

昼夜温差和相对湿度与汕头市居民急性心肌梗死之间的关联性分析

宋子翊^{1,2} 徐光兴³ 冀艳虎¹ 李丽萍^{1,2}

¹汕头大学公共卫生学院, 汕头 515041; ²汕头大学医学院伤害预防研究中心, 汕头 515041; ³汕头市疾病预防控制中心, 汕头 515041

宋子翊和徐光兴对本文有同等贡献

通信作者: 李丽萍, Email: lpli@stu.edu.cn

【摘要】 目的 分析汕头市气象条件对急性心肌梗死(AMI)患者死亡的影响和人群易感性, 为当地医疗卫生系统提供防治 AMI 的科学依据。方法 收集 2015 年 1 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日汕头市居民死因监测数据库中因 AMI 死亡的人群数据, 利用分布滞后非线性模型分析昼夜温差和相对湿度对 AMI 死亡的影响及滞后效应。结果 研究期间汕头市因 AMI 死亡 13 932 人, 男女性别比为 1.3:1, 高昼夜温差暴露和低相对湿度暴露与 AMI 死亡之间存在显著关联, 单日滞后效应均在滞后 2 d 时出现并达到最大($RR=1.019$, $95\%CI: 1.000\sim 1.039$; $RR=1.018$, $95\%CI: 1.003\sim 1.034$); 累计滞后效应均在滞后 0~14 d 时达到最大($RR=1.199$, $95\%CI: 1.025\sim 1.401$; $RR=1.279$, $95\%CI: 1.117\sim 1.465$)。≥75 岁老年人和女性是高昼夜温差暴露和低相对湿度暴露条件下的易感人群。结论 昼夜温差和相对湿度与汕头市 AMI 死亡之间存在显著关联, 其影响有明显的滞后性。女性和 ≥75 岁老年人均为高昼夜温差和低相对湿度暴露条件下的易感人群。

【关键词】 急性心肌梗死; 分布滞后非线性模型; 昼夜温差; 相对湿度

基金项目: 汕头市居民死亡模式与环境、经济及人口的关系研究(200608145268321)

Analysis of the association between diurnal temperature difference and relative humidity and myocardial infarction in Shantou residents

Song Ziyi^{1,2}, Xu Guangxing³, Ji Yanhu¹, Li Liping^{1,2}

¹School of Public Health, Shantou University, Shantou 515041, China; ²Center for Injury Prevention Research, School of Medicine, Shantou University, Shantou 515041, China; ³Shantou Center for Disease Control and Prevention, Shantou 515041, China

Song Ziyi and Xu Guangxing contributed equally to the article

Corresponding author: Li Liping, Email: lpli@stu.edu.cn

【Abstract】 **Objective** To analyze the effect of meteorological conditions on mortality and population susceptibility of patients with acute myocardial infarction (AMI) in the Shantou area and to provide a scientific basis for the local public health system to prevent AMI. **Methods** The AMI mortality data recorded in the resident cause of death surveillance database of Shantou from January 1, 2015, to December 31, 2020, were collected and the distribution lag nonlinear model was used to analyze the diurnal temperature range (DTR) and relative humidity (RH) on AMI mortality and the lag effect. **Results** There were 13 932 deaths due to AMI in Shantou during the study period, with a male-to-female sex ratio of 1.3 : 1. There was a significant association between high

DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20230404-00217

收稿日期 2023-04-04 本文编辑 张婧

引用格式: 宋子翊, 徐光兴, 冀艳虎, 等. 昼夜温差和相对湿度与汕头市居民急性心肌梗死之间的关联性分析[J]. 中华流行病学杂志, 2023, 44(10): 1622-1627. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20230404-00217.

Song ZY, Xu GX, Ji YH, et al. Analysis of the association between diurnal temperature difference and relative humidity and myocardial infarction in Shantou residents[J]. Chin J Epidemiol, 2023, 44(10): 1622-1627. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20230404-00217.



diurnal temperature difference exposure and low RH exposure and AMI deaths, with both single-day lag effects appearing and reaching a maximum at lag 2 day ($RR=1.019$, $95\%CI: 1.000-1.039$; $RR=1.018$, $95\%CI: 1.003-1.034$); the cumulative lag effect was all maximal at lag 0-14 day ($RR=1.199$, $95\%CI: 1.025-1.401$; $RR=1.279$, $95\%CI: 1.117-1.465$). The elderly (≥ 75 years) and female populations were susceptible to high DTR exposure and low RH exposure conditions. **Conclusions** There was a significant association between DTR and RH and mortality of AMI in Shantou with a significant lag in their effects. Both female and elderly populations ≥ 75 years old were susceptible populations under high DTR and low RH exposure conditions.

