

文章编号: 2096-1618(2023)02-0174-07

变温对阜南地区循环系统疾病的影响

宋雨润^{1,2}, 曾胜兰^{1,2}, 王式功^{1,2}, 钟 垚^{1,2}

(1. 成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都 610225; 2. 成都信息工程大学气象灾害预测预警工程实验室, 四川 成都 610225)

摘要:为探究阜南地区循环系统疾病住院人数与变温的关系,选取2013–2016年阜南县逐日循环系统疾病住院人数资料及同期气象要素资料,采用分布滞后非线性模型与广义相加模型,在控制长期趋势、季节趋势和其他混杂因素后,分析变温对循环系统疾病住院人数的影响。研究表明:(1)阜南地区循环系统疾病高发期为春季,夏季住院人数最少。(2)日最高/最低气温24 h变温与循环系统疾病住院人数累积暴露–反应关系分别呈“U”型、“J”型分布,变温绝对值越高,相对危险度(RR)越高。正变温对循环系统疾病的影响主要表现为即时效应,负变温表现出一定的滞后性。日最高气温24 h变温为11.6 °C滞后3 d后RR达到最大值1.28(95% CI:1.15,1.43),日最低气温24 h变温为10.5 °C在滞后1 d时,RR达到最大1.45(95% CI:1.20,1.74)。(3)气温升高和降低均能增加阜南地区居民循环系统疾病发病风险,正变温对疾病发病率的影响更强。女性和老年人对变温反应更敏感,在高正变温下患病风险更高。

关键词:应用气象; 医疗气象; 变温; 循环系统疾病; 分布滞后非线性模型

中图分类号: P49

文献标志码: A

doi: 10.16836/j.cnki.jcuit.2023.02.008

0 引言

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》(简称“十四五”规划)指出,要全面推进健康中国建设,要把保障人民健康放在优先发展的战略位置,坚持预防为主的方针。IPCC第五次报告指出,在全球气候变暖的背景下,高温热浪、寒潮、洪水、干旱等极端天气气候事件频发,可直接或间接影响人体健康^[1–4],气象要素对人体健康的影响越来越受人们重视。循环系统由心脏、血管和调节血液循环的神经体液装置组成,主要包括心脏和血管方面的疾病,常见的有缺血性心脏病(冠心病)、脑梗死、脑出血、高血压等。循环系统疾病作为典型的天气敏感性疾病,其发病率、死亡率与气象条件密不可分^[5–8]。

高温和低温均会对心血管疾病的死亡率造成影响,但低温的影响更持久、更大^[7]。与极端低温相比,中度寒冷发生天数更多,引起的心血管疾病死亡人数更多,未来需要进一步关注中度寒冷对人体健康的影响^[9–10]。陈美池等^[11]指出,兰州市日均气温<10 °C时,每降低1 °C,滞后3 d时,因心血管疾病而发生入院

治疗的超额危险度最大达2.55% (RR 95% CI:0.9552 ~ 0.9938)。流行病学研究发现,气温突变和极端气温都会对人体健康造成影响^[11–12],相邻日气温变化(TCN)与气温日较差(DTR)作为反映气温波动的常用指标,常用于分析温度变化对疾病死亡率的影响。谭玉龙等^[13]研究发现DTR>15 °C时,缺血性心脑血管疾病的相对风险剧烈升高,并有明显的即时效应。Guo等^[14]发现,正TCN每升高3 °C,心血管疾病死亡率增加35.3% (95% CI:3.3%,77.2%),负TCN每降低3 °C,心血管疾病死亡率增加25.2% (95% CI:13.3%,38.6%),按年龄分组研究,老年人更易受到温度变化的影响。Ma等^[15]得到相似的结论,指出老年人更易受到负变温的影响,正变温主要增加中青年患者冠心病的发病风险。

关于TCN的研究,其研究对象多为呼吸系统疾病^[16–18],或地点集中于北方城市^[15],对中国南方城市的研究较少,且多以相邻两天的平均气温为指标^[19],分析TCN与疾病发病率的关系。一项关于美国106个社区的研究发现,TCN与疾病死亡率的关系因地区和季节的不同而不同^[20]。对此,本文以阜南县为例,研究日最高气温24 h变温(Maximum temperature change between neighboring days, MaxTCN)与日最低气温24 h变温(Minimum temperature change between neighboring days, MinTCN)对循环系统疾病不同人群

