

南京市大气PM₁₀短期暴露对心血管疾病死亡的影响

贾云飞, 陈春静, 王恒学, 唐彦钊, 孙凤霞, 韦丽

南京市疾病预防控制中心环境卫生科, 江苏 南京 210003

摘要:

[背景] PM₁₀ 污染与人群健康关系的研究已经被广泛报道, 大多数研究仅仅关注 PM₁₀ 污染与呼吸系统疾病、循环系统疾病等某一大类疾病的死亡风险, 而 PM₁₀ 与特定心血管疾病死亡效应的研究也值得关注。

[目的] 探讨南京市大气 PM₁₀ 短期暴露对心血管疾病死亡的影响。

[方法] 收集南京市 2014 年 1 月 1 日—2018 年 12 月 31 日每日心血管疾病死亡人数、大气污染物粗颗粒物 (PM₁₀)、二氧化硫 (SO₂)、二氧化氮 (NO₂)、一氧化碳 (CO)、臭氧 (O₃)、细颗粒物 (PM_{2.5}) 的平均每日质量浓度以及每日气象因素 (包括气温、相对湿度), 采用时间序列分析方法, 分季节 (冷季: 10—3 月; 暖季: 4—9 月) 研究大气 PM₁₀ 浓度对每日心血管疾病死亡人数的效应, 并分析对不同性别、年龄、文化水平人群的影响。

[结果] 大气污染物 PM₁₀、SO₂、NO₂、CO、O₃、PM_{2.5} 质量浓度分别为 (91.6±52.2) μg·m⁻³、(17.7±9.9) μg·m⁻³、(45.5±18.6) μg·m⁻³、(0.9±0.3) mg·m⁻³、(100.8±49.1) μg·m⁻³、(52.5±34.7) μg·m⁻³, 其中 PM₁₀、NO₂ 和 PM_{2.5} 平均质量浓度超过国家二级标准限值。不同心血管疾病死亡效应: PM₁₀ 质量浓度每增加 10 μg·m⁻³, 全年心血管疾病、高血压、急性心肌梗死、其他缺血性心脏病的死亡风险分别升高 0.88% (95% CI: 0.58%~1.18%)、1.74% (95% CI: 0.96%~2.52%)、0.97% (95% CI: 0.46%~1.49%)、0.79% (95% CI: 0.33%~1.25%)。全年和冷季水平, PM₁₀ 质量浓度每增加 10 μg·m⁻³, 女性心血管疾病总死亡的风险均高于男性; >65 岁人群心血管疾病总死亡风险分别升高 0.99% (95% CI: 0.67%~1.31%)、0.94% (95% CI: 0.58%~1.31%); 高中以下学历人群心血管疾病总死亡风险分别升高 0.96% (95% CI: 0.62%~1.29%)、0.86% (95% CI: 0.47%~1.24%)。暖季水平 PM₁₀ 质量浓度对心血管疾病总死亡的影响均无统计学意义 ($P>0.05$)。

[结论] 大气 PM₁₀ 短期暴露会增加人群心血管疾病总死亡、高血压、急性心肌梗死和其他缺血性心脏病的死亡风险。

关键词: PM₁₀; 心血管疾病; 广义相加模型; 死亡

Effect of short-term exposure to PM₁₀ on mortality of cardiovascular diseases in Nanjing JIA Yun-fei, CHEN Chun-jing, WANG Heng-xue, TANG Yan-zhao, SUN Feng-xia, WEI Li (Environmental Health Division, Nanjing Center for Disease Control and Prevention, Nanjing, Jiangsu 210003, China)

Abstract:

[Background] Studies on the relationship between PM₁₀ pollution and population health have been widely reported. Most studies only focus on the death risks of respiratory and circulatory diseases, rather than specific cardiovascular diseases which also deserve concern, linked to PM₁₀ pollution.

