ 1.499)
		39	1.637(1.037 ~ 2.584) (P=0.000 2)		
		41	1.851(1.046 ~ 3.277)		
	冷效应(lag4 ~ 6)	7	1.267(1.024 ~ 1.569)		
		5	2.036(1.074 ~ 3.860) (P=0.005 5)		
		4	2.580(1.099 ~ 6.055)		
哈尔滨	热效应(lag1 ~ 4)	31	1.342(1.050 ~ 1.278)	0.989 9	1.295(1.062 ~ 1.814)
		33	1.802(1.217 ~ 2.669) (P=0.001 2)		
		37	3.248(1.482 ~ 7.122)		
	冷效应(lag4 ~ 10)	-15	1.387(1.069 ~ 1.800)		
		-19	1.925(1.143 ~ 3.242) (P=0.000 8)		
		-23	2.671(1.222 ~ 5.837)		

注: ^ar 是极端温度与相应的 RR 值间的相关系数; ^b单位风险是极端温度与相应的 RR 值间的回归系数

高或降低 1 °C, 糖尿病所致 YLL 将增加 18.0% 或 43.7%。而哈尔滨市热效应和冷效应的单位风险分别为 29.5%(95%CI: 6.2% ~ 81.4%) 和 15.0%(95%CI: 1.9% ~ 45.1%)。

讨论

本研究通过时间序列分析方法评估了位于我国不同气候带的两城市极端高温和低温对糖尿病所致 YLL 的影响, 两城市的研究结果均发现极端高温和低温与糖尿病所致 YLL 显著关联, 且具有城市特异性。

本研究分析了极端温度对糖尿病所致 YLL 的影响, 分布滞后非线性模型和简单线性回归相结合的两步法即可恰当的评估极端温度与 YLL 间的非线性关系和不同滞后期的累积风险, 也可在考虑滞后效应及累积效应的基础上, 更科学地估算日最高温度每升高或降低 1 °C 对 YLL 所带来的单位风险, 可为后续类似研究提供方法学上的参考。研究结果也为评价和预估不同城市归因于极端温度和气候变化的糖尿病疾病负担奠定基础。

YLL 是一个利用预期寿命来进行评估的疾病负担指标, 因此对年轻人群的死亡赋予更高的权重, 而传统的死亡率指标则对所有年龄的人群死亡具有相同的权重^[16]。大多数已有的研究以死亡数或死亡率为健康效应指标, 分析死亡数或死亡率与温度间的关系^[17-18], 然而死亡率风险并不能解释不同年龄人群的死亡。YLL 是评价过早死亡的有效指标, 而过早死亡往往代表着可预防的死亡^[16, 19]。因此, 以 YLL 为健康效应指标, 分析温度对糖尿病所致 YLL 的影响对于糖尿病

