

隔日温差对呼吸系统疾病死亡风险的影响

李树芬¹, 倪志松¹, 程传龙¹, 左慧¹, 梁珂梦¹, 宋思豪¹, 席睿¹, 杨淑霞², 崔峰², 李秀君¹

1. 山东大学齐鲁医学院公共卫生学院生物统计学系, 山东 济南 250012; 2. 淄博市疾病预防控制中心, 山东 淄博 255026

摘要: **目的** 探讨隔日温差 (TCN) 对呼吸系统疾病死亡的影响, 为应对气候变化导致的呼吸系统疾病死亡研究提供依据。**方法** 通过山东省慢病、死因监测综合管理信息系统收集2015—2019年淄博市呼吸系统疾病死亡监测资料, 通过中国气象数据网站和中国高分辨率高质量近地表空气污染物数据集分别收集同期气象和空气污染物资料。采用广义相加模型结合分布滞后非线性模型分析TCN对呼吸系统疾病死亡的滞后效应和累积滞后效应, 并按性别和年龄进行亚组分析; 计算归因分值评估TCN造成的归因风险。**结果** 2015—2019年淄博市报告呼吸系统疾病死亡11 767例; 其中男性6 648例, 占56.50%; 女性5 119例, 占43.50%。<65岁1 307例, 占11.11%; ≥65岁10 460例, 占88.89%。TCN对总人口、女性、≥65岁人群呼吸系统疾病死亡的暴露-反应关系呈单调递增趋势。第95百分位数 (P_{95}) TCN (3.84 °C) 对总人口呼吸系统疾病死亡风险的效应在累积滞后11 d时达到峰值 ($RR=2.063$, $95\%CI: 1.261\sim3.376$); 亚组分析结果显示, P_{95} TCN对女性和≥65岁人群影响更大, 累积滞后效应分别在12 d ($RR=3.119$, $95\%CI: 1.476\sim6.589$)、11 d ($RR=2.107$, $95\%CI: 1.260\sim3.523$) 达到峰值。归因风险分析结果显示, 隔日升温可引起呼吸系统疾病死亡归因风险的上升, 隔日降温则引起归因风险下降。**结论** 隔日升温增加呼吸系统疾病死亡风险, 且对女性和≥65岁人群影响更大。

关键词: 呼吸系统疾病; 隔日温差; 分布滞后非线性模型; 归因风险

中图分类号: R122 文献标识码: A 文章编号: 2096-5087 (2024) 10-0842-06

Effect of temperature changes between neighboring days on mortality risk of respiratory diseases

LI Shufen¹, NI Zhisong¹, CHENG Chuanlong¹, ZUO Hui¹, LIANG Kemeng¹, SONG Sihao¹, XI Rui¹, YANG Shuxia², CUI Feng², LI Xiujun¹

1. Department of Biostatistics, School of Public Health, CheeLoo College of Medicine, Shandong University, Jinan, Shandong 250012, China; 2. Zibo Center for Disease Control and Prevention, Zibo, Shandong 255026, China

Abstract: Objective To investigate the impact of temperature changes between neighboring days (TCN) on the mortality risk of respiratory diseases, so as to provide the evidence for the study of deaths from respiratory diseases caused by climate change. **Methods** The monitoring data of deaths from respiratory diseases in Zibo City from 2015 to 2019 were collected from Shandong Provincial Management Information System for Chronic Diseases and Cause of Death Surveillance. The meteorological and air pollutant data of the same period were collected from China Meteorological Data Website and ChinaHighAirPollutants dataset. The effect of TCN on the risk of deaths from respiratory diseases was examined using a generalized additive model combined with a distributed lag non-linear model, and subgroup analyses for gender and age were conducted. The disease burden attributed to TCN at different intervals was assessed by calculating attributable fraction. **Results** Totally 11 767 deaths from respiratory diseases were reported in Zibo City from 2015 to 2019, including 6 648 males (56.50%) and 5 119 females (43.50%). There were 1 307 deaths aged <65 years (11.11%), and 10 460 deaths aged 65 years and older (88.89%). A monotonically increasing exposure-response relationship was observed between TCN and deaths from respiratory diseases in the general population, females, and the popula-

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2024.10.004

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2023YFC2604400)