[Objective] This study explores the effect of short-term exposure to PM₁₀ on mortality of cardiovascular diseases in Nanjing.

[Methods] Daily deaths from cardiovascular diseases, daily average concentrations of air pollutants [including coarse particles (PM₁₀), sulfur dioxide (SO₂), nitrogen dioxide (NO₂), carbon monoxide (CO), ozone (O₃), and fine particles (PM_{2.5})], and meteorological factors (including temperature and relative humidity) from January 1, 2014 to December 31, 2018 in Nanjing were collected to analyze the relationship between season-specific (cold season: October to next

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2020.20042

基金项目

江苏省预防医学会科研项目 (Y2018005); 南京市医学重点科技发展资助项目 (ZKX16068)

作者简介

贾云飞 (1987—), 男, 学士, 主管医师; E-mail: jiayunfei0822@163.com

通信作者

韦丽, E-mail: weilisunny@163.com

伦理审批 已获取

利益冲突 无申报

收稿日期 2020-02-06

录用日期 2020-07-07

文章编号 2095-9982(2020)08-0753-06

中图分类号 R122.7

文献标志码 A

►引用

贾云飞, 陈春静, 王恒学, 等. 南京市大气 PM₁₀ 短期暴露对心血管疾病死亡的影响 [J]. 环境与职业医学, 2020, 37 (8): 753-758.

►本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2020.20042

Funding

This study was funded.

Correspondence to

WEI Li, E-mail: weilisunny@163.com

Ethics approval Obtained

Competing interests None declared

Received 2020-02-06

Accepted 2020-07-07

►To cite

JIA Yun-fei, CHEN Chun-jing, WANG Heng-xue, et al. Effect of short-term exposure to PM₁₀ on mortality of cardiovascular diseases in Nanjing[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2020, 37(8): 753-758.

►Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2020.20042

March; warm season: April to September) PM_{10} concentration and daily cardiovascular mortality by time-series analysis, and the effect sizes in different gender, age, and educational level groups.

[Results] The average concentrations of PM_{10} , SO_2 , NO_2 , CO , O_3 , and $PM_{2.5}$ were $(91.6 \pm 52.2) \mu g \cdot m^{-3}$, $(17.7 \pm 9.9) \mu g \cdot m^{-3}$, $(45.5 \pm 18.6) \mu g \cdot m^{-3}$, $(0.9 \pm 0.3) mg \cdot m^{-3}$, $(100.8 \pm 49.1) \mu g \cdot m^{-3}$, and $(52.5 \pm 34.7) \mu g \cdot m^{-3}$, respectively. The results of PM_{10} , NO_2 , and $PM_{2.5}$ exceeded the national class II limits. For each $10 \mu g \cdot m^{-3}$ increase in PM_{10} concentration at annual level, the mortality risks of cardiovascular diseases, hypertension, acute myocardial infarction, and other ischemic heart diseases increased by 0.88% (95% CI: 0.58%-1.18%), 1.74% (95% CI: 0.96%-2.52%), 0.97% (95% CI: 0.46%-1.49%) and 0.79% (95% CI: 0.33%-1.25%). At annual and cold season levels, for each $10 \mu g \cdot m^{-3}$ increase in PM_{10} concentration, the total mortality risks of cardiovascular diseases in women were higher than that in men; the risks in residents over age of 65 increased by 0.99% (95% CI: 0.67%-1.31%) and 0.94% (95% CI: 0.58%-1.31%) respectively; the risks in residents under high school education increased by 0.96% (95% CI: 0.62%-1.29%) and 0.86% (95% CI: 0.47%-1.24%) respectively. There was no significant effect of PM_{10} in warm season on mortality of cardiovascular diseases.

[Conclusion] Short-term exposure to PM_{10} increases the mortality risks of cardiovascular diseases, hypertension, acute myocardial infarction, and other ischemic heart diseases.