收稿日期:2022-02-14

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41505122);国家重点研发计划资助项目(2018YFC0214003);国家重点研发计划课题资助项目(2018YFC0214002);四川省科技支撑资助项目(2015GZ0238);四川省重大科技专项资助项目(2018SZDX0023)

发病的影响,筛选敏感气象要素建立预报模型,不仅能为促进当地合理的开展健康气候疗养提供科学依据,也可对目前医学气象学的研究进行补充。

1 资料与方法

1.1 资料

疾病资料来自安徽省阜南县7个乡镇2013–2016年住院资料,根据国际疾病分类标准第10版(ICD-10),筛选出循环系统疾病资料(编码:I00~I99)共计53371例。

气象资料为同期逐日最高气温(℃),最低气温(℃),最高气压(hPa),最低气压(hPa),最小相对湿度(%),最大风速(m/s)等气象要素。

1.2 方法

利用R软件(4.0.2版本)中的“dlnm”与“mgcv”包进行分析,由于循环系统疾病住院人数及气象要素数据为非正态分布,因此在进行相关性研究时,采用Spearman秩相关。循环系统疾病住院人数相对于阜南县常住总人口为小概率事件,因此采用Poisson分布统计学分析。利用基于Poisson回归模型的DLNM(分布滞后非线性模型)构建交叉基函数,将其带入GAM(广义相加模型),并且控制住院人数的时间长期趋势、星期效应和其他气象因素等混杂因素后,建立如下模型^[21]:

$$\ln(E(Y_t)) = \alpha + \beta X_t + \text{NS}(\text{time}, df) + \text{NS}(X_t, df) + \text{DOW}$$

式中: Y_t 为住院人数,其分布近似于Poisson分布, α 为截距,time为时间趋势,NS是自然样条立方函数, X_t 为影响因子, β 为系数,Dow为星期效应。

使用相对危险度RR(relative risk)来评估气象要素对循环系统疾病住院人数的影响,RR>1表明暴露使该事件发生风险增加^[22]。根据DLNM求得回归系数 β ,RR计算公式如下:

$$\text{RR} = \exp(\beta \times \Delta X_j)$$

式中, ΔX_j 是影响因子的变化量。

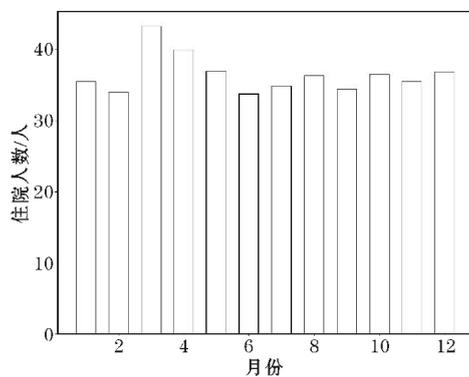
2 结果与分析

2.1 描述性统计

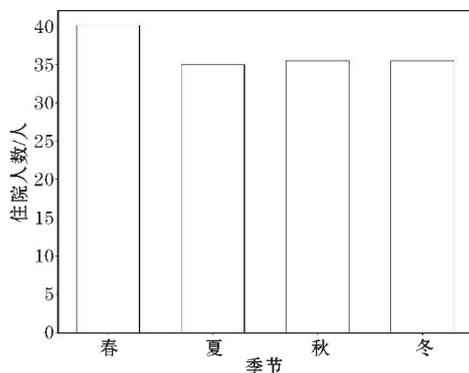
资料来自安徽省阜南县7个乡镇2013年1月1日–2016年12月31日疾病资料,共计53371例住院

患者的疾病信息,其中男性25600人,女性27771人,≤40岁人数为1773人,40~60岁(中年)共14357人,>60岁(老年)人数有37241人,可见循环系统疾病发病人群主要为老年人,占住院人数的69.78%,中年人次之,占住院人数的26.90%。

由时间分布特征可见(图1),住院人数逐月分布呈现“多峰型”变化,主要高峰期在3月、8月、10月、12月,冷暖空气波动频繁、季节交替的月份住院人数较多。季节变化中,春季日均住院人数最多,春季应重点防控循环系统疾病发病。由表1可知,2013–2016年阜南地区日住院人数最大值为88例,最小值为2例,日平均住院人数为36.53例,女性平均住院人数(19.01)多于男性(17.52),女性住院人数占总住院人数的50.69%,老年平均住院人数达25.45例,中年平均住院人数为9.83例。最高气温24h变温(MaxTCN)范围可达-13.5℃~11.6℃,最低气温24h变温(MinTCN)变化范围为-9.6℃~10.5℃,而气温的剧烈变化会使得循环系统疾病患者负担增加^[23]。正变温时,气温升高使得人体出汗量增加,容易导致血液黏稠,易引起心脑血管疾病患者复发;负变温易使人体血管收缩、血压增高,同时在寒冷刺激下,儿茶酚胺分泌增加,易使血小板聚集而形成血栓,引发循环系统疾病^[24]。