【Key words】 Acute myocardial infarction; Distribution lag nonlinear model; Diurnal temperature range; Relative humidity

Fund program: Research on the Relationship between Death Patterns of Residents in Shantou City and Environment, Economy, and Population (200608145268321)

急性心肌梗死(AMI)是因冠状动脉急性、持续性缺血缺氧所引起的心肌坏死,是一种发病率和死亡率都较高的心血管急症^[1]。据 WHO 预测,中国的 AMI 患者数将从 2010 年的 800 万增长至 2030 年的 2 300 万^[2]。AMI 致死的影响因素多且复杂,如吸烟^[3]、大气污染^[4]、焦虑情绪^[5]等均为生活中常见的影响因素。既往研究表明,环境因素如极端温度也会影响 AMI 的发病^[6-7]。一般认为,气候的变化会使人体的生理条件更容易受到影响,使人体的自我调节能力减弱,从而增加 AMI 的患病和死亡风险^[8]。国内外研究发现,高温和低温均是 AMI 死亡的影响因素,不同地区的环境气温对 AMI 的影响各不相同^[9-13]。然而,现有对于气象因子与 AMI 关联的研究大多集中在环境温度方面,而关于昼夜温差和相对湿度对 AMI 影响的研究相对缺乏。本研究旨在探讨亚热带湿润地区的汕头市昼夜温差和相对湿度与 AMI 死亡之间的关联,并识别相应的敏感人群,为当地医疗卫生系统防治 AMI 提供科学依据。

资料与方法

1. 资料来源:收集 2015 年 1 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日汕头市居民死因监测数据库中因 AMI 死亡的人群数据,死因资料包括死者的根本死因、性别、年龄、家庭住址、《国际疾病分类》第十版(ICD-10)编码与死亡日期等。AMI 死亡资料的提取根据 ICD-10 确定(I21~I22)。

2. 气象和空气污染数据:研究期间的气象数据包括日均温度($^{\circ}C$)、日最高温度($^{\circ}C$)、日最低温度($^{\circ}C$)、相对湿度($\%$)、降雨量(mm)、日照时长(h)、风速(m/s)和气压(hPa)来自于中国气象数据共享服务网。昼夜温差定义为当日最高温度与最低温

度之差^[14]。同期的每日空气污染数据包括 $PM_{2.5}$ 、 NO_2 和 SO_2 来自于汕头市环保局。

3. 统计学分析:利用 Spearman 秩相关分析气象因素、大气污染物各因素彼此之间的相关性。为降低共线性,相关系数 >0.7 的因素不纳入同一模型。本研究中日均温度与气压呈现高度相关,因此两者不纳入同一模型。昼夜温差和相对湿度模型中,在控制了空气污染物、长期趋势、星期几效应、节假日效应以及其他的气象因素(日均温度、日均风速、日均日照时长、日均降雨量)后,采用分布滞后非线性模型(DLNM)分析昼夜温差和相对湿度与 AMI 死亡之间的关系。

昼夜温差模型:

$$Y_t \sim \text{Poisson}(\mu_t)$$

$$\log(\mu_t) = \alpha + \beta DTR_{t,d} + ns(PM_{2.5},3) + ns(O_3,3) + ns(time,7) + ns(temp,3) + ns(wind,3) + ns(sunshine,3) + ns(rain,3) + DOW + Holiday$$

相对湿度模型:

$$Y_t \sim \text{Poisson}(\mu_t)$$

$$\log(\mu_t) = \alpha + \beta RH_{t,d} + ns(PM_{2.5},3) + ns(O_3,3) + ns(time,7) + ns(temp,3) + ns(wind,3) + ns(sunshine,3) + ns(rain,3) + DOW + Holiday$$