死亡的防控具有重要意义。

本研究结果显示, 在重庆市, 累积冷效应的单位风险高于热效应, 然而哈尔滨市则相反。说明重庆市糖尿病所致的 YLL 对极端冷效应更敏感, 而在哈

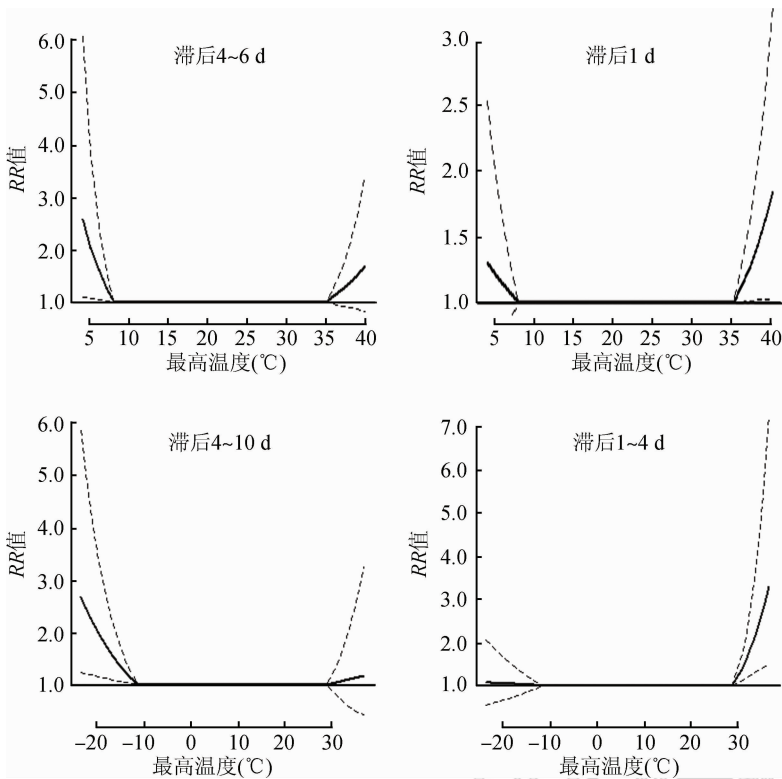


图3 重庆和哈尔滨市不同滞后期内冷效应和热效应对生命损失年影响的累积相对风险

哈尔滨市则对极端热效应更敏感。已有研究表明,相对于生活在寒冷地区的居民而言,生活在温暖地区的居民在寒冷天气可能会有更高的死亡风险。例如,欧洲地区^[11]的研究和美国11个城市^[20]的研究均发现在温暖地区寒流对死亡率的影响大于其在相对寒冷地区的影响。本研究中所发现的城市特异性可能与研究地区常年的温度水平、经济条件、冷/热防护措施的可及性以及居民对当地气候的生理适应性和耐受性不同有关。此外,本研究结果提示,糖尿病应对措施既要针对极端高温事件,也要针对极端低温事件,随着气候变化和极端天气事件的增加,在重庆市应侧重应对极端低温事件,哈尔滨市则应侧重应对极端高温事件,这对于地方制定相关公共卫生政策和降低糖尿病疾病负担具有重要意义。

本研究结果显示,极端冷效应滞后且持续时间长,而极端热效应急促且短暂,该结果与其他关于极端温度和死亡的研究结果类似^[12,21];例如,澳大利亚和美国的研究发现高温的影响一般限于当天或滞后1 d,而低温效应则持续数天^[22-23]。温度对YLL的滞后效应影响模式具有城市特异性,可为制定极端天气事件的公共卫生应急措施提供有用信息。

糖尿病是我国居民重要的死亡病因之一。在重

庆和哈尔滨市,研究期间的糖尿病死亡人数分别占总死亡人数的2.74%和1.86%,因此,研究糖尿病疾病负担的影响因素对于糖尿病的防控具有重大公共卫生意义。研究结果提示,极端温度是糖尿病疾病负担的重要影响因素,极端温度对健康影响的相关信息应纳入重庆和哈尔滨市糖尿病健康教育课程中。

本研究存在局限性。首先,研究数据局限于2个城市,使得研究结果较难向其他不同气候类型的城市进行推广。极端温度和糖尿病所致YLL间的联系可能会因人群的气候适应性不同和社会人口学差异等而具有地区特异性。第二,由于缺少脆弱性或适应性的相关信息,如婚姻状况、家庭经济收入、空调使用情况等,尚未对两个城市极端高温和低温对糖尿病所致YLL的影响模式不同的原因进行评估。然而,本研究结果仍为将来利用更多地区的数据和更大的样本量以及更详细的个人信息来进行相关分析奠定了基础。

总之,研究结果证实了在重庆(亚热带城市)和哈尔滨市(温带城市)极端高温和低温在一定滞后期内会显著增加糖尿病死亡所致YLL,也即极端高温和低温均可在不同城市以不同的模式增加糖尿病死亡所导致的疾病负担。极端温度的健康不良影响在一定程度上可以预防。随着全球气候变化,极端天气事件的频率和强度逐渐增加,本研究结果对于建立早期预警系统和适应策略以促进糖尿病患者的健康具有一定的意义。

利益冲突 无

参 考 文 献

[1] Fridlyand LE, Philipson LH. Cold climate genes and the prevalence of type 2 diabetes mellitus [J]. Med Hypotheses, 2006, 67(5):1034-1041. DOI:10.1016/j.mehy.2006.04.057.
 [2] Zhou MG, Wang HD, Zhu J, et al. Cause-specific mortality for 240 causes in China during 1990-2013: a systematic subnational analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 [J]. Lancet, 2016, 387(10015):251-272. DOI:10.1016/S0140-6736(15)00551-6.
 [3] Basu R, Pearson D, Malig B, et al. The effect of high ambient temperature on emergency room visits [J]. Epidemiology, 2012, 23(6):813-820. DOI:10.1097/EDE.0b013e31826b7f97.

