

气温对兰州市细菌性痢疾发病的滞后效应研究

王金玉¹, 李 盛^{2△}, 董继元³, 李守禹¹, 李 普⁴, 贾 清², 王龄庆², 常绪红³

(1. 兰州大学基础医学院, 兰州 730000; 2. 兰州市疾病预防控制中心, 兰州 730030; 3. 兰州大学公共卫生学院, 兰州 730000; 4. 白银市第二人民医院, 甘肃白银 730900)

[摘要] **目的:**探讨日均气温对兰州市细菌性痢疾发病的影响及其滞后效应。**方法:**收集兰州市2008—2015年每日细菌性痢疾发病资料,结合同期气象资料,利用分布滞后非线性模型(distributed lag non-linear model, DLNM)分析日均气温与细菌性痢疾发病的关联性。**结果:**日均气温与细菌性痢疾发病的暴露-反应关系呈“J”型,最低发病温度为17℃,对不同性别、年龄人群高温效应影响均大于中间效应。高温效应和中间效应对男、女性人群均表现为急性作用,当天的效应值最高,随后波动下降,高温效应对女性影响更大。在不同年龄段人群中,0~3岁组人群的细菌性痢疾发病的高温效应和中间效应均最大;高温效应和中间效应对0~3岁、19~64岁人群均表现为急性作用,当天的效应值最高,随后波动下降,而≥65岁者当天发病,之后下降,再缓慢波动上升。相对于最低发病温度17℃,高温(32℃)和中间温度(26℃)均能增加细菌性痢疾发病的风险,以滞后14d累计效应最大,在男性、女性、0~3岁、4~11岁、12~18岁、19~64岁、≥65岁人群中,中间温度对细菌性痢疾发病RR(95%CI)值分别为2.30(1.53~3.13)、2.45(1.65~3.30)、2.41(1.59~3.28)、2.54(1.40~3.79)、1.82(0.41~3.43)、1.98(1.11~2.93)、1.73(0.68~2.88),高温时RR(95%CI)值分别2.93(1.38~4.69)、3.08(1.48~4.9)、3.26(1.60~5.16)、3.12(1.06~5.56)、1.94(0.73~5.39)、2.31(0.54~4.36)、2.06(0.02~4.51)。**结论:**高温可显著增加细菌性痢疾的发病风险,女性和3岁以下人群是敏感人群。气象因素在兰州市细菌性痢疾的发生和发展中发挥重要作用,细菌性痢疾发病受到多种气象因子共同作用的影响,但首要影响因素是高温。气温对细菌性痢疾发病不是直接作用,而是通过影响细菌性痢疾发病的各个环节(居民生活习惯、传播途径与易感人群自身体质),间接影响细菌性痢疾在人群中的分布。

[关键词] 温度;痢疾,杆菌性;分布滞后非线性模型

[中图分类号] R122.21 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1671-167X(2018)05-0861-07

doi:10.19723/j.issn.1671-167X.2018.05.017

Distributed lag effects on the relationship between daily mean temperature and the incidence of bacillary dysentery in Lanzhou city

WANG Jin-yu¹, LI Sheng^{2△}, DONG Ji-yuan³, LI Shou-yu¹, LI Pu⁴, JIA Qing², WANG Ling-qing², CHANG Xu-hong³
(1. School of Basic Medicine, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 2. Lanzhou Center for Disease Prevention and Control, Lanzhou 730030, China; 3. School of Public Health, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 4. Baiyin Second People's Hospital, Gansu Baiyin 730900, China)

ABSTRACT Objective: To discuss the lag effects of daily average temperature on the daily cases of bacillary dysentery in Lanzhou city. **Methods:** The data of daily cases of bacillary dysentery were collected during 2008 and 2015 in the city, and the meteorological data at the same period was integrated. The distributed lag non-linear model was used to analyze the relevance between daily average temperature and the daily cases of bacillary dysentery. **Results:** The exposure response relationship between the daily temperature and the incidence of bacillary dysentery was “J” type, the lowest incidence temperature was 17℃, and the effect of high temperature on different gender and age groups was higher than that of the intermediate effect. The effect of high temperature and intermediate effect on the male and female groups showed an acute effect, the effect of the day was the highest, followed by fluctuations in temperature, and the greater the impact on women. In different age groups, high temperature effect and the intermediate effect of bacterial dysentery in 0–3 years old groups were the biggest; the effects of high and intermediate temperature on people aged 0–3 and 19–64 year all showed acute effects, which were the maximum value at the day, then decreased volatility; and for people aged over 65 years, the day after the onset, decreases and then increases slowly. There were obviously increasing risks of bacillary dysentery

基金项目: 甘肃省自然科学基金项目(17JR5RA347)、兰州市民生科技计划项目(2015-3-127、2016-3-109)、兰州市人才创新创业项目(2016-RC-29)和兰州市城关区科技计划项目(2016-7-3) Supports by Natural Science Foundation of Gansu Province (17JR5RA347), Science and Technology Plan Projects of Lanzhou (2015-3-127, 2016-3-109), Innovative and Venture Projects of Lanzhou (2016-RC-29) and Science and Technology Project of Chengguan District, Lanzhou (2016-7-3)