(a) 逐月分布特征



(b) 季节分布特征

图1 2013–2016年阜南县不同时间尺度循环系统疾病日均住院人数分布特征

表1 2013-2016年阜南县循环系统疾病住院人数与气象要素的描述性分析

变量	平均值	最小值	最大值	百分位		
				25%	50%	75%
全人群	36.53	2.00	88.00	29.00	36.00	43.00
男性	17.52	0.00	44.00	13.00	17.00	21.00
女性	19.01	0.00	49.00	15.00	19.00	23.00
老年	25.45	2.00	63.00	20.00	25.00	31.00
中年	9.83	0.00	26.00	7.00	10.00	12.00
最高气压/hPa	1014.63	994.00	1044.10	1005.90	1014.70	1022.60
最低气压/hPa	1009.81	989.40	1038.60	1001.80	1009.30	1017.30
最高气温/℃	20.96	-2.40	39.90	12.70	22.10	28.90
最低气温/℃	11.89	-11.60	29.20	3.70	12.70	19.80
最小相对湿度/%	54.35	9.00	99.00	40.00	54.00	68.00
最大风速/(m/s)	4.50	1.70	11.30	3.30	4.20	5.40
最高气压24 h 变压/hPa	0.00	-12.00	19.00	-2.13	-0.20	1.90
最低气压24 h 变压/hPa	0.00	-13.20	19.90	-1.90	0.00	1.80
最高气温24 h 变温/℃	0.00	-13.50	11.60	-1.93	0.10	1.90
最低气温24 h 变温/℃	0.00	-9.60	10.50	-1.60	0.10	1.70

由各气象要素与住院人数的相关性(表2)可见,最高气温、最低气温、最大风速和最高/低气压24 h 变压与住院人数呈负相关;最高气压、最低气压、最小相对湿度和最高/低气温24 h 变与住院人数呈正相关,其中最高气温24 h 变温和最低气温24 h 变温与循环系统疾病住院人数之间的相关性均有统计学意义($P < 0.05$),且均呈显著正相关,表明24 h 变温幅度越大,其对循环系统疾病发病的影响越大,其中老年住院人数与最高气温24 h 变温、最低气温24 h 变温相关系数最大,分别为0.117、0.075,全人群相关系数次之,分别为0.102、0.075。

表2 循环系统疾病住院人数与气象因子相关关系

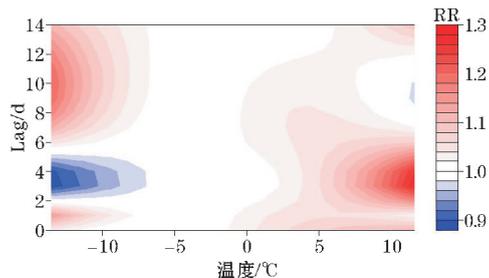
参数	住院人数	男性	女性	老年
最高气压	0.028	0.023	0.025	-0.009
最低气压	0.039	0.032	0.034	0.005
最高气温	-0.019	0.003	-0.034	0.034
最低气温	-0.042	-0.028	-0.043	-0.002
最小相对湿度	0.021	-0.014	0.042	-0.002
最大风速	-0.008	0.006	-0.017	-0.005
最高气压24 h 变压	-0.034	-0.019	-0.039	-0.046
最低气压24 h 变压	-0.026	-0.011	-0.032	-0.039
最高气温24 h 变温	0.102**	0.087**	0.079**	0.117**
最低气温24 h 变温	0.075**	0.061*	0.069**	0.075**

注:**和*分别表示通过显著性水平 $\alpha=0.01$ 和 $\alpha=0.05$ 的显著性检验。

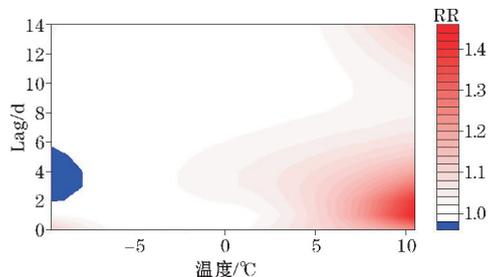
2.2 24 h 变温对循环系统疾病的影响

基于 MaxTCN 和 MinTCN 与各人群住院人数均呈显著相关,下面对 MaxTCN 和 MinTCN 对循环系统疾病住院人数的影响进行 DLNM 建模分析。疾病对气象要素的敏感性存在滞后效应^[25],且一般一个完整的天气过程时长约为1~2周,故考虑累积滞后0~14 d。