Keywords: PM_{10} ; cardiovascular disease; generalized additive model; mortality

可吸入颗粒物 (particulate matter with median aerodynamic diameter $\leq 10 \mu m$, PM_{10}) 是指空气动力学直径小于或等于 $10 \mu m$ 的颗粒物, 能进入人体呼吸道, 又能长期漂浮在空气中, 也称为飘尘。越来越多的环境流行病学研究表明, PM_{10} 短期暴露可造成人体呼吸系统、循环系统及免疫系统功能出现病变, 导致人群入院率和死亡率明显提高^[1-8]。吴和岩等^[9] 研究结果显示, 大气 PM_{10} 质量浓度每增加 $10 \mu g \cdot m^{-3}$, 人群心血管疾病死亡发生的风险增加 1.38% (95% CI: 0.29%~2.49%)。这些研究对于 PM_{10} 健康风险的防控具有重大的指导价值。南京地处中国东部, 是国家重要门户城市, 也是华东地区重要产业城市, 城市化发展迅速, 是国家重要综合性工业生产基地, 工业排放和机动车排放造成的 PM_{10} 污染仍比较严重。虽然国内 PM_{10} 污染与人群健康关系的研究已有很多, 大多研究仅仅关注 PM_{10} 污染与呼吸系统疾病、循环系统疾病等某一大类疾病的死亡风险, 而缺少分析其与特定心血管疾病死亡效应的研究; 此外, 很多研究分性别、年龄及季节来探讨 PM_{10} 暴露对心血管疾病死亡的效应, 而以文化水平差异为关注点的研究仍然较少。本研究采用时间序列分析方法, 基于广义相加模型探讨南京市大气 PM_{10} 短期暴露对人群心血管疾病死亡的影响, 旨在为健康风险评估、针对敏感人群及特定死因制定防控措施提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 资料

居民死亡资料来源于南京市疾病预防控制中心死因登记报告信息系统。收集南京市 2014 年 1 月 1 日—2018 年 12 月 31 日户籍所在地为南京的常住人

口死亡数据, 包含性别、年龄、职业、文化程度、死亡时间、根本死因及国际疾病分类 (international classification of diseases, ICD) 编码等。在剔除了意外伤害死亡的基础上, 按照 ICD-10 进行疾病分类, 心血管疾病 (I05~I52)、高血压 (I10~I15)、急性心肌梗死 (I21~I23)、其他缺血性心脏病 (动脉粥样硬化、冠脉供血不足、心绞痛等) (I20、I24、I25)。大气污染数据来源于南京市环境监测中心, 大气污染指标包括 PM_{10} 、二氧化硫 (sulfur dioxide, SO_2)、二氧化氮 (nitrogen dioxide, NO_2)、一氧化碳 (carbon monoxide, CO)、臭氧 (ozone, O_3)、细颗粒物 (fine particulate matters, $PM_{2.5}$), 收集污染物的日均质量浓度, 其中臭氧为每日最大 8 h 浓度。气象资料来源于中国气象科学数据共享服务网, 收集的气象资料包含日平均气温、日平均相对湿度。本研究经南京市疾病预防控制中心伦理委员会审查批准 (无编号)。

1.2 方法

1.2.1 统计学描述 运用 SPSS 22.0 软件对心血管疾病死亡数据、大气污染数据及气象资料进行描述性统计分析, 计算各项指标的均值、标准差、最小值、最大值、 P_{25} 、 M 、 P_{75} ; 分季节对大气 PM_{10} 浓度及不同心血管疾病死亡数进行描述, 用 $\bar{x} \pm s$ 表示。本研究季节分层标准为: 冷季 (10—3 月)、暖季 (4—9 月)。