作者简介: 李树芬, 硕士研究生在读, 公共卫生专业

通信作者: 李秀君, E-mail: xjli@sdu.edu.cn

tion aged 65 years and older. The 95th percentile of TCN (P_{95} , 3.84 °C) reached the peak at a cumulative lagged of day 11 ($RR=2.063$, $95\%CI$: 1.261–3.376). The results of subgroup analyses showed greater impacts on females and the population aged 65 years and older, with cumulative lagged effects peaking at day 12 ($RR=3.119$, $95\%CI$: 1.476–6.589) and day 11 ($RR=2.107$, $95\%CI$: 1.260–3.523). The results of attributional risk analysis showed that next-day warming might increase the attributable risk of deaths from respiratory diseases, and next-day cooling might decrease the attributable risk. **Conclusion** Next-day warming may increase the mortality risk of respiratory diseases, and has greater impacts on females and the population aged 65 years and older.

Keywords: respiratory diseases; temperature changes between neighboring days; distributed lag non-linear model; attributable fraction

呼吸系统疾病是我国居民死亡的主要原因之一^[1]，具有气象敏感性，其发病与死亡风险随非适宜温度的出现^[2-3]、短期温度波动而变化^[4-6]。隔日温差（temperature changes between neighboring days, TCN）是相邻两日的日均气温差异^[7]，已有研究报道TCN与呼吸系统疾病死亡存在关联，但对死亡风险的影响可能因温差、幅度、地理位置及季节变化而不同^[8-9]。本研究收集山东省淄博市2015—2019年每日呼吸系统疾病死亡资料和同期气象资料，建立分布滞后非线性模型（distributed lag non-linear model, DLNM）分析TCN对呼吸系统疾病死亡风险的影响及滞后效应，为应对气候变化导致的呼吸系统疾病死亡负担提供依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源

2015年1月1日—2019年12月31日山东省淄博市每日呼吸系统疾病死亡资料来源于山东省慢病、死因监测综合管理信息系统。根据《疾病和有关健康问题的国际统计分类（第十次修订本）》（ICD-10），收集编码为J00~J99的呼吸系统疾病死亡病例资料，包括性别、年龄、出生日期、死亡日期和根本死因等。同期气象资料来源于中国气象数据网站（<http://data.cma.cn>），包括日均气温、日均相对湿度等。同期空气污染物资料来源于中国高分辨率高质量近地表空气污染物数据集（<https://weijingrs.github.io/product.html>），包括可吸入颗粒物（PM₁₀）、细颗粒物（PM_{2.5}）、二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）、一氧化碳（CO）和臭氧（O₃）等^[10-13]。

1.2 方法

1.2.1 TCN 计算

TCN为当日的日均气温减去前一日的日均气温。TCN为正值表示隔日升温，TCN为负值表示隔日降温。

1.2.2 模型构建

采用R 4.1.3软件dlm和mgcv软件包构建模

型。由于每日呼吸系统疾病死亡人数服从近似Poisson分布，本研究选择Quasi-Poisson作为连接函数控制过度离散，采用广义相加模型结合DLNM评估TCN对呼吸系统疾病死亡的暴露-反应关系^[14]。为避免变量间共线性问题，对气象变量与空气污染物变量进行相关性检验，若变量间相关性强（相关系数的绝对值>0.8）^[5]，则不纳入模型。模型加入自然立方样条函数控制日均气温、日均相对湿度及空气污染物的非线性影响，并进一步控制长期趋势和季节性因素、星期几效应和节假日效应。模型表达式如下：

$$\log[E(Y_t)] = \alpha + \beta TCN_{t,l} + ns(Temp, \nu) + ns(Rhu, \nu) + ns(Pollutants, \nu) + ns(Time, 4*5) + DOW + Holiday$$

式中， Y_t 为第 t 天呼吸系统疾病死亡人数； α 为截距； $TCN_{t,l}$ 为TCN与滞后时间的交叉基矩阵； β 为交叉系数； l 为滞后时间（d）； $ns()$ 为自然立方样条函数； ν 为自由度； $Temp$ 为日均气温； Rhu 为日均相对湿度； $Pollutants$ 为空气污染物； $Time$ 为控制长期趋势与季节性的时间变量； DOW 为星期几效应； $Holiday$ 为节假日效应。