式中, t 为观察日, Y_t 为每日 AMI 死亡人数, α 为截距, ns 为自然立方样条函数。 $DTR_{t,d}$ 与 $RH_{t,d}$ 为利用 DLNM 构建的交叉基,在昼夜温差与相对湿度的暴露和滞后维度均使用自由度=3 的自然立方样条函数拟合。利用自由度=3 控制空气污染物与气象因素的混杂效应。 DOW 为分类变量,表示星期几效应。 $Holiday$ 为二分类变量,表示节假日效应。分别以昼夜温差和相对湿度的中位数作为参考,将 P_5 定义为低暴露, P_{95} 定义为高暴露。参照既往研究并基于最小赤池信息准则,确定本研究最大滞后天数为 14 d,并进一步计算不同滞后天数下昼夜温差和相对湿度的单日及累计滞后效应。所有分析采

用 R 软件进行,其中 DLNM 软件包用于建立昼夜温差与相对湿度模型。双侧检验,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

结 果

1. 一般情况:2015–2020 年汕头市因 AMI 死亡 13 932 人,男女性别比为 1.3:1。在因 AMI 死亡人群中,≥75 岁占 56.2% (7 823 人), <65 岁占 23.1% (3 224 人)。2015–2020 年汕头市的日均气温、日均昼夜温差、日均相对湿度、日均降水量、日均日照时长、日均风速和日均气压分别为 23.6 °C、6.1 °C、76.1%、4.2 mm、5.6 h、3.5 m/s 和 1 013.2 hPa。大气污染物 PM_{2.5}、SO₂、NO₂ 的日均浓度分别为 25.4 μg/m³、10.8 μg/m³、19.0 μg/m³。

2. 昼夜温差和相对湿度对 AMI 死亡的影响:以昼夜温差的高暴露与中位数比较,昼夜温差的单日滞后效应在滞后 2 d 时出现并达到最大 ($RR=1.019$, $95\%CI: 1.000\sim 1.039$), 且效应一直持续至滞后 6 d ($RR=1.014$, $95\%CI: 1.000\sim 1.028$), 而累计滞后效应从滞后 0~5 d ($RR=1.116$, $95\%CI: 1.007\sim 1.236$) 一直持续至滞后 0~14 d 并达到最大 ($RR=1.199$, $95\%CI: 1.025\sim 1.401$)。以相对湿度的低暴露与中位数比较,相对湿度的单日滞后效应同样在滞后 2 d 时开始,出现并达到最大 ($RR=1.018$, $95\%CI: 1.003\sim 1.034$), 且效应一直持续至滞后 12 d ($RR=1.016$, $95\%CI: 1.002\sim 1.031$), 而累计滞后效应从滞后 0~

3 d ($RR=1.076$, $95\%CI: 1.003\sim 1.154$) 持续至滞后 0~14 d 并达到最大 ($RR=1.279$, $95\%CI: 1.117\sim 1.465$)。见表 1, 2。

3. 不同昼夜温差和相对湿度暴露对不同亚组 AMI 滞后效应的影响:高昼夜温差暴露和低相对湿度暴露对女性及 ≥75 岁人群均有显著影响。高昼夜温差暴露对女性及 ≥75 岁人群 AMI 致死率的影响在滞后 3 d 时达到最大;低相对湿度暴露也仅在女性和 ≥75 岁人群发现显著效应。提示女性和 ≥75 岁年龄组在高昼夜温差暴露和低相对湿度暴露的条件下均更加易感。见表 3。

讨 论

本研究利用 DLNM 探讨我国汕头市昼夜温差和相对湿度与 AMI 之间的关联,结果显示,高昼夜温差暴露会显著增加 AMI 的死亡风险,这与一项调查昼夜温差暴露和血清钙含量对 AMI 死亡率影响的研究结果一致^[15]。既往研究表明,温度变化是 AMI 的重要影响因素^[16-17],冬季温差增大会显著增加 AMI 的致死率^[18],还有一些研究也指出室内外的温度变化也与 AMI 的发病相关^[19-20]。但目前关于昼夜温差和温度变化对 AMI 死亡影响的研究较缺乏,昼夜温差导致 AMI 死亡风险的原因尚不明确,推测可能的机制是环境温度改变与人体血脂、纤维蛋白原、血糖水平呈负相关,温度降低时引起动脉