图2描述了阜南地区2013-2016年 MaxTCN 与 MinTCN 对循环系统疾病住院人数的累积滞后效应。MaxTCN 相对危险度(RR)波动范围为0.87~1.28, MinTCN 相对危险度波动范围为0.96~1.45。正 MaxTCN 主要在滞后0~6 d 诱发额外的循环系统疾病发病风险,最大 RR 出现在11.6℃ 滞后3 d 时,为1.28(95% CI:1.15,1.43),而负 MaxTCN 引发高 RR 的主要出现在滞后6~14 d,负 MaxTCN 最大 RR 出现在-13.5℃ 滞后10 d,为1.20(95% CI:1.08,1.31);最低气温升高对循环系统疾病发病率有较大的影响,且有明显的即时效应,最大 RR 出现在10.5℃,滞后1 d,RR 为1.45(95% CI:1.20,1.74),负 MinTCN 最大 RR 出现在-9.6℃ 滞后0 d,为1.12(95% CI:0.99,1.27)。



(a) MaxTCN



(b) MinTCN

图2 MaxTCN 和 MinTCN 对循环系统疾病住院人数的累积滞后效应

MaxTCN 和 MinTCN 与循环系统疾病住院人数累积暴露-反应关系分别呈“U”型、“J”型分布(图3)。变温值分别为 $-4.09\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-5.41\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,相对风险最小,以此为临界点,相邻两日气温增加或降低均会使得RR增加。正 MinTCN 的RR上升程度大于负 MinTCN 的RR。可见循环系统疾病对正变温更加敏感,气温骤变会引起疾病发病率、死亡率的增加,这与其他地区的研究一致^[13, 15]。

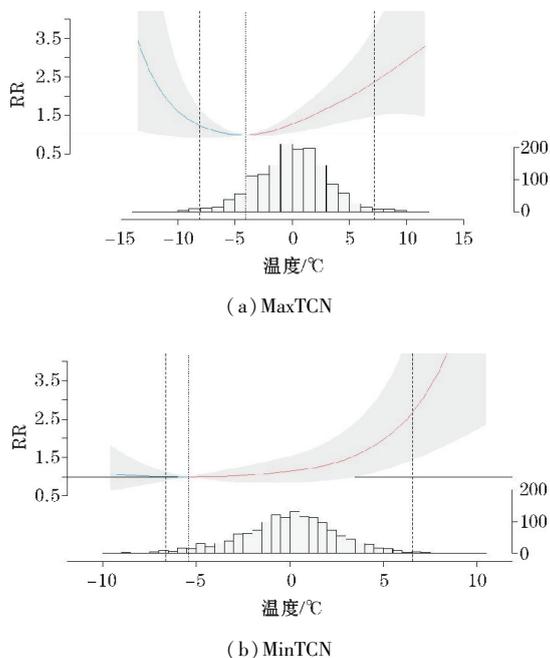
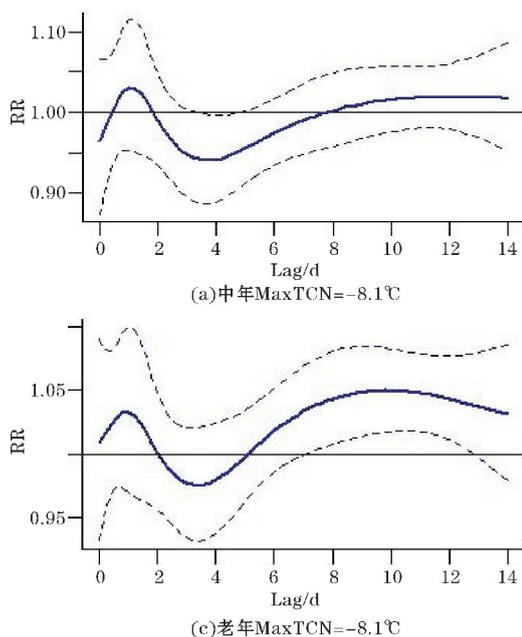