△ Corresponding author's e-mail, 1178708407@qq.com

网络出版时间:2018-5-8 9:23:38 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4691.R.20180508.0923.022.html>

both the high temperature (32 °C) and the middle temperature (26 °C) with respect to 17 °C. The accumulative effects were highest at lag14 days, and the *RR* (95% *CI*) values of middle temperature was 2.30 (1.53 - 3.13), 2.45 (1.65 - 3.30), 2.41 (1.59 - 3.28), 2.54 (1.40 - 3.79), 1.82 (0.41 - 3.43), 1.98 (1.11 - 2.93), and 1.73 (0.68 - 2.88) among the males, females, 0 - 3 years old, 4 - 11 years old, 12 - 18 years old, 19 - 64 years old and over 65 years old people, respectively; while the high temperature was 2.93 (1.38 - 4.69), 3.08 (1.48 - 4.90), 3.26 (1.60 - 5.16), 3.12 (1.06 - 5.56), 1.94 (0.73 - 5.39), 2.31 (0.54 - 4.36), and 2.06 (0.02 - 4.51), respectively.

Conclusion: The high temperature may increase risks of bacillary dysentery, and the females and younger people were the sensitive population. Meteorological factors play an important role in the occurrence and development of bacillary dysentery in Lanzhou. The incidence of bacillary dysentery is affected by multiple meteorological factors, but the primary one is high temperature. The temperature has not a direct effect on the incidence of bacillary dysentery, but an indirect influence in different populations through the impacts of various aspects of the incidence of bacterial dysentery (residents living habits, communication channels and the habits of the susceptible population).

KEY WORDS Temperature; Dysentery, bacillary; Distributed lag non-linear models

细菌性痢疾是由痢疾杆菌引起的一种常见的肠道传染病,发病存在显著的季节性,在夏秋时节发病率最高,成为影响居民健康的主要传染病之一^[1]。近年来的研究表明,气象条件是影响细菌性痢疾发生、发展的重要因素之一,细菌性痢疾日均发病人数与气温、降水量、相对湿度呈正相关,与气压呈负相关^[2-6]。近几年来,国内不少学者运用单因素相关分析和多元逐步回归分析法对细菌性痢疾发病与气象因素进行相关性分析,多采用周、月细菌性痢疾发病资料与同期气象资料进行研究,但是上述研究时间尺度较为宽泛,时间跨度较短,不能很好地反映气象因素对传染病的影响。而且以往线性模型不能够拟合两者之间的非线性关系,或只能在整个研究的时间域上进行数据转化来评估其大致关系,因而并不适用于气象因素对传染病的复杂关系研究。此外,以往的研究多关注于整个人群传染病的发病情况,而针对气象因素对传染病的非线性特征及滞后作用的研究少之又少。同时研究区域也主要集中在我国沿海城市和一些经济相对发达的地区,但随着全球气候变暖,干旱地区气温上升的速率远远快于其他地区,高温热浪天气的发生频率和持续时间逐渐增加,细菌性痢疾发病风险也明显升高^[7]。

众多气象因子中,以日均气温与细菌性痢疾发病的关系最为密切^[8],温度与人群细菌性痢疾发病呈非线性关系,且温度的影响还存在滞后效应。关于气温和健康关系的研究方法有很多,分布滞后非线性模型(distributed lag non-linear model, DLNM)就是其中的一种。该模型的核心思想是交叉基,对自变量与因变量的关系、滞后效应的分布分别选择合适的基函数,求两个基函数的张力积即得交叉基函数,将交叉基函数引入广义相加模型(generalized additive models, GAM),既可同时控制效应中的非线性和滞后因素,又可以避免 GAM 模型将滞后变量

引入模型而产生的共线性问题,能将滞后时间和气温统一在一个二维矩阵中研究气温对发病的非线性影响和滞后效应的影响。目前,国内外使用 DLNM 模型主要用于研究气象因子与死亡的关联情况,较少用于气象因子与细菌性痢疾关联的研究,因此,本研究拟采用 DLNM 分析日均气温对细菌性痢疾发病的影响及其滞后效应,同时分析日均气温与细菌性痢疾发病相关性的性别、年龄别差异^[9-12]。

1 资料与方法

1.1 资料来源

2008 年 1 月至 2015 年 12 月兰州市细菌性痢疾日发病数据来源于全国传染病报告信息管理系统,由兰州市疾病预防控制中心负责收集。同期每日气象数据由甘肃省气象局提供,包括气温、气压、风速、相对湿度的日均值和日降水量。

1.2 统计分析方法

使用 Spearman 等级相关方法,分析兰州市各气象因子与细菌性痢疾日发病人数的相关性及各气象因子之间的相关程度,与细菌性痢疾日发病人数相关的气象因子纳入模型,检验水准为 0.05。对细菌性痢疾发病数据和气象数据分别建立交叉基矩阵,日发病人数作为因变量,采用 quasi-Poisson 连接函数进行拟合。在控制季节性和长期趋势、星期几效应基础上,采用 DLNM 对气象因子与细菌性痢疾日发病人数的关联性进行拟合。气象因子使用日均气温,同时控制日均气压、日降水量的混杂影响,分析日均气温与发病人数的关系,并且对气温和滞后时间建立二维矩阵,研究日均气温对发病人数影响的滞后效应。