表 1 不同滞后天数昼夜温差与相对湿度对急性心肌梗死死亡的单日效应 [RR 值 ($95\%CI$)]

滞后天数(d)	昼夜温差		相对湿度	
	低暴露	高暴露	低暴露	高暴露
0	0.982(0.955~1.010)	1.022(0.990~1.054)	1.020(0.994~1.046)	0.976(0.942~1.011)
1	0.985(0.964~1.007)	1.020(0.995~1.046)	1.019(0.999~1.039)	0.982(0.955~1.010)
2	0.988(0.971~1.005)	1.019(1.000~1.039) ^a	1.018(1.003~1.034) ^a	0.989(0.967~1.010)
3	0.991(0.977~1.004)	1.018(1.003~1.033) ^a	1.017(1.005~1.030) ^a	0.994(0.977~1.012)
4	0.993(0.982~1.005)	1.016(1.004~1.029) ^a	1.016(1.005~1.028) ^a	1.000(0.984~1.016)
5	0.996(0.984~1.008)	1.015(1.002~1.028) ^a	1.016(1.004~1.028) ^a	1.004(0.987~1.021)
6	0.998(0.986~1.011)	1.014(1.000~1.028) ^a	1.015(1.003~1.028) ^a	1.007(0.989~1.025)
7	1.000(0.987~1.014)	1.012(0.998~1.027)	1.015(1.002~1.028) ^a	1.009(0.990~1.028)
8	1.003(0.989~1.016)	1.011(0.997~1.025)	1.015(1.002~1.028) ^a	1.009(0.991~1.027)
9	1.004(0.992~1.017)	1.010(0.996~1.023)	1.015(1.003~1.027) ^a	1.008(0.991~1.025)
10	1.006(0.995~1.018)	1.008(0.996~1.021)	1.015(1.004~1.026) ^a	1.005(0.989~1.021)
11	1.008(0.996~1.020)	1.007(0.994~1.019)	1.016(1.004~1.028) ^a	1.002(0.986~1.018)
12	1.009(0.996~1.023)	1.005(0.990~1.020)	1.016(1.002~1.031) ^a	0.998(0.979~1.017)
13	1.011(0.994~1.028)	1.004(0.985~1.022)	1.017(0.998~1.036)	0.993(0.969~1.018)
14	1.012(0.991~1.034)	1.002(0.979~1.026)	1.017(0.994~1.041)	0.989(0.958~1.020)

注:^a $P<0.05$

表 2 不同滞后天数昼夜温差与相对湿度对急性心肌梗死死亡的累计效应[RR 值(95%CI)]

滞后天数(d)	昼夜温差		相对湿度	
	低暴露	高暴露	低暴露	高暴露
0	0.982(0.955~1.010)	1.022(0.990~1.054)	1.020(0.994~1.046)	0.976(0.942~1.011)
0~1	0.968(0.921~1.017)	1.042(0.985~1.103)	1.039(0.993~1.087)	0.958(0.900~1.021)
0~2	0.956(0.895~1.021)	1.062(0.986~1.145)	1.058(0.996~1.123)	0.947(0.872~1.030)
0~3	0.947(0.876~1.023)	1.081(0.990~1.180)	1.076(1.003~1.154) ^a	0.942(0.854~1.040)
0~4	0.940(0.863~1.025)	1.099(0.998~1.211)	1.094(1.012~1.182) ^a	0.942(0.844~1.050)
0~5	0.936(0.854~1.026)	1.116(1.007~1.236) ^a	1.111(1.023~1.207) ^a	0.945(0.841~1.063)
0~6	0.935(0.849~1.029)	1.131(1.016~1.259) ^a	1.128(1.034~1.231) ^a	0.952(0.841~1.077)
0~7	0.935(0.845~1.034)	1.145(1.025~1.279) ^a	1.145(1.045~1.255) ^a	0.960(0.842~1.094)
0~8	0.937(0.843~1.042)	1.158(1.032~1.299) ^a	1.162(1.055~1.280) ^a	0.968(0.843~1.113)
0~9	0.942(0.843~1.052)	1.169(1.036~1.318) ^a	1.180(1.066~1.306) ^a	0.976(0.842~1.130)
0~10	0.947(0.844~1.064)	1.178(1.039~1.335) ^a	1.198(1.076~1.333) ^a	0.981(0.840~1.145)
0~11	0.955(0.846~1.078)	1.186(1.040~1.352) ^a	1.217(1.088~1.361) ^a	0.982(0.835~1.156)
0~12	0.964(0.849~1.094)	1.192(1.039~1.367) ^a	1.237(1.099~1.391) ^a	0.980(0.826~1.163)
0~13	0.974(0.853~1.114)	1.196(1.034~1.383) ^a	1.257(1.110~1.425) ^a	0.974(0.813~1.166)
0~14	0.986(0.855~1.138)	1.199(1.025~1.401) ^a	1.279(1.117~1.465) ^a	0.963(0.793~1.169)