图3 MaxTCN 和 MinTCN 对循环系统疾病住院人数的累积暴露-反应关系



2.3 24 h 变温对不同人群循环系统疾病的影响

以 MaxTCN 与 MinTCN 的第1百分位数和第99百分位数为例,对年龄、性别进行分层,分别分析极端变温对不同人群循环系统疾病发病率的影响。由于主要发病人群集中于中老年群体,年龄段分析主要对中年(40~60岁)和老年(>60岁)人群进行分析。MaxTCN 第1百分位数和第99百分位数分别为 $-8.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $7.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,MinTCN 的分别为 $-6.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $6.54\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

图4~5为不同滞后天数下极端 MaxTCN 和 MinTCN 对不同年龄群体循环系统疾病发病情况的影响,可见正变温对两类人群循环系统疾病的影响更强烈,RR 更高。中年群体的RR随滞后天数增加呈现双峰变化的特征,正变温的RR更高,MaxTCN 正变温在当天有较高的RR,随后快速下降再上升,约在第4 d达到最大值,随后RR逐渐降低,正 MinTCN 的RR最大值约出现在第2 d,随后逐渐降低(图4b,图5b);中年群体对负变温的响应主要表现为即时效应,负 MaxTCN 在滞后1 d达到最大值,负 MinTCN 在滞后0 d达到最大,随后RR降低(图4a,图5a)。老年人对气温变化更加敏感,正/负 MaxTCN 与 MinTCN 的RR较中年群体更高,MaxTCN 的RR随滞后天数增加呈现双峰特征,正变温有较强的即时效应,正 MaxTCN 与正 MinTCN 的RR分别在滞后第3 d和第1 d达到最大值(图4d,图5d);老年群体对负变温的响应除即时效应外还有一定的滞后效应,RR分别在滞后第10 d和第0 d达到最大值(图4c,图5c)。