其基本模型为: $\log[E(Y_t)] = \alpha + \beta TEM_{t,l} + ns(\text{press}_t, df=3) + ns(\text{rain}_t, df=3) + ns(\text{time}_t, df=7/\text{year}) + \gamma DOW_t$, 式中 Y_t 是第 t 天发病人数, α 为常

数项, $TEM_{t,t}$ 是应用 DLNM 中的“cross-basis”函数获得的关于温度的二维矩阵, β 是回归模型中的解释变量系数, $ns(press_t, df=3)$ 指的是使用自由度为 3 的自然立方样条曲线去控制气压的影响, $ns(rain_t, df=3)$ 指的是使用自由度为 3 的自然立方样条曲线去控制降水量的影响, $time$ 作为一个新设的时间序数变量, 将其引入自然立方样条函数来控制季节趋势和长期趋势, $ns(time_t, df=7)$ 是利用每年自由度等于 7 的自然立方样条曲线去控制季节性和长期趋势的影响, DOW_t 是第 t 天为星期几的哑变量。

参照相关研究^[7], 选取的最大滞后时间为 14 d, 以最低发病风险温度作为参照值, 计算不同气温、不同的滞后时间下的相对危险度 (relative risk, RR)。 RR 具体计算方法: 若 β 为回归模型中的解释变量系数, 温度在整个滞后时间内对细菌性痢疾发病的相对危险度可计算为 $\exp(\beta)$ 。 在计算日均气温对细菌性痢疾的影响时, 以中间温度 (26 °C) 和高温 (32 °C) 分别相对于最低发病风险温度的 RR 来

表示温度对细菌性痢疾发病影响的强弱, 并分析按不同性别和年龄组分层后, 日均气温对细菌性痢疾发病人数的影响。

2 结果

2.1 一般情况

兰州市 2008—2015 年共报告细菌性痢疾 23 108 例, 日均发病 8.09 例, 其中男性 12 977 例, 女性 10 131 例, 男女比例为 1.28 : 1。 0~18 岁组病例最多, 有 11 397 例, 占 49.32%。 同期气压、气温、相对湿度、降水量、风速日均值分别为 848.38 hPa、11.11 °C、49.90%、0.83 mm、1.27 m/s (表 1)。

2.2 气象因子和细菌性痢疾日发病人数相关性分析

细菌性痢疾日发病人数与气温、气压、降水量、风速之间的相关性均有统计学意义 ($P < 0.05$), 其中与气温、降水量、风速呈正相关, 与气压呈负相关, 以气温对细菌性痢疾发病影响最为显著 ($r = 0.667$, 表 2)。

表 1 2008—2015 年气象因子和细菌性痢疾日发病人数描述性统计

Table 1 Descriptive statistics of meteorological factors and the daily cases of bacillary dysentery from 2008 to 2015

Variable	$\bar{x} \pm s$	Minimum	P_{25}	P_{50}	P_{75}	Maximum
Cases of bacillary dysentery	8.09 ± 6.45	0	3.00	5.00	9.00	78.00
Daily mean pressure/hPa	848.38 ± 5.54	820.79	842.53	846.12	850.35	888.42
Daily mean temperature/°C	11.11 ± 10.23	-16.80	2.00	12.79	20.20	31.88
Daily mean relative humidity/%	49.90 ± 15.48	13.85	38.52	50.31	60.70	100.00
Daily mean precipitation/mm	0.83 ± 0.36	0	0	0	0.01	44.00
Daily mean wind speed/(m/s)	1.27 ± 0.37	0	1.00	1.13	1.50	3.00

表 2 细菌性痢疾与气象因素的相关分析

Table 2 Spearman correlation coefficients of meteorological factors and daily cases of bacillary dysentery

Variable	Pressure/hPa	Temperature/°C	Relative humidity/%	Precipitation/mm	Wind speed/(m/s)	Cases of bacillary dysentery
Pressure/hPa	1.000					
Temperature/°C	-0.645 *	1.000				
Relative humidity/%	0.145 *	-0.146 *	1.000			
Precipitation/mm	-0.184 *	0.211 *	0.382 *	1.000		
Wind speed/(m/s)	-0.230 *	0.258 *	-0.251 *	0.112 *	1.000	
Cases of bacillary dysentery	-0.388 *	0.667 *	0.042	0.173 *	0.130 *	1.000

* $P < 0.05$.