注:^aP<0.05

表 3 高昼夜温差与低相对湿度暴露对不同亚组人群的影响[RR 值(95%CI)]

类别	滞后天数(d)						
	0	3	7	10	14	0~7	0~14
高昼夜温差							
性别							
男	1.016 (0.973~1.060)	1.013 (0.993~1.033)	1.010 (0.991~1.030)	1.010 (0.993~1.027)	1.011 (0.979~1.044)	1.105 (0.951~1.284)	1.188 (0.961~1.467)
女	1.029 (0.982~1.078)	1.024 (1.002~1.047) ^a	1.015 (0.994~1.037)	1.006 (0.987~1.024)	0.991 (0.957~1.026)	1.198 (1.017~1.412) ^a	1.213 (0.963~1.529)
年龄组(岁)							
<65	1.009 (0.947~1.076)	1.004 (0.974~1.034)	1.002 (0.973~1.031)	1.008 (0.982~1.033)	1.022 (0.974~1.072)	1.032 (0.825~1.291)	1.118 (0.814~1.532)
65~	1.016 (0.948~1.090)	1.020 (0.988~1.054)	1.020 (0.989~1.053)	1.013 (0.986~1.041)	0.998 (0.947~1.052)	1.170 (0.916~1.494)	1.247 (0.884~1.759)
≥75	1.028 (0.985~1.072)	1.022 (1.002~1.043) ^a	1.014 (0.995~1.034)	1.006 (0.990~1.023)	0.995 (0.964~1.026)	1.183 (1.019~1.373) ^a	1.210 (0.982~1.492)
低相对湿度							
性别							
男	1.018 (0.984~1.053)	1.012 (0.996~1.029)	1.009 (0.992~1.027)	1.013 (0.999~1.028)	1.024 (0.992~1.056)	1.104 (0.975~1.250)	1.235 (1.029~1.483) ^a
女	1.022 (0.984~1.061)	1.023 (1.005~1.042) ^a	1.022 (1.003~1.042) ^a	1.018 (1.001~1.034) ^a	1.009 (0.974~1.045)	1.198 (1.045~1.373) ^a	1.331 (1.088~1.630) ^a
年龄组(岁)							
<65	1.041 (0.991~1.093)	1.020 (0.999~1.054)	1.016 (0.989~1.043)	1.008 (0.986~1.031)	1.000 (0.953~1.049)	1.245 (1.038~1.493) ^a	1.299 (0.988~1.715)
65~	1.026 (0.973~1.082)	1.007 (0.981~1.033)	0.994 (0.966~1.023)	1.001 (0.978~1.025)	1.024 (0.973~1.079)	1.055 (0.867~1.284)	1.113 (0.827~1.497)
≥75	1.005 (0.973~1.037)	1.014 (1.000~1.030) ^a	1.023 (1.006~1.040) ^a	1.024 (1.010~1.039) ^a	1.022 (0.990~1.054)	1.124 (1.000~1.265) ^a	1.322 (1.105~1.580) ^a

注:^aP<0.05

内膜损伤,胆固醇沉积,诱发动脉管壁形成血栓^[2],造成 AMI 的发生。本研究还发现低相对湿度暴露

会增加 AMI 死亡的危险度,与日本的研究一致^[11]。已有的研究表明日间平均相对湿度与 AMI 的发病

率存在显著关联^[21-22]。当空气中相对湿度过低时,空气容易吸收来自人体的水分,使之蒸发散热,血液浓缩黏稠,从而增加 AMI 的发生率^[23]。然而,在我国北京市通州区开展的一项研究发现,阴雨天气会显著增加 AMI 发病率^[24];国外也有研究表明,日间平均相对湿度与 AMI 的病死率存在正相关性^[25],与本研究结果不一致,这可能与不同地区的气候条件和地理环境不尽相同,且上述研究考虑了空气污染因子和其他气象因子以及不同的模型计算有关。本研究同时分析了昼夜温差和相对湿度两种气象因素对我国汕头市 AMI 患者病死率的影响,其中可能存在联合作用,既往研究也证明昼夜温差和相对湿度以及其他气象因子存在联合作用,共同影响人群的心血管疾病致死率^[26],这是未来研究的方向之一。