根据相关性分析结果，PM_{2.5}、SO₂、NO₂3种空气污染物纳入模型。根据广义赤池信息准则和相关研究，确定TCN最长滞后时间为14 d，日均气温、日均相对湿度和空气污染物的 ν 均为3，长期趋势和季节性的 ν 为4^[15]。本研究选择不存在TCN（即TCN为0 °C）作为参照^[16]，从单日滞后（lag0~lag14）与累积滞后（lag1~lag14）2个维度分析滞后效应。

1.2.3 亚组分析

研究人群按照性别（男性、女性）和年龄（<65岁、≥65岁）进行亚组分析^[17]，探讨不同亚组人群呼吸系统疾病死亡风险与TCN的关系。采用Z检验分析亚组间的效应是否存在差异^[18]，计算公式如下：

$$Z = \frac{\beta_1 - \beta_2}{\sqrt{SE_1^2 - SE_2^2}}$$

式中, β_1 和 β_2 为 2 个亚组的效应估计值, SE_1 和 SE_2 分别为 β_1 和 β_2 的标准误。

1.2.4 归因风险分析

采用向后视角方法评估不同 TCN 区间造成的归因风险。以 TCN 的第 5 百分位数 (P_5)、0 °C、第 95 百分位数 (P_{95}) 作为组间界值, 将 TCN 划分为强降温 (≤ -4.97 °C)、弱降温 ($> -4.97 \sim < 0$ °C)、弱升温 ($> 0 \sim < 3.84$ °C) 和强升温 (≥ 3.84 °C)。归因分值 (attributable fraction, AF) 表示第 t 日的死亡风险是前一段时间 TCN 暴露效应的累加, 计算公式参考文献 [19]。

2 结果

2.1 基本情况

2015—2019 年淄博市共报告呼吸系统疾病死亡 11 767 例, 其中男性 6 648 例, 占 56.50%; 女性 5 119 例, 占 43.50%。<65 岁 1 307 例, 占 11.11%; ≥ 65 岁 10 460 例, 占 88.89%。TCN 为 (0 ± 2.80) °C, 隔日升温最高为 8.26 °C, 隔日降温最高为 17.96 °C。呼吸系统疾病每日死亡例数呈季节性分布, 冬季死亡例数增加, 夏季相对减少。TCN 在冬春季波动相对较大, 夏季波动相对较小。