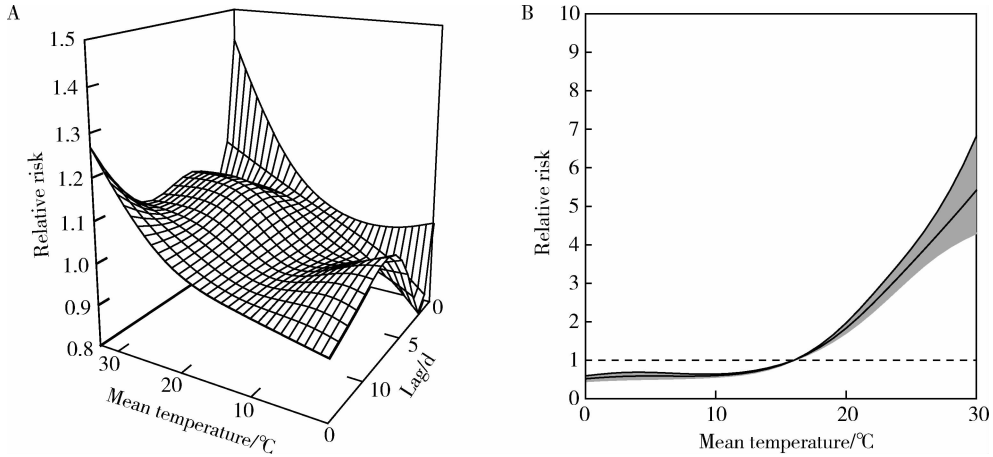
2.3 不同滞后时间日平均气温对细菌性痢疾日发病数的影响

将 2008—2015 年日均气温与细菌性痢疾日发病数进行 DLNM 建模拟合, 最大滞后时间设定

为 14 d, 观察每一个滞后日平均气温对细菌性痢疾日发病数的影响, 得到不同滞后气温效应的三维图 (图 1A), 从图中可见日均气温在不同滞后日与细菌性痢疾日发病数呈非线性关系。不同

日均气温与细菌性痢疾的关联强度随滞后时间变化而变化,高温可显著增加细菌性痢疾的发病风险,呈急性效应,当气温为 32.0 °C,滞后 0 d 时,RR 值最大,为 1.37 (95% CI: 1.11 ~ 1.72),随滞后天数增加,发病风险逐渐下降。气温在滞

后 14 d 内对细菌性痢疾影响的累积效应如图 1B 所示,日均气温与细菌性痢疾发病数风险大致呈“J”型,在 17 °C 以下,风险呈降低状态,低温会降低细菌性痢疾发病的风险,17 °C 以上发病风险逐渐升高。



A, three-dimensional plot of the relationship between mean temperature and bacterial dysentery over different lag days; B, the overall relative risks of mean temperature for total bacterial dysentery cases over 30 days.

图 1 日均气温与细菌性痢疾的风险关联图

Figure 1 The relationship between average daily temperatures and the risk of bacterial dysentery

2.4 中间温度和高温在不同滞后时间对细菌性痢疾发病风险的分析

分别将 26 °C 和 32 °C 作为中间效应和高温效应的温度节点绘制 14 d 滞后曲线图(图 2)。从图中可见,对不同性别、年龄人群,高温效应影响均大于中间效应,高温效应和中间效应对男、女性人群均表现为急性作用,当天的效应值最高,随后波动下降,且高温效应对女性影响更大。同时由图 2 的分层结果可以看出,男性分层结果呈曲线波动,女性分层结果基本为线性关系,这可能是由于男女感染机会不同所致,男性在儿童时期较活跃,成年后社会活动范围较广,接触传染源机会较多,且卫生习惯较差,缺乏自我保护意识。在不同年龄段人群中,0~3 岁组人群的细菌性痢疾发病的高温效应和中间效应均最大;高温效应和中间效应对 0~3 岁、19~64 岁人群均表现为急性作用,当天的效应值最高,随后波动下降,而 ≥65 岁者当天发病,之后下降,再缓慢波动上升。

2.5 中间温度和高温在不同滞后时间的累积效应

图 3 为不同性别、不同年龄人群细菌性痢疾发病风险与日均气温的暴露-反应关系曲线,提示日均气温对男性、女性、0~3 岁、4~11 岁、12~18 岁、19~64 岁和 ≥65 岁人群的暴露反应关系均呈“J”型,即高温效应持续时间较长。不同性别和各年龄组人群细菌性痢疾最低风险气温在 17 °C

左右。

由表 3 可知,26 °C 时男性发病风险在滞后 0 d 出现,之后随着滞后日增加逐渐增大,在滞后 0 d、1 d 以及 5~14 d 的累积效应均具有统计学意义。女性在滞后 0 d 效应不明显,之后效应慢慢增大,在滞后 1~14 d 的累积风险效应均有统计学意义。0~3 岁组发病风险在滞后 0 d 出现,之后随着滞后日增加逐渐增大,在滞后 0 d、1 d 以及 5~14 d 的累积效应具有统计学意义。4~11 岁组在滞后 7~14 d 的累积效应具有统计学意义。12~18 岁组在滞后 0 d 及 1 d 的累积效应具有统计学意义。19~64 岁组在滞后 5~14 d 的累积效应具有统计学意义。≥65 岁组在整个滞后期内的累积风险效应均无统计学意义。累积效应在滞后 14 d 最强,相对于最低发病温度 17 °C,男性、女性、0~3 岁、4~11 岁、12~18 岁、19~64 岁、≥65 岁人群细菌性痢疾发病 RR (95% CI) 值分别为 2.30 (1.53 ~ 3.13)、2.45 (1.65 ~ 3.30)、2.41 (1.86 ~ 3.49)、2.54 (1.40 ~ 3.79)、1.82 (0.41 ~ 3.43)、1.98 (1.11 ~ 2.93)、1.73 (0.68 ~ 2.88)。

由表 4 可知,32 °C 时男性发病风险在滞后 0 d 出现,之后随着滞后日增加逐渐增大,在滞后 0 d 和 14 d 的累积效应具有统计学意义。女性在滞后 0 d 出现效应,之后效应慢慢增大,在整个滞后期累积效应均有统计学意义。0~3 岁组发病风险在滞后 0 d