通过对不同人群的分层分析发现,女性和≥75 岁人群是高昼夜温差暴露和低相对湿度暴露下的易感人群,且高昼夜温差暴露对 AMI 的影响存在一定的滞后效应。国外有研究指出,老年人暴露在热和冷环境且滞后时间较长时,可引发炎症因子释放、支气管收缩和气道充血等症状,并通过增加通气和减少黏膜清理从而增加慢性阻塞性肺疾病的易感性,而呼吸系统的感染或炎症可以刺激动脉粥样硬化斑块的生长,促进高凝状态和血栓形成事件的发生^[27],这可能是老年人成为高昼夜温差暴露下 AMI 致死易感人群的原因之一。此外,有研究认为,由于女性不能耐受相对湿度较小的晴热天气,尤其不能耐受相对湿度很小的干热天气^[28],导致女性群体在夏季的非意外死亡率显著上升,使该群体成为低相对湿度暴露条件下的 AMI 致死敏感人群。

本研究存在局限性。首先,本研究只选取了汕头市 AMI 的死亡数据,能否外推有待于进一步的研究;其次,一些 AMI 患者可能因搬迁、未前往医院就医等原因,而未被纳入汕头市居民死因监测数据库,导致研究结果被低估;最后,本研究未考虑如糖尿病等基础疾病造成的混杂因素影响,可能会造成研究结论的偏倚。

综上,汕头市 AMI 死亡与高昼夜温差暴露和低相对湿度暴露有关。研究结果提示在未来的工作中应着重进行对高龄人群、女性等 AMI 高危人群的健康教育,鼓励其在合适的气象条件下出门锻炼,增强身心健康,降低 AMI 死亡的危险度。气象部门可通过提前预报天气变化,便于居民做好相应保护措施和危险人群的特殊看护工作。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 宋子翔、徐光兴:采集数据、文章撰写、统计学分析;冀艳虎:统计学分析、论文修改、研究指导;李丽萍:研究指导、论文修改

参 考 文 献

- 秦明慧, 钱海兵. 中药防治急性心肌梗死的研究进展[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2022, 20(4): 658-662. DOI: 10.12102/j.issn.1672-1349.2022.04.014.
Qin MH, Qian HB. Research progress of Chinese medicine in the prevention and treatment of acute myocardial infarction[J]. Chin J Integr Med Cardio/Cerebrovasc Dis, 2022, 20(4): 658-662. DOI: 10.12102/j.issn.1672-1349.2022.04.014.
- 潘春宇, 钱叶舟, 杨爽. 气候因素对急性心肌梗死的影响相关研究进展[J]. 心血管病学进展, 2021, 42(10): 908-911. DOI: 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2021.10.011.
Pan CY, Qian YZ, Yang S. Effect of climatic factors on acute myocardial infarction[J]. Adv Cardiovasc Dis, 2021, 42(10): 908-911. DOI: 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2021.10.011.
- 陈卫省, 马丽萍. 吸烟对急性心肌梗死影响的研究进展[J]. 心血管病学进展, 2020, 41(9): 907-910. DOI: 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2020.09.005.
Chen WS, Ma LP. Effects of smoking on acute myocardial infarction[J]. Adv Cardiovasc Dis, 2020, 41(9): 907-910. DOI: 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2020.09.005.
- 陈生金, 张志凯, 高宇平. PM_{2.5}与急性心肌梗死风险的研究进展[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2022, 20(24): 4521-4524. DOI: 10.12102/j.issn.1672-1349.2022.24.019.
Chen SJ, Zhang ZK, Gao YP. Research progress on PM_{2.5} and the risk of acute myocardial infarction[J]. Chin J Integr Med Cardio/Cerebrovasc Dis, 2022, 20(24): 4521-4524. DOI: 10.12102/j.issn.1672-1349.2022.24.019.
- 薛慧兰. 急性心肌梗死患者焦虑情绪对心电图的影响分析[J]. 中国医药指南, 2022, 20(33): 73-76. DOI: 10.15912/j.cnki.gocm.2022.33.051.
Xue HL. Analysis of the influence of anxiety on electrocardiogram in patients with acute myocardial infarction[J]. Guide China Med, 2022, 20(33): 73-76. DOI: 10.15912/j.cnki.gocm.2022.33.051.
- Mohammadi R, Khodakarim S, Alipour A, et al. Association between air temperature and acute myocardial infarction hospitalizations in Tehran, Iran: a time-stratified case-crossover[J]. Int J Occup Environ Med, 2017, 8(3): 143-152. DOI: 10.15171/ijoem.2017.1069.
- Radišauskas R, Vaičiulis V, Ustinavičienė R, et al. The effect of atmospheric temperature and pressure on the occurrence of acute myocardial infarction in Kaunas[J]. Medicina, 2013, 49(10): 70. DOI: 10.3390/medicina49100070.
- Dang TAT, Wraith D, Bambrick H, et al. Short-term effects of temperature on hospital admissions for acute myocardial infarction: A comparison between two neighboring climate zones in Vietnam[J]. Environ Res, 2019, 175: 167-177. DOI: 10.1016/j.envres.2019.04.023.
- Huang XQ, Ma WP, Law C, et al. Importance of applying Mixed Generalized Additive Model (MGAM) as a method for assessing the environmental health impacts: Ambient