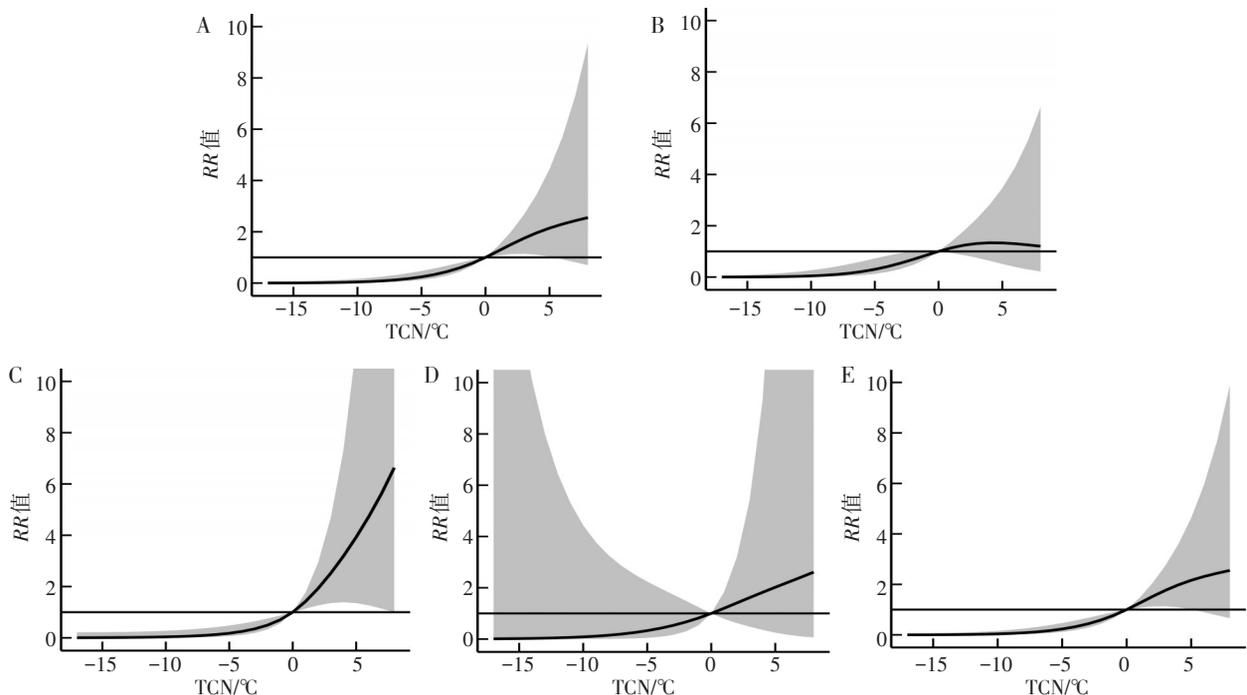
2.2 TCN 与呼吸系统疾病死亡风险的关系

TCN 与呼吸系统疾病死亡风险的暴露-反应关系呈单调递增趋势, 隔日降温降低人群呼吸系统疾病死亡风险, 而隔日升温增加人群呼吸系统疾病死亡风险, P_{95} TCN (3.84 °C) 暴露时 RR 值为 1.918 (95%CI: 1.119~3.289)。不同亚组人群的分析结果显示, 与男性相比, 女性对隔日升温的变化更为敏感, TCN 对女性呼吸系统疾病死亡风险的暴露-反应曲线呈“J”型。TCN 对 <65 岁人群呼吸系统疾病死亡风险的效应无统计学意义, 对 ≥ 65 岁人群呼吸系统疾病死亡风险的效应与总人群类似。见图 1。

2.3 P_{95} TCN 对呼吸系统疾病死亡风险的效应

P_{95} TCN 对总人群呼吸系统疾病死亡风险效应在当日达到峰值 (RR=1.100, 95%CI: 1.033~1.171), 且显著效应可持续至第 8 天。 P_{95} TCN 对呼吸系统疾病死亡风险的累积滞后效应均有统计学意义, 且效应随滞后时间增加而增加, 在累积滞后 11 d 时达到峰值 (RR=2.063, 95%CI: 1.261~3.376)。见图 2。