出现,之后随着滞后日增加逐渐增大,在滞后 0 d、1 d 以及 5~14 d 的累积效应具有统计学意义。4~11 岁组在滞后 14 d 的累积效应具有统计学意义,12~

18 岁组在滞后 0 d 的累积效应具有统计学意义,19~64 岁组和 ≥65 岁组在整个滞后期内的累积风险效应均无统计学意义。

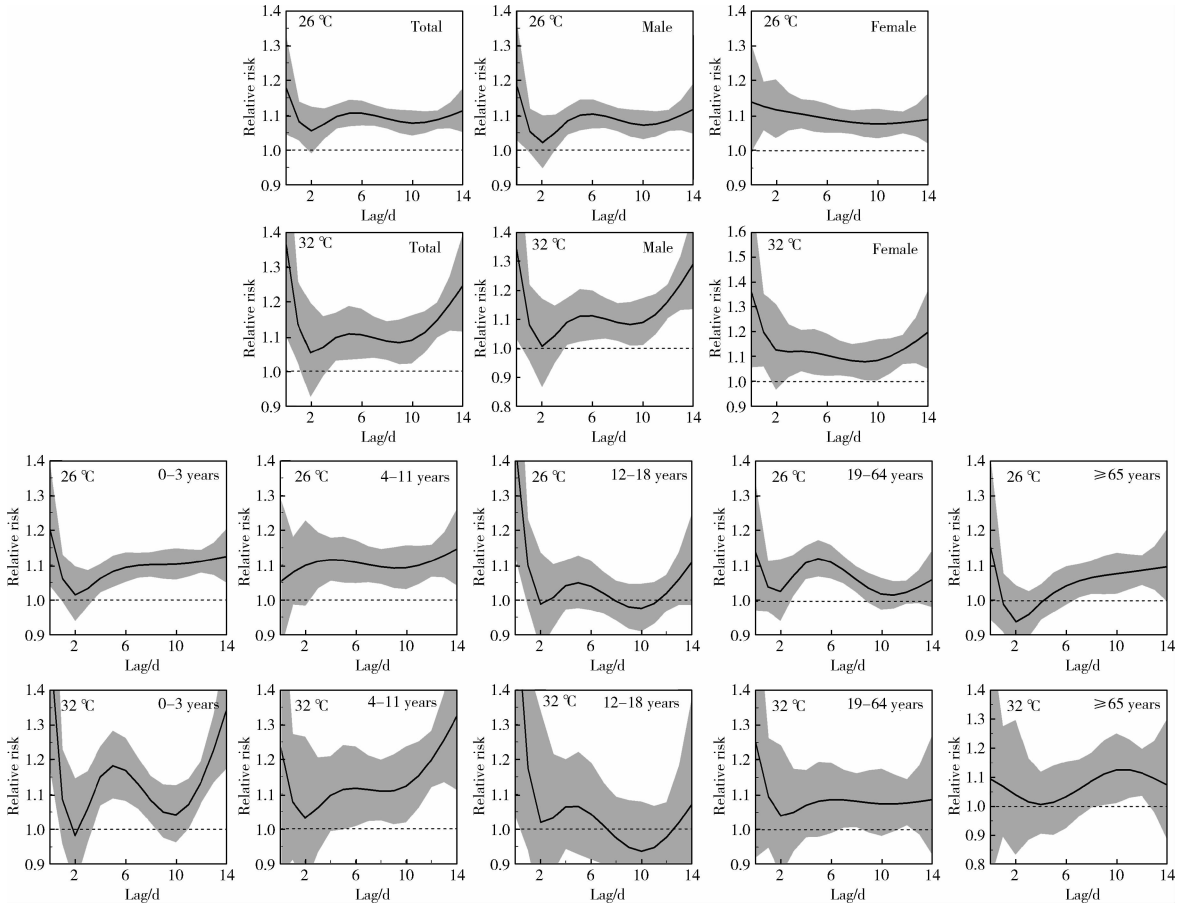


图 2 26 °C 和 32 °C 在不同滞后日的风险关联图

Figure 2 The risks association graph of 26 °C and 32 °C in different lag days

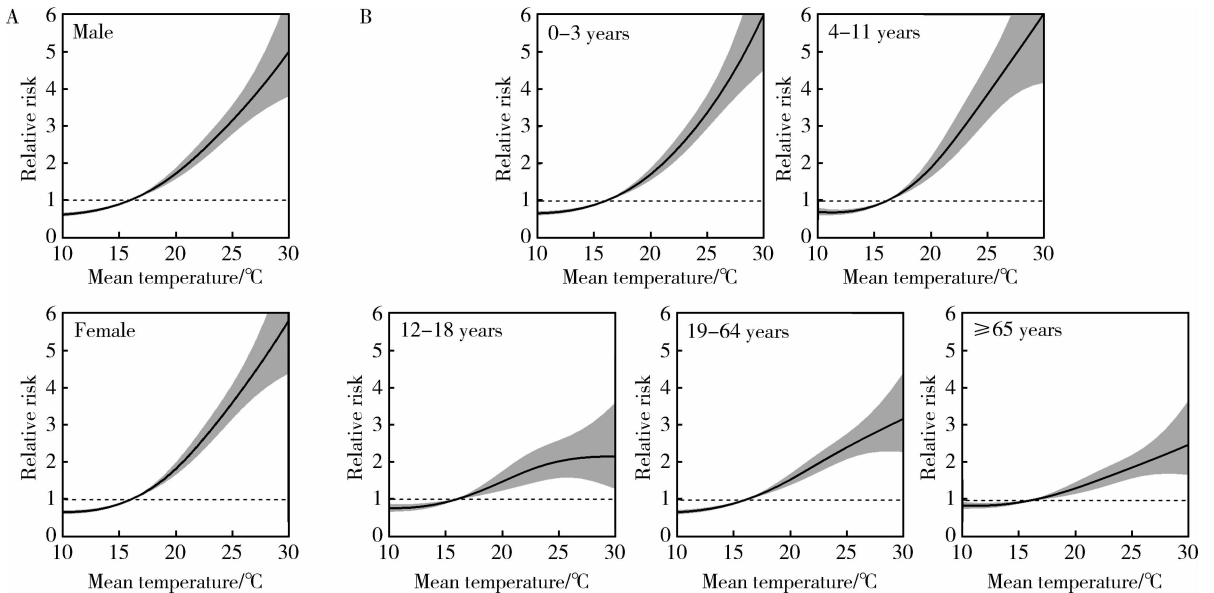


图 3 不同性别(A)、不同年龄(B)人群日均气温与细菌性痢疾发病的暴露-反应关系

Figure 3 The exposure-response relationship between average daily temperature and the risk of bacterial dysentery of different gender (A) and different age (B) groups

高温效应也在滞后 14 d 最强,相对于最低发病温度 17 ℃,男性、女性、0~3 岁、4~11 岁、12~18 岁、19~64 岁、≥65 岁人群细菌性痢疾发病 RR (95% CI) 值分别为 2.93 (1.38~4.69)、3.08

(1.48~4.90)、3.26 (1.60~5.16)、3.12 (1.06~5.56)、1.94 (0.73~5.39)、2.31 (0.54~4.36)、2.06 (0.02~4.51)。高温在不同滞后时间的累积效应均高于中间效应,女性和 0~3 岁人群更为敏感。

表 3 26 ℃ 在不同滞后时间对不同性别、不同年龄人群细菌性痢疾发病影响的 RR 值(95% CI)

Table 3 The RR values (95% CI) of bacterial dysentery of different gender and different age groups during different lag days when daily temperature is 26 ℃

Lag/ d	Gender		Age				
	Male	Female	0-3 years	4-11 years	12-18 years	19-64 years	≥65 years
0	1.18 (1.03-1.36)	1.14 (0.99-1.31)	1.20 (1.04-1.39)	1.05 (0.86-1.29)	1.45 (1.12-1.87)	1.14 (0.97-1.34)	1.15 (0.95-1.40)
1	1.23 (1.02-1.47)	1.27 (1.05-1.51)	1.26 (1.04-1.52)	1.13 (0.84-1.47)	1.55 (1.11-2.10)	1.18 (0.95-1.46)	1.14 (0.86-1.48)
3	1.31 (0.97-1.68)	1.50 (1.15-1.88)	1.31 (0.96-1.7)	1.34 (0.86-1.89)	1.55 (0.89-2.34)	1.28 (0.90-1.71)	1.04 (0.60-1.55)