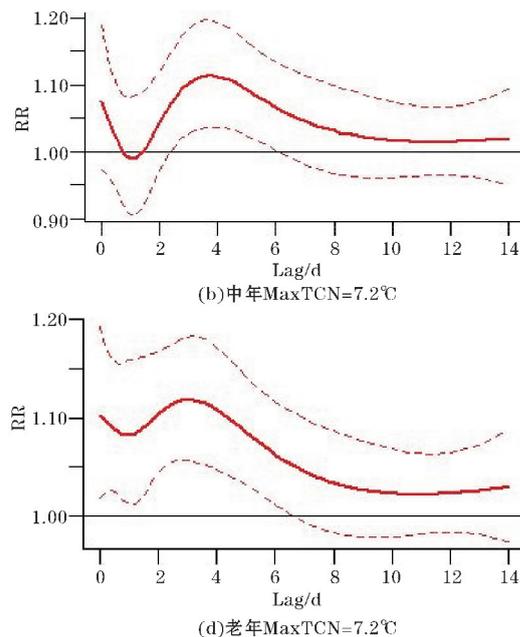


图4 不同滞后天数下 MaxTCN 对住院人数影响

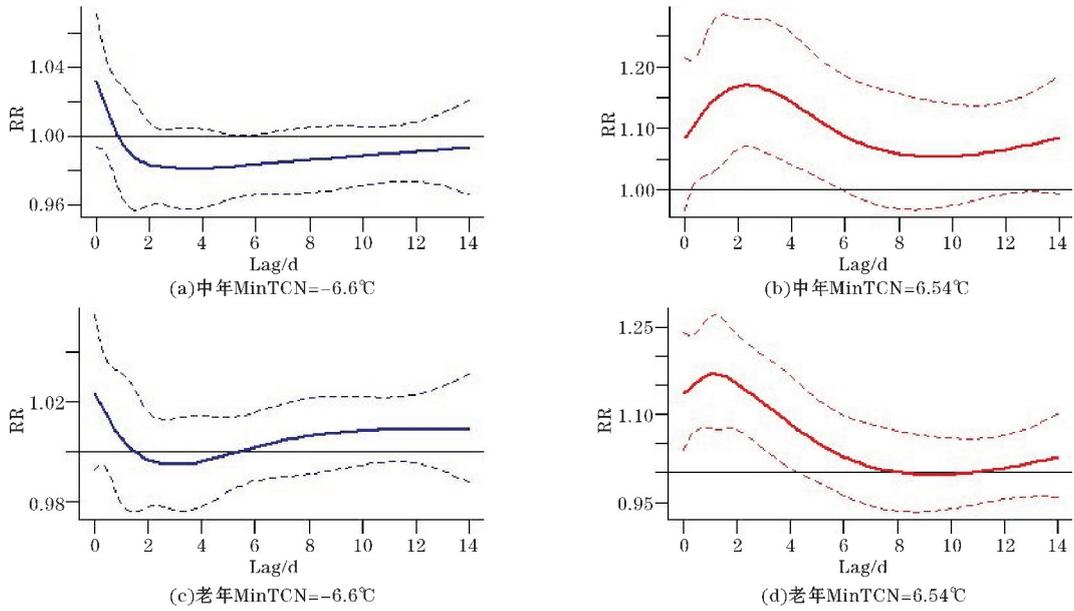


图5 不同滞后天数下 MinTCN 对住院人数影响

表3总结了不同人群的最大RR。就性别而言,女性RR更高,男性女性均主要受正变温的影响,且均为即时效应,其中MinTCN为6.54℃时,二者最大RR分别可达1.147(95%CI:1.053,1.249)和1.184(95%CI:1.099,1.275)。就年龄而言,中年、老年群体RR较全人群RR更高,分别在滞后2d、1d达1.168(95%CI:1.068,1.278)、1.168(95%CI:1.076,1.268),即时效应更明显。整体而言,循环系统疾病对正变温更敏感,其中女性和老年群体更易受到气温升高的影响。就MaxTCN和MinTCN对不同人群的影响而言,正Max-

TCN最大RR基本出现在滞后3~4d,女性和老年群体RR更高,分别为1.118(95%CI:1.054,1.185)和1.118(95%CI:1.057,1.182),说明这两类人对气温升高更为敏感。最低气温的上升或下降对各人群的影响主要为即时效应,最大RR基本在滞后0~2d出现,但正MinTCN对循环系统疾病发病率的影响更为强烈,如MinTCN为6.54℃滞后1d,全人群RR=1.16(95%CI:1.08,1.246),女性更易受正MinTCN的影响,最大RR=1.184(95%CI:1.099,1.275)。

表3 MaxTCN和MinTCN对不同人群循环系统疾病发病率的影响

RR	滞后 天数/d	MaxTCN		滞后 天数/d	MinTCN	
		-8.1℃	7.2℃		-6.6℃	6.54℃
全人群	lag1	1.024(0.969,1.081)	1.054(0.994,1.118)	lag0	1.023(0.997,1.05)	1.127(1.043,1.217)
	lag3	0.968(0.931,1.006)	1.111(1.058,1.166)	lag1	1.003(0.981,1.026)	1.16(1.08,1.246)
	lag10	1.04(1.012,1.068)	1.022(0.984,1.062)	lag10	1.002(0.99,1.014)	1.017(0.965,1.072)
男性	lag1	1.053(0.988,1.123)	1.07(0.997,1.148)	lag0	1.037(1.006,1.069)	1.103(1.006,1.209)
	lag3	0.97(0.926,1.016)	1.104(1.042,1.17)	lag1	1.006(0.979,1.033)	1.147(1.053,1.249)
	lag10	1.042(1.009,1.076)	1.023(0.978,1.071)	lag10	1.003(0.989,1.017)	0.997(0.936,1.061)
女性	lag1	0.997(0.933,1.065)	1.04(0.968,1.117)	lag0	1.01(0.978,1.042)	1.15(1.048,1.263)
	lag3	0.965(0.921,1.011)	1.118(1.054,1.185)	lag2	0.987(0.968,1.008)	1.184(1.099,1.275)
	lag12	1.042(1.008,1.077)	1.017(0.975,1.06)	lag10	1.001(0.987,1.016)	1.037(0.973,1.105)
中年	lag1	1.03(0.952,1.114)	0.991(0.907,1.082)	lag0	1.032(0.994,1.071)	1.084(0.968,1.215)
	lag4	0.942(0.889,0.997)	1.112(1.037,1.194)	lag2	0.983(0.960,1.008)	1.168(1.068,1.278)
	lag10	1.016(0.976,1.057)	1.017(0.962,1.075)	lag10	0.989(0.971,1.006)	1.054(0.975,1.14)
老年	lag1	1.032(0.97,1.099)	1.083(1.012,1.158)	lag0	1.024(0.993,1.055)	1.135(1.039,1.241)
	lag3	0.977(0.934,1.021)	1.118(1.057,1.182)	lag1	1.005(0.98,1.032)	1.168(1.076,1.268)
	lag10	1.049(1.017,1.082)	1.023(0.979,1.068)	lag10	1.008(0.995,1.022)	0.997(0.938,1.06)