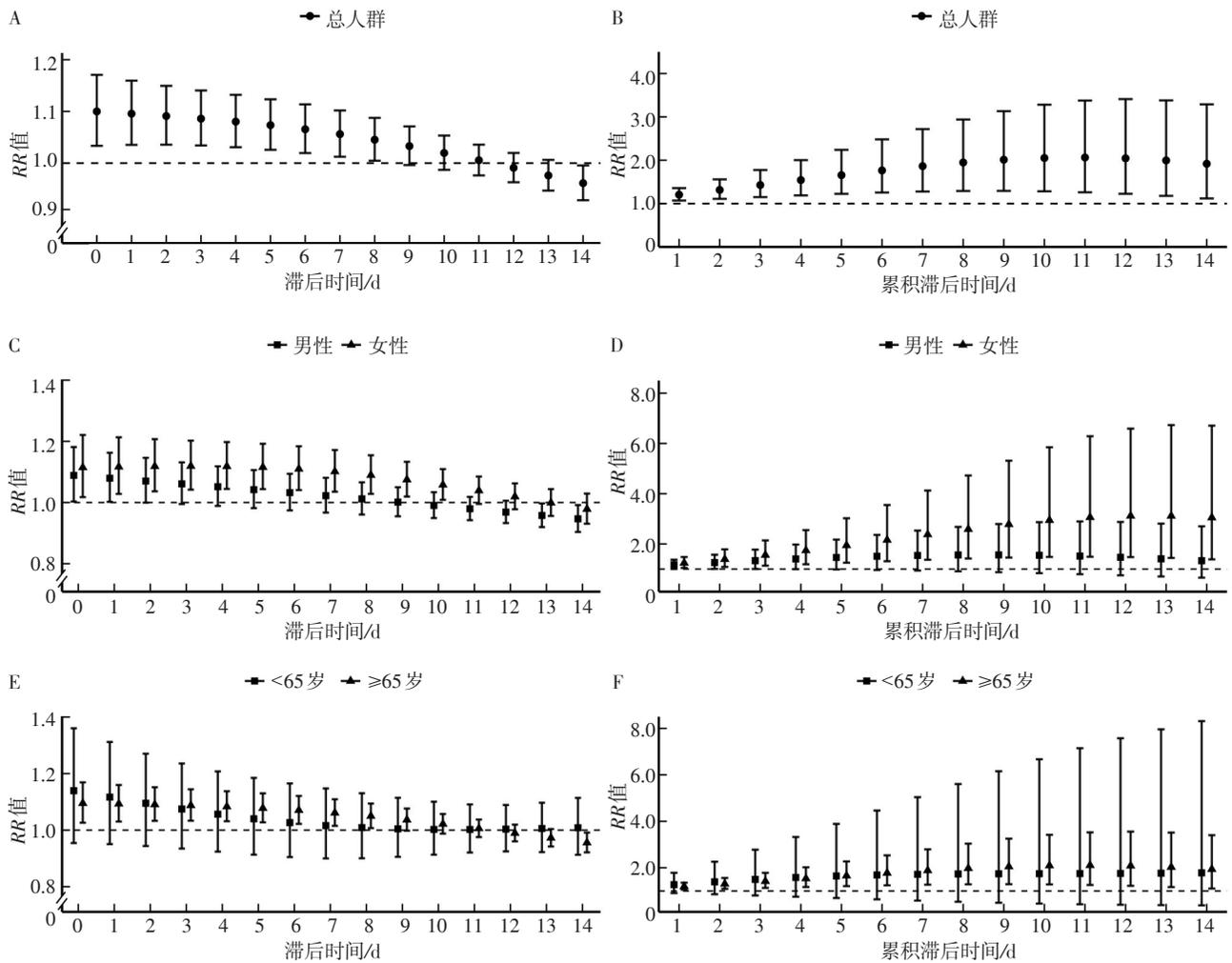
P_{95} TCN 对女性呼吸系统疾病死亡风险的效应在滞后 3 d 时达到峰值 (RR=1.120, 95%CI: 1.042~1.202), 其累积滞后效应在 12 d 时达到峰值 (RR=3.119, 95%CI: 1.476~6.589)。 P_{95} TCN 对男性呼吸系统疾病死亡风险的效应仅在当日 (RR=1.089, 95%CI: 1.003~1.181) 和滞后 1 d 时 (RR=1.079, 95%CI: 1.002~1.163) 有统计学意义。见图 2。



注: A为总人群; B为男性; C为女性; D为<65岁; E为≥65岁。

图 1 TCN 对每日呼吸系统疾病死亡人数的影响

Figure 1 Effect of TCN on daily deaths from respiratory diseases



注：A、C、E为单日滞后 (lag0~lag14)；B、D、F为累积滞后 (lag1~lag14)。

图 2 P_{95} TCN 对不同人群呼吸系统疾病死亡风险的滞后和累积效应

Figure 2 Lagged effects of high levels of TCN on the mortality risk of respiratory diseases in different populations

P_{95} TCN 对<65 岁人群呼吸系统疾病死亡风险效应无统计学意义，对≥65 岁人群的效应在当日有统计学意义 ($RR=1.095$, $95\%CI: 1.026\sim 1.169$)，其累积滞后效应在 11 d 时达到峰值 ($RR=2.107$, $95\%CI: 1.260\sim 3.523$)。见图 2。年龄亚组 ($Z=-0.092$, $P=0.927$) 和性别亚组 ($Z=-1.531$, $P=0.126$) 间的效应差异均无统计学意义。

2.4 不同 TCN 区间对呼吸系统疾病死亡的归因风险

归因风险分析结果显示，相较于 TCN 为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，弱升温、强升温导致归因风险增加，而弱降温、强降温则导致归因风险降低，其中弱降温的影响最大 ($AF=-20.063\%$, $95\%CI: -32.705\%\sim -8.923\%$)。亚组分析结果显示，女性 ($AF=22.280\%$, $95\%CI: 8.422\%\sim 33.876\%$) 和 ≥65 岁人群 ($AF=14.837\%$, $95\%CI: 4.495\%\sim 24.321\%$) 对弱升温更敏感。见表 1。