- temperature and Acute Myocardial Infarction (AMI), among elderly in Shanghai, China[J]. PLoS One, 2021, 16(8):e0255767. DOI:10.1371/journal.pone.0255767.
- [10] Mohammadi R, Soori H, Alipour A, et al. The impact of ambient temperature on acute myocardial infarction admissions in Tehran, Iran[J]. J Therm Biol, 2018, 73: 24-31. DOI:10.1016/j.jtherbio.2018.02.008.
- [11] Higuma T, Yoneyama K, Nakai M, et al. Effects of temperature and humidity on acute myocardial infarction hospitalization in a super-aging society[J]. Sci Rep, 2021, 11(1):22832. DOI:10.1038/s41598-021-02369-x.
- [12] Ravljen M, Hovelja T, Vavpotič D. Immediate, lag and time window effects of meteorological factors on ST-elevation myocardial infarction incidence[J]. Chronobiol Int, 2018, 35(1):63-71. DOI:10.1080/07420528.2017.1381847.
- [13] 陈惠芬, 刘素娟. 急性心肌梗死与气象因子关系初析[J]. 中国当代医药, 2012, 19(19): 189-190, 192. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4721.2012.19.104.
Chen HF, Liu SJ. Preliminary analysis on acute myocardial infarction and meteorological factors[J]. China Mod Med, 2012, 19(19): 189-190, 192. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4721.2012.19.104.
- [14] Royé D, Zarrabeitia MT, Fdez-Arroyabe P, et al. Role of apparent temperature and air pollutants in hospital admissions for acute myocardial infarction in the north of Spain[J]. Rev Esp Cardiol (Engl Ed), 2019, 72(8):634-640. DOI:10.1016/j.rec.2018.07.009.
- [15] Gu XB, Liu DD, Hao N, et al. The synergy between diurnal temperature range and calcium concentration help to predict hospital mortality in patients with acute myocardial infarction[J]. Sci Rep, 2022, 12(1):15527. DOI: 10.1038/s41598-022-18816-2.
- [16] Claeys MJ, Rajagopalan S, Nawrot TS, et al. Climate and environmental triggers of acute myocardial infarction[J]. Eur Heart J, 2017, 38(13): 955-960. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw151.
- [17] Mohammad MA, Koul S, Rylance R, et al. D. Association of weather with day-to-day incidence of myocardial infarction: a SWEDHEART nationwide observational study[J]. JAMA Cardiol, 2018, 3(11): 1081-1089. DOI: 10.1001/jamacardio.2018.3466.
- [18] 王艳君, 王东方, 高妙妮, 等. 气候变化对人类健康影响的研究:IPCC AR6 WG II 的解读[J]. 大气科学学报, 2022, 45(4):520-529. DOI:10.13878/j.cnki.dqkxxb.20220508011.
Wang YJ, Wang DF, Gao MN, et al. The impacts of climate change on human health:interpretation of IPCC AR6 WG II [J]. Trans Atmos Sci, 2022, 45(4):520-529. DOI:10.13878/j.cnki.dqkxxb.20220508011.
- [19] 赵韧, 李毅, 韩雅玲, 等. 不同地域急性 ST 段抬高型心肌梗死患者介入手术量与气温、温差及空气质量相关性分析[J]. 创伤与急危重病医学, 2017, 5(6): 333-337. DOI: 10.16048/j.issn.2095-5561.2017.06.04.