5	1.49 (1.07-1.94)	1.70 (1.27-2.17)	1.45 (1.02-1.93)	1.57 (0.97-2.25)	1.64 (0.84-2.58)	1.51 (1.04-2.04)	1.06 (0.51-1.68)
7	1.69 (1.20-2.22)	1.88 (1.37-2.43)	1.65 (1.14-2.20)	1.78 (1.07-2.57)	1.70 (0.77-2.77)	1.72 (1.16-2.33)	1.16 (0.51-1.88)
14	2.30 (1.53-3.13)	2.45 (1.65-3.30)	2.41 (1.59-3.28)	2.54 (1.40-3.79)	1.82 (0.41-3.43)	1.98 (1.11-2.93)	1.73 (0.68-2.88)

表 4 32 ℃ 在不同滞后时间对不同性别、不同年龄人群细菌性痢疾发病影响的 RR 值(95% CI)

Table 4 The RR values (95% CI) of bacterial dysentery of different gender and different age groups during different lag days when daily temperature is 32 ℃

Lag/ d	Gender		Age				
	Male	Female	0-3 years	4-11 years	12-18 years	19-64 years	≥65 years
0	1.34 (1.03-1.74)	1.37 (1.06-1.78)	1.54 (1.18-2.02)	1.24 (0.87-1.78)	1.66 (1.04-2.67)	1.25 (0.92-1.69)	1.09 (0.75-1.60)
1	1.42 (0.99-1.96)	1.57 (1.12-2.13)	1.63 (1.14-2.25)	1.32 (0.78-2.06)	1.84 (0.98-3.14)	1.34 (0.87-1.96)	1.16 (0.65-1.87)
3	1.47 (0.81-2.27)	1.81 (1.10-2.67)	1.67 (0.95-2.56)	1.41 (0.55-2.53)	1.89 (0.63-3.69)	1.43 (0.68-2.37)	1.22 (0.37-2.33)
5	1.67 (0.84-2.65)	2.05 (1.17-3.08)	2.00 (1.11-3.08)	1.62 (0.55-2.97)	2.02 (0.50-4.11)	1.59 (0.64-2.74)	1.24 (0.17-2.59)
7	1.88 (0.91-3.02)	2.25 (1.22-3.44)	2.30 (1.25-3.55)	1.85 (0.58-3.42)	2.07 (0.32-4.43)	1.76 (0.64-3.10)	1.33 (0.07-2.91)
14	2.93 (1.38-4.69)	3.08 (1.48-4.90)	3.26 (1.60-5.16)	3.12 (1.06-5.56)	1.94 (0.73-5.39)	2.31 (0.54-4.36)	2.06 (0.02-4.51)