3 结论

主要讨论了阜南县 2013–2016 年变温对循环系统疾病的影响,结论如下:

(1)循环系统疾病住院人数在时间序列分布上呈现一定特点,在季节交替的月份住院人数出现峰值,6 月住院人数出现谷值。从季节分布来看,春秋季节循环系统疾病住院人数最多,夏季住院人数最少。可见其高敏感性阶段为冷热气团交替频繁时期。

(2)对 MaxTCN、MinTCN 与循环系统疾病住院人数的关联进行研究发现,气温升高对循环系统疾病发病率影响较强。阜南地区 MaxTCN 主要在滞后 0~6 d 诱发额外的循环系统疾病发病风险,在 11.6 °C 滞后 3 d 时 RR 达到最大值 1.28 (95% CI: 1.15, 1.43)。MinTCN 对循环系统疾病发病率的影响主要表现为即时效应,MinTCN 为 10.5 °C,滞后 1 d 时,RR 达到最大 1.45 (95% CI: 1.20, 1.74)。

(3)MaxTCN 和 MinTCN 对阜南地区循环系统疾病住院人数有显著影响,与循环系统疾病住院人数累积暴露-反应关系分别呈“U”型、“J”型分布,变温值分别为 -4.09 °C, -5.41 °C 时 RR 最小。气温升高对循环系统疾病发病率的影响更大,与其他研究结论相对应^[20, 26]。对年龄和性别进行分层研究发现,在强变温情况下,女性和老年人循环系统疾病 RR 更高,循环系统疾病发病率受正变温的影响更强。

参考文献:

- [1] Giorgi F, Field C, Barros V. IPCC Climate Change 2013: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Key findings and lessons learned; proceedings of the Egu General Assembly Conference[C]. F, 2014.
- [2] Berko J, Ingram D D, Saha S, et al. Deaths attributed to heat, cold, and other weather events in the United States, 2006–2010 [J]. National Health Stats Reports, 2014, 2014(76): 1–15.
- [3] Azhar G S, Mavalankar D, Nori-Sarma A, et al. Heat-related mortality in India: excess all-cause mortality associated with the 2010 Ahmedabad heat wave[J]. PLoS ONE, 2014, 9(3): e91831.
- [4] Chan E Y Y, Ho J Y, Hung H H Y, et al. Health impact of climate change in cities of middle-income countries; the case of China [J]. British Medical Bulletin, 2019, 130(1): 5–24.
- [5] Ce, Wang, Lan, et al. The impact of ambient particulate matter on hospital outpatient visits for respiratory and circulatory system disease in an urban Chinese population[J]. Science of the Total Environment, 2019, 666: 672–679.
- [6] Gao H, Lan L, Yang C, et al. The Threshold Temperature and Lag Effects on Daily Excess Mortality in Harbin, China: A Time Series Analysis [J]. The International Journal of Occupational and Environmental Medicine, 2017, 8(2): 85–95.
- [7] Yang J, Yin P, Zhou M, et al. Cardiovascular mortality risk attributable to ambient temperature in China [J]. Heart, 2015, 101(24): 1966–1972.
- [8] 代玉田, 于凤英, 常平, 等. 德州市高血压发病气象条件与预报模式 [J]. 气象与环境学报, 2012, 28(5): 79–82.
- [9] Zhang Y, Fan X, Zhang X, et al. Moderately cold temperature associates with high cardiovascular disease mortality in China [J]. Air Quality Atmosphere & Health, 2019, 12(2): 1225–1235.
- [10] Zhang Y, Wang S, Zhang X, et al. Mortality Risk Attributed to Ambient Temperature in Nanjing, China [J]. Biomedical & Environmental Sciences Bes, 2019, 32(1): 42–46.
- [11] 陈美池, 牛静萍, 阮焯, 等. 兰州市日均气温与心血管疾病日入院人次的时间序列研究 [J]. 环境与健康杂志, 2014, 31(5): 391–394.
- [12] Zheng S, Zhu W, Wang M, et al. The effect of diurnal temperature range on blood pressure among 46,609 people in Northwestern China [J]. Science of The Total Environment, 2020, 730: 138987.
- [13] 谭玉龙, 尹岭, 王式功, 等. 不同地区温度变化对缺血性心脑血管疾病影响的比较研究 [J]. 气象与环境学报, 2019, 35(3): 94–99.
- [14] Guo P, Zheng M, Feng W, et al. Effects of ambient temperature on stroke hospital admissions: Results from a time-series analysis of 104,432 strokes in Guangzhou, China [J]. Science of the Total Environment, 2017, 580: 307–315.
- [15] Ma P, Zhang Y, Wang X, et al. Effect of diurnal temperature change on cardiovascular risks differed under opposite temperature trends [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2021, 28(29): 39882–39891.
- [16] 付桂琴, 刘华悦, 贾俊妹. 石家庄地区气温对慢