1.2.2 统计学分析 对于南京市总体人群来说, 人群每日心血管疾病死亡事件属于小概率事件, 其实际分布近似于 Poisson 分布。在控制混杂因素、星期几效应、节假日效应、时间的长期趋势和季节趋势的影响后, 采用广义相加模型探讨大气污染物 PM_{10} 质量浓度对人群心血管疾病死亡率的影响。具体模型如下: $lg[E(Y_t)] = \beta \cdot Z_t + D_{\text{dow}} + s(T, u) + s(T_{\text{temp}}, u) + s(H_{RH}, u) +$

$H_{\text{holiday}} + I_{\text{intercept}}$ 式中： Y_t 为观察日第 t 日的心血管疾病死亡人数； $E(Y_t)$ 为观察日第 t 日心血管疾病死亡人数的期望值； β 为回归系数； Z_t 为第 t 日 PM_{10} 质量浓度，单位为 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ； D_{dow} 为反映星期的哑变量； s 为非参数平滑函数； T 为日期变量； T_{temp} 为温度变量； H_{RH} 为相对湿度变量； u 为自由度； H_{holiday} 为反映节假日效应的哑变量； $I_{\text{intercept}}$ 为截距。据赤池信息准则，选择时间变量自由度为 7 年⁻¹，日均温度和日均相对湿度的自由度均为 6。以往研究表明大气污染物具有滞后效应^[10-11]，又考虑到单独的滞后效应可能会降低 PM_{10} 对人群心血管疾病死亡影响的关联性，所以本研究选取了累积滞后效应 (lag01) 进行建模分析。

为了观察模型是否稳定，增加了敏感性分析。在敏感性分析中，增加了时间变量自由度为 5、6、8 年⁻¹，来观察 PM_{10} 对人群心血管疾病死亡的风险变化；此外，还分别纳入了大气污染物 SO_2 、 NO_2 、 CO 、 O_3 进行双污染物模型分析，观察 PM_{10} 对人群心血管疾病死亡效应的影响。

1.2.3 统计软件 采用 R 3.4.3 软件的 mgcv 软件包进行模型拟合分析，分析大气 PM_{10} 质量浓度每增加 $10\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ，人群心血管疾病死亡风险增加或降低的百分比（即超额危险度 ER ）以及 ER 的 95% CI 。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 基本情况

2014 年 1 月 1 日—2018 年 12 月 31 日，全南京市心血管疾病总死亡共 31 678 例，日均 (17.3±5.3) 例，高血压日均死亡数为 (2.2±1.6) 例，急性心肌梗死为 (4.9±2.4) 例，其他缺血性心脏病为 (7.1±3.1) 例。温度日均值为 (16.8±9.0) °C，相对湿度日均值为 (73.2±13.4) %。对照 GB 3095—2012《环境空气质量标准》， PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2 、 $\text{PM}_{2.5}$ 年平均标准质量浓度二级标准限值分别为 70、60、40、35 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ，本研究中 PM_{10} 、 NO_2 和 $\text{PM}_{2.5}$ 平均质量浓度超过国家二级标准限值，分别为限值的 1.31 倍、1.13 倍、1.50 倍。 O_3 日最大 8 h 平均浓度为 (100.8±49.1) $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ，低于国家二级标准限值 (160 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)，见表 1。

研究期间，不同季节的大气 PM_{10} 质量浓度及不同心血管疾病日均死亡数情况见表 2。大气 PM_{10} 日均质量浓度冷季明显高于暖季，冷季为 (108.3±56.4) $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ，暖季为 (75.1±41.5) $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ；冷季心血管疾病总死亡、高血压、急性心肌梗死及其他缺血性心脏病日均死亡数

也高于暖季。

表 1 2014—2018 年南京市心血管疾病死亡、大气污染物和气象因素的基本情况

Table 1 Daily cardiovascular mortality, concentrations of air pollutants, and selected atmospheric factors in Nanjing from 2014 to 2018