3 讨论

细菌性痢疾在我国属于法定的乙类传染病,近年来该疾病的全国报告发病数一直高居于所有报告的甲类和乙类传染病的前 5 位^[13]。细菌性痢疾的发病率各个地区差异较大,兰州市的发病率明显高于全国水平和国内其他一些城市的报道值(图 4)^[6, 14-21],探讨细菌性痢疾影响因素有利于保护区域人群健康。

气候变化、社会经济水平、文化程度等是影响细菌性痢疾发病的重要因素,其中温度对细菌性痢疾影响的研究成了近年来的热点。不同城市的研究发现,气温每升高 1 ℃,细菌性痢疾的发病数增加 14.8% (长沙)、3.6% (广州)、2.7% (上海)、1.1% (北京)^[20-23],气温与细菌性痢疾的发病显著相关。本研究结果显示,兰州市日均气温与细菌性痢疾的剂量-反应关系呈现“J”型,随温度升高细菌性痢疾

发病风险也明显升高。相对于最低发病温度 17 ℃,高温(32 ℃)在滞后 0 d 时使细菌性痢疾的风险增加 1.37 倍(图 1),且气温对细菌性痢疾的发病有明显滞后效应(图 1,表 3,表 4);对不同性别、不同年龄人群,高温和中间温度均能增加细菌性痢疾的发病风险(图 2),滞后当天就发生效应,以滞后 0~14 d 累计效应最大,但高温效应显著高于中间效应(表 3,表 4),说明高温是造成细菌性痢疾的重要影响因素,可显著增加细菌性痢疾的发生风险。究其原因,一方面,合适的环境对于各种致病病原体的生存起到关键的作用,温度的上升影响整个食物的准备、加工、运输和储存等过程,从而促进病原体在此过程中的快速繁殖,增加人群被病原体感染的可能性^[24-25];另一方面,温度的变化会引起个体行为发生改变,包括饮食习惯和室外活动频率、范围等^[26],如兰州市居民饮食口味偏重,喜好辛辣刺激的食物,高温天气人们饮用冰镇饮料,吃凉拌或生冷、烧烤食

物等行为变得更为频繁,而短期内大量进食冰凉的食物,会引起胃肠道血管收缩,导致胃肠道消化液分泌减少,降低黏膜保护能力,从而引起消化不良,发生腹痛、腹泻等临床表现。同时,高温能够直接影响人体的心血管系统、呼吸系统,引起人体免疫力降低,最终使暴露人群容易受到各种感染性病原体的侵袭^[27-28]。因此,气温对细菌性痢疾发病的影响可能是通过影响细菌性痢疾发病的各个环节(居民生活习惯、传播途径与易感人群自身体质)的综合作用结果。对不同性别、不同年龄人群的分层分析结果显示,女性和3岁以下者是气温对细菌性痢疾影响的敏感人群,与相关研究结果一致^[7,29],这可能与其胃肠道功能相对较弱相关。

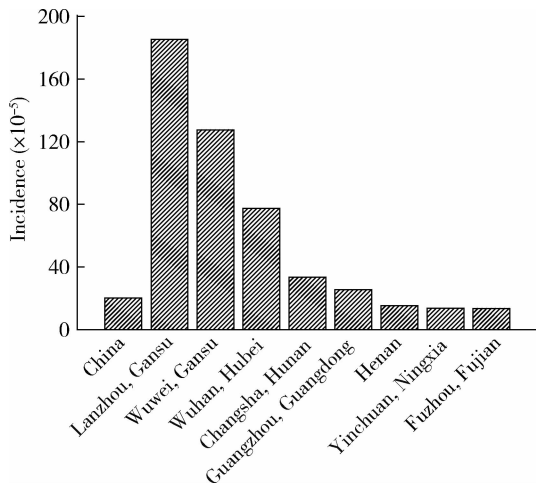


图4 中国不同地区细菌性痢疾发病率

Figure 4 The annual incidence rate of bacterial dysentery in different regions of China

综上,兰州市日均气温与细菌性痢疾的剂量-反应关系呈“J”型,随温度升高细菌性痢疾发病风险也明显升高。相对于最低发病温度 17 ℃,高温(32 ℃)和中间温度(26 ℃)对不同性别、不同年龄人群均能增加细菌性痢疾发病的风险,滞后当天就发生效应,以滞后 0~14 d 累计效应最大,但高温效应显著高于中间效应,女性和 3 岁以下者是敏感人群。