表 1 不同 TCN 区间对呼吸系统疾病死亡的归因风险

Table 1 Attributable risk of respiratory diseases mortality caused by TCN across different intervals

组别	AF 值 (95%CI) %			
	强降温	弱降温	弱升温	强升温
总人群	-13.157 (-20.354~-6.876)	-20.063 (-32.705~-8.923)	14.571 (4.899~23.527)	3.767 (0.102~7.153)
男性	-12.192 (-21.963~-4.064)	-14.726 (-30.229~-1.358)	7.914 (-6.853~20.263)	1.381 (-4.067~6.075)
女性	-14.725 (-25.995~-5.657)	-27.546 (-47.864~-10.345)	22.280 (8.422~33.876)	6.560 (1.485~10.936)
<65 岁	-9.920 (-32.695~-4.990)	-15.500 (-52.977~11.924)	12.461 (-21.356~35.459)	3.467 (-8.851~12.011)
≥65 岁	-13.585 (-21.314~-6.987)	-20.662 (-33.324~-8.866)	14.837 (4.495~24.321)	3.801 (-0.069~7.245)

3 讨论

本研究评估了 TCN 与呼吸系统疾病死亡的关系, 以年龄和性别进行亚组分析, 探讨不同区间 TCN 导致的归因风险。结果显示, TCN 与呼吸系统疾病死亡风险的暴露-反应关系呈单调增长趋势, 隔日升温可引起死亡风险增加, 隔日降温引起死亡风险和归因风险的降低, 尤其弱降温的影响最大; P_{95} TCN 对呼吸系统疾病死亡的影响具有即时效应, 在暴露当日死亡风险最高, 对女性和 ≥ 65 岁人群影响更大。

隔日升温增加呼吸系统疾病死亡风险, 与既往研究结果^[5, 7]一致。机体依赖生理机制适应环境温度的变化, 但短期内温度剧烈的波动可能超出机体的适应能力, 从而引发支气管痉挛、降低免疫力, 进而导致呼吸系统疾病发病和死亡风险增加^[20]。隔日降温可能降低呼吸系统疾病死亡风险, 与 TCN 的相关研究结果^[5]一致。但一项在澳大利亚布里斯班开展的研究显示, 温度骤降与死亡率升高有关^[6]。这种差异可能是由于不同地区的生活方式、气候条件及个体适应环境的能力不同。目前对于隔日降温的保护作用机制尚不明确, 仍有待进一步探索。

亚组分析结果显示, P_{95} TCN 对女性和 ≥ 65 岁人群呼吸系统疾病死亡的滞后效应值分别高于男性和 < 65 岁人群, 与 TCN 既往研究结果^[5]一致。此外, 归因风险结果也提示 TCN 对女性和 ≥ 65 岁人群影响更大。与男性相比, 女性对温度变化的适应能力较弱, 更容易受到周围环境温度变化的影响。与 < 65 岁人群相比, ≥ 65 岁人群受 TCN 的影响更大, 这可能是由于随着年龄的增长, 机体生理调节能力及温度适应能力逐渐下降, 对温度变化更敏感^[17], 因此应采取针对性措施降低温度变化对女性和 ≥ 65 岁人群的健康危害。

不同区间 TCN 的归因风险分析结果显示, 隔日升温导致呼吸系统疾病归因风险增加, 隔日降温则引起归因风险下降, 其中弱降温和弱升温的影响较大。这可能与不同区间 TCN 的分布比例有关, 1年内弱降温和弱升温的暴露天数更多, 影响也更为突出。

相关部门应密切关注 TCN 变化, 及时发布预警信息, 实施有针对性的干预措施, 减少潜在的健康风险。本研究可能存在生态学谬误, 研究中只分析了 TCN 对呼吸系统疾病死亡风险的影响, 未能完全考虑温度变化对健康效应的影响。