指标 (Index)	$\bar{x}\pm s$	Min	P_{25}	M	P_{75}	Max
日均死亡人数 Average daily death						
心血管疾病 Cardiovascular disease	17.3±5.3	5.0	14.0	17.0	20.8	40.0
高血压 Hypertension	2.2±1.6	0	1.0	2.0	3.0	9.0
急性心肌梗死 Acute myocardial infarction	4.9±2.4	0	3.0	5.0	6.0	16.0
其他缺血性心脏病 Other ischemic heart disease	7.1±3.1	0	5.0	7.0	9.0	21.0
大气污染物浓度 Concentration of air pollutants						
$\text{PM}_{10}/(\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3})$	91.6±52.2	12.7	54.6	80.2	117.3	408.7
$\text{SO}_2/(\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3})$	17.7±9.9	3.9	10.4	15.3	22.3	82.5
$\text{NO}_2/(\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3})$	45.5±18.6	9.9	31.6	41.6	56.1	129.6
$\text{CO}/(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	0.9±0.3	0.3	0.7	0.9	1.1	2.8
$\text{O}_3/(\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3})$	100.8±49.1	8.4	62.6	91.2	132.4	316.0
$\text{PM}_{2.5}/(\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3})$	52.5±34.7	6.1	28.2	44.4	67.7	304.4
气象因素 Meteorological factor						
温度/°C Temperature/°C	16.8±9.0	-6.7	8.8	17.7	24.2	34.4
相对湿度/% Relative humidity/%	73.2±13.4	28.0	64.0	74.0	83.4	99.0

表 2 2014—2018 年南京市不同季节大气 PM_{10} 质量浓度及不同心血管疾病日均死亡数

Table 2 The average concentrations of PM_{10} in different seasons and average daily deaths from cardiovascular diseases in Nanjing from 2014 to 2018

季节 Season	天数 /d Days/ d	质量浓度/ ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) Concentration/ ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	日均死亡人数 Average daily death			
			心血管疾病 Cardiovascular disease	高血压 Hypertension	急性心肌梗死 Acute myocardial infarction	其他缺血性心脏病 Other ischemic heart disease
冷季 (10—3 月) Cold season (October to next March)	911	108.3±56.4	19.5±5.2	2.6±1.6	5.6±2.5	8.0±3.1
暖季 (4—9 月) Warm season (April to September)	915	75.1±41.5	15.2±4.4	1.9±1.5	4.4±2.1	6.2±2.7

从图 1 可以看出，每年冷季 PM_{10} 日均质量浓度明显高于暖季， PM_{10} 日均质量浓度高峰均出现在冷季。

2.2 不同季节大气 PM_{10} 对不同心血管疾病死亡风险的影响

全年水平， PM_{10} 质量浓度每增加 $10\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 时，心

血管疾病、高血压、急性心肌梗死、其他缺血性心脏病的死亡风险分别升高0.88% (95% *CI* : 0.58%~1.18%)、1.74% (95% *CI* : 0.96%~2.52%)、0.97% (95% *CI* : 0.46%~1.49%)、0.79% (95% *CI* : 0.33%~1.25%) ; PM_{10} 质量浓度每增加 $10\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 冷季对心血管不同疾病死亡的效应高于暖季, 其中以高血压死亡的风险最大 ($ER=1.67\%$, 95% *CI* : 0.81%~2.53%) , 见表3。

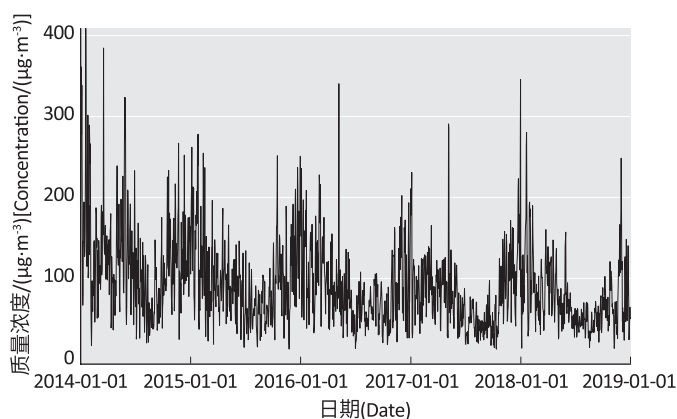


图1 2014—2018年南京市大气 PM_{10} 日均质量浓度的时间序列图

Figure 1 The time-series diagram of daily average concentrations of PM_{10} in Nanjing from 2014 to 2018