参考文献

[1] 王宁. 湖南省痢疾高发区气象因素与痢疾发病的关系研究[D]. 济南: 山东大学, 2015: 36-52.
 [2] 谈荣梅, 陈冲, 屠春雨. 气象因素与细菌性痢疾发病关系的探讨[J]. 浙江预防医学, 2003, 15(3): 7-9.
 [3] 廖洪秀, 张强, 杜长慧, 等. 主成分回归分析在细菌性痢疾与气象因素关系中的应用[J]. 现代预防医学, 2009, 36(5): 813-815.
 [4] 杨超, 郭淑珍, 周浩, 等. 高寒地区气象因素对城市主要传染病消长的影响研究[J]. 中国初级卫生保健, 2011, 25(4): 79-82.
 [5] 安庆玉, 吴隼, 王晓亮, 等. 气象因素变化与大连市肠道传染病发病时间分布关系的研究[J]. 中国预防医学杂志, 2012, 13(4): 288-291.
 [6] 李燕, 武振军, 雷静, 等. 银川市细菌性痢疾发病与气候因素

相关性研究[J]. 宁夏医学杂志, 2015, 37(7): 623-625.
 [7] 程健. 合肥市 2006—2012 年温度变化对细菌性痢疾影响的时间序列研究[D]. 合肥: 安徽医科大学, 2015: 1-71.
 [8] 贾蕾, 黎新宇, 刘桂荣, 等. 北京气象因素与细菌性痢疾发病关系的研究[J]. 现代预防医学, 2007, 34(13): 2470-2471.
 [9] Gasparrini A, Armstrong B, Kenward MG. Distributed lag non linear models [J]. Stat Med, 2010, 29(21): 2224-2234.
 [10] Gasparrini A. Distributed lag linear and non-linear models in R: the package DLNM [J]. J Stat Softw, 2011, 43(8): 1-20.
 [11] Gasparrini A, Armstrong B, Kenward MG. Reducing and meta-analyzing estimates from distributed lag non-linear models [J]. BMC Med Res Methodol, 2013, 13(1): 1-3.
 [12] Gasparrini A. Modeling exposure-lag-response associations with distributed lag non-linear models [J]. Stat Med, 2014, 33(5): 881-899.
 [13] Tan J, Zheng Y, Song G, et al. Heat wave impacts on mortality in Shanghai, 1998 and 2003 [J]. Int J Biometeorol, 2006, 51(3): 193-200.
 [14] 陈伟, 刘颖, 陈正利, 等. 河南省 2010 年细菌性痢疾流行病特征及其与气象因素相关性分析[J]. 现代预防医学, 2012, 39(22): 2818-2820.
 [15] Li ZJ, Wang LG, Sun WG, et al. Identifying high-risk areas of bacillary dysentery and associated meteorological factors in Wuhan, China [J]. Sci Rep, 2013(3): 3239.
 [16] 强力, 杨建萍, 陶燕, 等. 兰州市城关区细菌性痢疾日发病人数与气象因素的关系[J]. 环境与健康杂志, 2013, 30(7): 644-646.
 [17] 马玉霞. 甘肃省几种主要传染病的时空分布特征及其对气候变化的响应[D]. 兰州: 兰州大学, 2015: 1-49.
 [18] 沈波. 福州地区细菌性痢疾流行趋势及气象要素对其影响的神经网络模型研究[D]. 福州: 福建医科大学, 2008: 1-49.
 [19] 米登书. 趋势季节模型法在细菌性痢疾发病预测中的应用[J]. 现代预防医学, 2006, 33(3): 349.
 [20] Gao L, Zhang Y, Ding G, et al. Meteorological variables and bacillary dysentery cases in Changsha City, China [J]. Am J Trop Med Hyg, 2014, 90(4): 697-704.
 [21] Li T, Yang Z, Wang M. Temperature and atmospheric pressure may be considered as predictors for the occurrence of bacillary dysentery in Guangzhou, Southern China [J]. Rev Soc Bras Med Trop, 2014, 47(3): 382-384.
 [22] Zhou XD, Zhou YB, Chen RJ, et al. High temperature as a risk factor for infectious diarrhea in Shanghai, China [J]. J Epidemiol, 2013, 23(6): 418-423.
 [23] Li ZJ, Zhang XJ, Hou XX, et al. Nonlinear and threshold of the association between meteorological factors and bacillary dysentery in Beijing, China [J]. Epidemiol Infect, 2015, 143(16): 1-10.
 [24] Xu Z, Sheffield PE, Su H, et al. The impact of heat waves on children's health: a systematic review [J]. Int J Biometeorol, 2014, 58(2): 239-247.
 [25] Huang C, Barnett AG, Wang X, 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.
 [26] Ma W, Zeng W, Zhou M, et al. The short-term effect of heat waves on mortality and its modifiers in China: an analysis from 66 communities [J]. Environ Int, 2015, 75: 103-109.
 [27] Bai L, Ciredunzhu, Woodward A, et al. Temperature, hospital admissions and emergency room visits in Lhasa, Tibet: a time-series analysis [J]. Sci Total Environ, 2014, 490: 838-848.
 [28] Kim J, Lim Y, Kim H. Outdoor temperature changes and emergency department visits for asthma in Seoul, Korea: a time-series study [J]. Environ Res, 2014, 135: 15-20.
 [29] Li K, Zhao K, Shi L, et al. Daily temperature change in relation to the risk of childhood bacillary dysentery among different age groups and sexes in a temperate city in China [J]. Public Health, 2016, 131: 20-26.