- 性阻塞性肺病住院人数的影响[J]. 气象与环境学报, 2017, 33(2): 101-106.
- [17] 刘华悦, 付桂琴, 王洁. 石家庄市气象要素对成人哮喘住院人数的影响[J]. 气象与环境学报, 2019, 35(5): 137-143.
- [18] Lei X, Liu L, Chen R, et al. Temperature changes between neighboring days and childhood asthma: a seasonal analysis in Shanghai, China[J]. International Journal of Biometeorology, 2020, 65(6): 827-836.
- [19] Vicedo-Cabrera A M, Bertil F, Aurelio T, et al. Associations of Inter-and Intraday Temperature Change With Mortality[J]. American Journal of Epidemiology, 2016, 183(4): 286-293.
- [20] Zhan Z, Zhao Y, Pang S, et al. Temperature change between neighboring days and mortality in United States: A nationwide study[J]. Science of the Total Environment, 2017(2): 584-585.
- [21] Gasparrini A, Armstrong B, Kenward M G. Distributed lag non-linear models[J]. Statistics in Medicine, 2010, 29(21): 2224-2234.
- [22] 赵笑颜, 张渊, 黎檀实, 等. 热指数对阜南地区呼吸系统疾病的影响[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2019, 55(1): 134-140.
- [23] Mohammadi R, Soori H, Alipour A, et al. The impact of ambient temperature on acute myocardial infarction admissions in Tehran, Iran[J]. Journal of Thermal Biology, 2018, 73(8): 24-31.
- [24] 杨正志, 杨利华. 气象因素对老年高血压患者血压的影响[J]. 世界中西医结合杂志, 2009, 4(6): 418-419.
- [25] 乐满. 气象条件和空气污染对遵义市呼吸和循环系统疾病的影响及预测研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2018.
- [26] 马守存, 张书余, 王宝鉴, 等. 气象条件对心脑血管疾病的影响研究进展[J]. 干旱气象, 2011, 29(3): 350-354.

Influence and Prediction of Temperature Change on Circulatory System Diseases in Funan Area

SONG Yurun^{1,2}, ZENG Shenglan^{1,2}, WANG Shigong^{1,2}, ZHONG Yao^{1,2}

(1. College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. Laboratory of Meteorological Disaster Prediction and Early Warning Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: In order to explore the relationship between the number of circulatory diseases hospitalizations and temperature change between neighboring days (TCN) in Funan area, the daily number of circulatory diseases hospitalizations and meteorological elements in the same period in Funan County from 2013 to 2016 were selected. The distributed lag nonlinear model (DLNM) and generalized additive model (GAM) were used to analyze the exposure-response relationship between the meteorological elements and the number of circulatory disease hospitalizations after controlling the factors such as long-term trend, seasonal trend and other confounding factors. The results show that: (1) The high incidence period of circulatory diseases in Funan County is spring, and the number of hospitalizations is the least in summer. (2) The relationship between the maximum/minimum temperature change between neighboring days (MaxTCN/MinTCN) and the cumulative exposure-response of the number of circulatory disease hospitalizations showed “U” and “J” distribution respectively. The higher the absolute value of TCN, the higher the relative risk (RR). The influence of positive TCN on circulatory system diseases is mainly immediate effect, while negative TCN shows a certain lag. The daily maximum temperature for 24 hours is 11.6 °C and the daily minimum temperature for 24 hours is 10.5 °C. After a lag of 3 days, the RR reaches the maximum value of 1.28 (95% CI 1.15, 1.43), and the daily minimum temperature reaches 10.5 °C. When the lag is 1 day, the RR reaches the maximum of 1.45 (95% CI 1.20, 1.74). (3) Both the increase and decrease of temperature can increase the risk of circulatory diseases in Funan County, and the positive TCN has a stronger impact on the incidence rate of diseases. Women and the elderly are more sensitive to temperature changes and have a higher risk of developing the disease under high positive temperatures.

Keywords: applied meteorology; medical meteorology; temperature change; circulatory diseases; distributed lag nonlinear model (DLNM)