参考文献

- [1] 中国疾病预防控制中心慢性非传染性疾病预防控制中心. 中国死因监测数据集 (2021) [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2022.
- [2] CHEN R J, YIN P, WANG L J, et al. Association between ambient temperature and mortality risk and burden: time series study in 272 main Chinese cities [J/OL]. *BMJ*, 2018, 363 [2024-09-06]. <https://doi.org/10.1136/bmj.k4306>.
- [3] 谷少华, 金永高, 陆蓓蓓, 等. 2013—2018年宁波市高温热浪致超额死亡风险评价 [J]. *预防医学*, 2021, 33 (9): 897-901, 905.
- [4] 谷少华, 陆蓓蓓, 王永, 等. 高温健康风险预警的气象指标研究 [J]. *预防医学*, 2022, 34 (8): 803-808, 815.
- [5] XIAO Y, MENG C Z, HUANG S L, et al. Short-term effect of temperature change on non-accidental mortality in Shenzhen, China [J/OL]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18 (16) [2024-09-06]. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168760>.
- [6] GUO Y M, BARNETT A G, YU W W, et al. A large change in temperature between neighbouring days increases the risk of mortality [J/OL]. *PLoS One*, 2011, 6 (2) [2024-09-06]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016511>.
- [7] ZHAN Z Y, ZHAO Y, PANG S J, et al. Temperature change between neighboring days and mortality in United States: a nationwide study [J]. *Sci Total Environ*, 2017, 584/585: 1152-1161.
- [8] ZHA Q W, CHAI G R, ZHANG Z G, et al. Impact of temperature changes between neighboring days on cardiovascular disease hospital admissions among suburban farmers in Qingyang, Northwest China [J]. *Int J Biometeorol*, 2022, 66 (6): 1233-1245.
- [9] TIAN P P, LU H W, XUE Y X. Characterization of temperature difference between the neighboring days in China and its potential driving factors [J]. *Int J Climatol*, 2019, 39 (12): 4659-4668.
- [10] WEI J, LI Z Q, LI K, et al. Full-coverage mapping and spatiotemporal variations of ground-level ozone (O_3) pollution from 2013 to 2020 across China [J/OL]. *Remote Sens Environ*, 2022, 270 [2024-09-06]. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112775>.
- [11] WEI J, LI Z Q, LYAPUSTIN A, et al. Reconstructing 1-km-resolution high-quality $PM_{2.5}$ data records from 2000 to 2018 in China: spatiotemporal variations and policy implications [J/OL]. *Remote Sens Environ*, 2021, 252 [2024-09-06]. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112136>.
- [12] WEI J, LI Z Q, WANG J, et al. Ground-level gaseous pollutants (NO_2 , SO_2 , and CO) in China: daily seamless mapping and spatiotemporal variations [J]. *Atmos Chem Phys*, 2023, 23 (2): 1511-1532.
- [13] WEI J, LI Z Q, XUE W, et al. The China high PM_{10} dataset: generation, validation, and spatiotemporal variations from 2015 to 2019 across China [J/OL]. *Environ Int*, 2021, 146 [2024-09-06]. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106290>.
- [14] GASPARRINI A. Modeling exposure-lag-response associations with distributed lag non-linear models [J]. *Stat Med*, 2014, 33 (5): 881-899.