Zhao R, Li Y, Han YL, et al. Correlation between PCI/primary PCI volumes of STEMI patients and air temperature, temperature variation and air quality in different regions of China[J]. Trauma Crit Care Med, 2017, 5(6): 333-337. DOI: 10.16048/j.issn.2095-5561.2017.06.04.
- [20] Claeys MJ, Coenen S, Colpaert C, et al. Environmental triggers of acute myocardial infarction: results of a nationwide multiple-factorial population study[J]. Acta Cardiol, 2015, 70(6): 693-701. DOI: 10.1080/AC.70.6.3120182.
- [21] Fernández-García JM, Díaz OD, Hidalgo JTT, et al. Influencia del clima en el infarto de miocardio en Galicia [Influence of weather in the incidence of acute myocardial infarction in Galicia (Spain)] [J]. Med Clín, 2015, 145(3):97-101. DOI:10.1016/j.medcli.2014.04.020.
- [22] Abrignani MG, Corrao S, Biondo GB, et al. Influence of climatic variables on acute myocardial infarction hospital admissions[J]. Int J Cardiol, 2009, 137(2): 123-129. DOI: 10.1016/j.ijcard.2008.06.036.
- [23] 黄建华, 张琼. 气候因素变化对急性心肌梗死及心力衰竭影响的研究现状[J]. 中国循环杂志, 2015, 30(9):910-912. DOI:10.3969/j.issn.1000-3614.2015.09.020.
Huang JH, Zhang Q. Current status of research on the effects of changing climatic factors on acute myocardial infarction and heart failure[J]. Chin Circ J, 2015, 30(9): 910-912. DOI:10.3969/j.issn.1000-3614.2015.09.020.
- [24] 柳子静, 郭金成, 张海滨, 等. 环境因素对急性心肌梗死发病的影响[J]. 中华全科医学, 2017, 15(4):690-692. DOI: 10.16766/j.cnki.issn.1674-4152.2017.04.044.
Liu ZJ, Guo JC, Zhang HB, et al. Effect of environmental factors on the development of acute myocardial infarction [J]. Chin J Gen Pract, 2017, 15(4):690-692. DOI:10.16766/j.cnki.issn.1674-4152.2017.04.044.
- [25] Cheng J, Su H, Xu ZW, et al. Extreme temperature exposure and acute myocardial infarction: Elevated risk within hours? [J]. Environ Res, 2021, 202: 111691. DOI: 10.1016/j.envres.2021.111691.
- [26] Zhai GY, Zhang K, Zhou WJ, et al. Impact of diurnal temperature range on hospital admissions for cardiovascular disease in Jiuquan, China[J]. Urban Clim, 2021, 38:100915. DOI:10.1016/j.uclim.2021.100915.
- [27] Bunker A, Wildenhain J, Vandenberg A, et al. Effects of air temperature on climate-sensitive mortality and morbidity outcomes in the elderly; a systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence[J]. eBioMedicine, 2016, 6: 258-268. DOI: 10.1016/j.ebiom.2016.02.034.
- [28] 丁海燕, 李丽平, 扈海波, 等. 夏季高温天气类型与人体健康关系初探[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(9):122-128. DOI:10.13448/j.cnki.jalre.2014.09.011.
Ding HY, Li LP, Hu HB, et al. Weather classification in summer of Beijing and its impact on human health[J]. J Arid Land Res Environ, 2014, 28(9): 122-128. DOI: 10.13448/j.cnki.jalre.2014.09.011.