表3 大气 PM_{10} 质量浓度每增加 $10\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 时不同心血管疾病死亡风险的超额危险度 [ER (95% *CI*)]

Table 3 The excess risks of mortality from different cardiovascular diseases for each increase of $10\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ in PM_{10} concentration
单位 (Unit) : %

季节 Season	心血管疾病 Cardiovascular disease	高血压 Hypertension	急性心肌梗死 Acute myocardial infarction	其他缺血性心脏病 Other ischemic heart disease
全年 Annual	0.88 (0.58, 1.18) *	1.74 (0.96, 2.52) *	0.97 (0.46, 1.49) *	0.79 (0.33, 1.25) *
冷季 Cold season	0.77 (0.43, 1.11) *	1.67 (0.81, 2.53) *	0.99 (0.39, 1.59) *	0.83 (0.32, 1.35) *
暖季 Warm season	0.54 (-0.11, 1.19)	1.41 (-0.31, 3.13)	0.44 (-0.63, 1.51)	0.38 (-0.64, 1.39)

[注 (Note)] * : $P<0.05$ 。

2.3 大气 PM_{10} 对不同性别、年龄、文化的人群心血管疾病总死亡风险的影响

全年水平 : PM_{10} 质量浓度每增加 $10\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 时, 全人群心血管疾病总死亡的风险升高0.88% (95% *CI* : 0.58%~1.18%) ; 男性和女性人群心血管疾病总死亡风险升高均有统计学意义 ($P<0.05$) , 女性人群心血管疾病总死亡风险高于男性 ; >65岁人群心血管疾病总死亡风险升高0.99% (95% *CI* : 0.67%~1.31%) , 而 ≤ 65 岁人群无统计学意义 ($P>0.05$) ; 高中以下学历人群心血管疾病总死亡风险升高0.96% (95% *CI* : 0.62%~1.29%) ,

明显大于高中及以上学历人群 ($ER=0.65\%$, 95% *CI* : 0.02%~1.29%) , 见表4。

冷季水平 : PM_{10} 质量浓度每增加 $10\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 时, 全人群心血管疾病总死亡风险升高0.77% (95% *CI* : 0.43%~1.11%) ; 女性心血管疾病总死亡的风险升高1.02% (95% *CI* : 0.56%~1.47%) , 明显高于男性 ($ER=0.63\%$, 95% *CI* : 0.15%~1.12%) ; >65岁人群心血管疾病总死亡风险升高0.94% (95% *CI* : 0.58%~1.31%) , 而 ≤ 65 岁人群无统计学意义 ($P>0.05$) ; 高中以下学历人群心血管疾病总死亡风险升高0.86% (95% *CI* : 0.47%~1.24%) , 高中及以上学历人群无统计学意义 ($P>0.05$) , 见表4。

暖季水平 : 在全人群, 不同性别、年龄及文化水平的人群中, PM_{10} 质量浓度每增加 $10\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 时, 心血管疾病总死亡风险改变均无统计学意义 ($P>0.05$) , 见表4。

表4 大气 PM_{10} 质量浓度每增加 $10\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 时不同人群心血管疾病总死亡风险的超额危险度 [ER (95% *CI*)]

Table 4 The excess risks of cardiovascular mortality in different populations for each increase of $10\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ in PM_{10} concentration
单位 (Unit) : %