参考文献

- [1] 董彦会, 陈力, 刘婕妤, 等. 1985—2019年中国7~18岁儿童青少年超重与肥胖的流行趋势及预测研究[J]. 中华预防医学杂志, 2023, 57(4): 461-469.
- [2] OSES M, MARGARETO SANCHEZ J, PORTILLO M P, et al. Circulating miRNAs as biomarkers of obesity and obesity-associated comorbidities in children and adolescents: a systematic review [J/OL]. *Nutrients*, 2019, 11(12) [2024-08-13]. <https://doi.org/10.3390/nu11122890>.
- [3] 赵栋, 黄李春, 苏丹婷, 等. 浙江省农村学生营养改善计划地区中小学生学习肥胖类型与血脂的关系[J]. 中国学校卫生, 2024, 45(3): 414-418.
- [4] FLORES-DORANTES M T, DIAZ-LOPEZ Y E, GUTIERREZ-AGUILAR R. Environment and gene association with obesity and their impact on neurodegenerative and neurodevelopmental diseases [J/OL]. *Front Neurosci*, 2020, 14 [2024-08-13]. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00863>.
- [5] 黄董伊, 洪晓敏, 蒋琦, 等. 广东省儿童青少年不同时间段睡眠不足与超重肥胖的关系研究[J]. 华南预防医学, 2024, 50(2): 104-108, 114.
- [6] 中华人民共和国卫生部. 学生健康检查技术规范: GB/T 26343—2010 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [7] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 学龄儿童青少年超重与肥胖筛查: WS/T 586—2018 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [8] 赵栋, 顾炜, 苏丹婷, 等. 2021年浙江省中小学生学习超重与肥胖现状及影响因素分析[J]. 中国公共卫生, 2024, 40(2): 181-185.
- [9] 中华人民共和国国家卫生健康委疾病预防控制局. 中国居民营养与慢性病状况报告(2020年) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2020.
- [10] 李国星, 杨翠平, 温守营, 等. 濮阳市中小学生学习超重肥胖现状及影响因素分析[J]. 实用预防医学, 2024, 31(4): 432-435.
- [11] 修丽, 王志强, 张昱堃, 等. 安徽省中小学生学习含糖饮料摄入情况及与超重肥胖的关联[J]. 中国学校卫生, 2022, 43(11): 1729-1732.
- [12] 和红, 张琳梓, 王攀, 等. 青少年自我评价体重对心理健康的影响——基于CEPS 2014—2015年的实证分析[J]. 中国卫生政策研究, 2022, 15(6): 30-38.
- [13] 高雷, 孟佳, 李娟娟, 等. 浙江省7~22岁学生超重肥胖现状调查[J]. 预防医学, 2021, 33(12): 1215-1219.
- [14] MALIK V S, HU F B. The role of sugar-sweetened beverages in the global epidemics of obesity and chronic diseases [J]. *Nat Rev Endocrinol*, 2022, 18(4): 205-218.
- [15] HU H, SONG J, MACGREGOR G A, et al. Consumption of soft drinks and overweight and obesity among adolescents in 107 countries and regions [J/OL]. *JAMA Netw Open*, 2023, 6(7) [2024-08-13]. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.25158>.
- [16] 黄钦海, 余石群, 陈小敏, 等. 云浮市中小学生学习营养不良状况调查[J]. 预防医学, 2024, 36(5): 402-406.
- [17] MALIK V S, POPKIN B M, BRAY G A, et al. Sugar-sweetened beverages, obesity, type 2 diabetes mellitus, and cardiovascular disease risk [J]. *Circulation*, 2010, 121(11): 1356-1364.
- [18] 林元杰, 徐新茂, 李禾婷, 等. 儿童含糖饮料消费行为与肥胖相关研究进展[J]. 现代预防医学, 2023, 50(20): 3712-3718.
- [19] 陈燕容, 刘言, 薛红妹, 等. 钙、奶及奶制品摄入量与超重肥胖的关系[J]. 卫生研究, 2016, 45(3): 402-408.
- [20] 赵艳, 胡幼芳, 杨梓, 等. 江苏省2~6岁儿童奶及奶制品摄入与体格生长指标的关系研究[J]. 中国妇幼保健, 2019, 34(2): 414-417.

收稿日期: 2024-06-03 修回日期: 2024-08-13 本文编辑: 古兰芳

(上接第846页)

- [15] CHEN F, DENG Z B, DENG Y, et al. Attributable risk of ambient PM₁₀ on daily mortality and years of life lost in Chengdu, China [J]. *Sci Total Environ*, 2017, 581/582: 426-433.
- [16] CHENG J, XU Z W, ZHAO D S, et al. Impacts of temperature change on ambulance dispatches and seasonal effect modification [J]. *Int J Biometeorol*, 2016, 60(12): 1863-1871.
- [17] GAO J J, YU F, XU Z H, et al. The association between cold spells and admissions of ischemic stroke in Hefei, China: modified by gender and age [J]. *Sci Total Environ*, 2019, 669: 140-147.
- [18] ALTMAN D G, BLAND J M. Interaction revisited: the difference between two estimates [J]. *BMJ*, 2003, 326(7382): 219.
- [19] 谷少华, 贺天锋, 陆蓓蓓, 等. 基于分布滞后非线性模型的归因风险评估方法及应用[J]. 中国卫生统计, 2016, 33(6): 959-962.
- [20] CHEN J M, GAO Y, JIANG Y X, et al. Low ambient temperature and temperature drop between neighbouring days and acute aortic dissection: a case-crossover study [J]. *Eur Heart J*, 2022, 43(3): 228-235.

收稿日期: 2024-06-17 修回日期: 2024-09-06 本文编辑: 古兰芳