- [4] Green RS, Basu R, Malig B, et al. The effect of temperature on hospital admissions in nine California counties [J]. *Int J Public Health*, 2010, 55 (2): 113-121. DOI: 10.1007/s00038-009-0076-0.
- [5] Lindstrom SJ, Nagalingam V, Newnham HH. Impact of the 2009 Melbourne heatwave on a major public hospital [J]. *Intern Med J*, 2013, 43(11): 1246-1250. DOI: 10.1111/imj.12275.
- [6] Vaneckova P, Bambrick H. Cause-specific hospital admissions on hot days in Sydney, Australia [J]. *PLoS One*, 2013, 8 (2): e55459. DOI: 10.1371/journal.pone.0055459.
- [7] Zanobetti A, Luttmann-Gibson H, Horton ES, et al. Brachial artery responses to ambient pollution, temperature, and humidity in people with Type 2 Diabetes: a repeated-measures study [J]. *Environ Health Perspect*, 2014, 122(3): 242-248. DOI: 10.1289/ehp.1206136.
- [8] Lavigne E, Gasparini A, Wang X, et al. Extreme ambient temperatures and cardiorespiratory emergency room visits: assessing risk by comorbid health conditions in a time series study [J]. *Environ Health*, 2014, 13: 5. DOI: 10.1186/1476-069X-13-5.
- [9] Schwartz J. Who is sensitive to extremes of temperature?: A case-only analysis [J]. *Epidemiology*, 2005, 16(1): 67-72. DOI: 10.1097/01.ede.0000147114.25957.71.
- [10] Medina-Ramón M, Zanobetti A, Cavanagh DP, et al. Extreme temperatures and mortality: assessing effect modification by personal characteristics and specific cause of death in a multi-city case-only analysis [J]. *Environ Health Perspect*, 2006, 114(9): 1331-1336. DOI: 10.1289/ehp.9074.
- [11] The Eurowinter Group. Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe [J]. *Lancet*, 1997, 349 (9062): 1341-1346. DOI: 10.1016/S0140-6736(96)12338-2.
- [12] Ou CQ, Song YF, Yang J, et al. Excess winter mortality and cold temperatures in a subtropical city, Guangzhou, China [J]. *PLoS One*, 2013, 8(10): e77150. DOI: 10.1371/journal.pone.0077150.
- [13] 重庆统计年鉴2011 [EB/OL]. [2016-10-09]. <http://www.cqtj.gov.cn/tjnj/2011/menu.htm>.
- Chongqing Statistical Yearbook 2011 [EB/OL]. [2016-10-09]. <http://www.cqtj.gov.cn/tjnj/2011/yearbook/index.htm>.
- [14] 哈尔滨统计年鉴2011 [EB/OL]. [2016-10-09]. <http://www.stats-hlheb.gov.cn/hrb/zhonghe/nj2011/800bb593e698474db93da4442fdf2ac6.htm>.
- Harbin Statistical Yearbook 2011 [EB/OL]. [2016-10-09]. <http://www.stats-hlheb.gov.cn/hrb/zhonghe/nj2011/800bb593e698474db93da4442fdf2ac6.htm>.
- [15] Gasparini A. Distributed lag linear and non-linear models in R: the package dlnm [J]. *J Stat Softw*, 2011, 43(8): 1-20.
- [16] Lopez AD, Mathers CD, Ezzati M, et al. Global burden of disease and risk factor [M]. New York: Oxford University Press, 2006.
- [17] Hajat S, Kosatky T. Heat-related mortality: a review and exploration of heterogeneity [J]. *J Epidemiol Community Health*, 2010, 64(9): 753-760. DOI: 10.1136/jech.2009.087999.
- [18] Basu R. High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008 [J]. *Environ Health*, 2009, 8: 40. DOI: 10.1186/1476-069X-8-40.
- [19] Huang CR, Barnett AG, Wang XM, et al. Effects of extreme temperatures on years of life lost for cardiovascular deaths: a time series study in Brisbane, Australia [J]. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*, 2012, 5(5): 609-614. DOI: 10.1161/CIRCOUTCOMES.112.965707.
- [20] 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. DOI: 10.1093/aje/155.1.80.
- [21] Guo YM, Li SS, Zhang YS, et al. Extremely cold and hot temperatures increase the risk of ischaemic heart disease mortality: epidemiological evidence from China [J]. *Heart*, 2013, 99(3): 195-203. DOI: 10.1136/heartjnl-2012-302518.
- [22] Yu WW, Hu WB, Mengersen K, et al. Time course of temperature effects on cardiovascular mortality in Brisbane, Australia [J]. *Heart*, 2011, 97(13): 1089-1093. DOI: 10.1136/hrt.2010.217166.
- [23] Braga ALF, 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.

(收稿日期:2016-10-11)

(本文编辑:万玉立)