组别 Groups	全年 Annual	冷季 Cold season	暖季 Warm season
全人群 Total	0.88 (0.58, 1.18) *	0.77 (0.43, 1.11) *	0.54 (-0.11, 1.19)
性别 (Gender)			
男 Male	0.78 (0.38, 1.19) *	0.63 (0.15, 1.12) *	0.23 (-0.57, 1.04)
女 Female	1.02 (0.61, 1.44) *	1.02 (0.56, 1.47) *	0.69 (-0.20, 1.59)
年龄 / 岁 (Age/years)			
≤ 65	0.24 (-0.53, 1.02)	-0.31 (-1.21, 0.61)	0.61 (-0.88, 2.09)
>65	0.99 (0.67, 1.31) *	0.94 (0.58, 1.31) *	0.44 (-0.25, 1.13)
文化水平 Educational level			
高中以下 Below high school	0.96 (0.62, 1.29) *	0.86 (0.47, 1.24) *	0.48 (-0.23, 1.19)
高中及以上 High school and above	0.65 (0.02, 1.29) *	0.45 (-0.28, 1.19)	0.63 (-0.71, 1.97)

[注 (Note)] * : $P<0.05$ 。

2.4 敏感性分析

在变换自由度和纳入 SO_2 、 CO 后, PM_{10} 质量浓度每增加 $10\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 心血管疾病总死亡的风险变化很小, 模型结果比较稳定 ; 在纳入 NO_2 后, 心血管疾病总死亡风险略微下降 ; 在纳入 O_3 后, 心血管疾病总死亡风险明显降低, 见表5。

表5 大气PM₁₀质量浓度每增加10 μg·m⁻³时心血管疾病总死亡风险的敏感性研究Table 5 Sensitivity to the risk of mortality from cardiovascular diseases for each increase of 10 μg·m⁻³ in PM₁₀ concentration

大气污染物 Air pollutant	时间自由度/年 ⁻¹ Degree of freedom of time/year ⁻¹	心血管疾病总死亡风险[ER (95%CI) %] Risk of mortality from cardiovascular diseases
PM ₁₀	5	0.93 (0.64~1.23) *
PM ₁₀	6	0.92 (0.63~1.22) *
PM ₁₀	7	0.88 (0.58~1.18) *
PM ₁₀	8	0.87 (0.57~1.17) *
PM ₁₀ +SO ₂	7	0.87 (0.60~1.14) *
PM ₁₀ +NO ₂	7	0.72 (0.48~0.96) *
PM ₁₀ +CO	7	0.88 (0.58~1.18) *
PM ₁₀ +O ₃	7	0.56 (0.33~0.81) *

[注 (Note)] *: $P < 0.05$ 。

3 讨论

本研究结果显示,南京市大气污染物PM₁₀年平均质量浓度为(91.6±52.2) μg·m⁻³,是GB 3095—2012二级标准限值(70 μg·m⁻³)的1.31倍,是世界卫生组织制定的全球《空气质量标准》粗颗粒物准则值(20 μg·m⁻³)的4.58倍,其年平均质量浓度明显高于沿海城市(珠海)的研究结果^[9],这说明了南京市大气PM₁₀污染很严重,需要开展有针对性的大气污染物治理。

全年水平,PM₁₀质量浓度每增加10 μg·m⁻³时,心血管疾病、高血压、急性心肌梗死、其他缺血性心脏病的死亡风险分别升高0.88% (95%CI :0.58%~1.18%)、1.74% (95%CI : 0.96%~2.52%)、0.97% (95%CI : 0.46%~1.49%)、0.79% (95%CI : 0.33%~1.25%)。其中PM₁₀对心血管疾病总死亡风险明显高于国内外相关研究结果^[12-13],对其他缺血性心脏病死亡风险与北京(ER=0.33%, 95%CI : 0.13%~0.52%)^[14]、兰州(ER=0.53%, 95%CI : 0.01%~1.05%)^[15]研究结果不一致,对急性心肌梗死的死亡风险与相关研究结果(ER=1.006%, 95%CI : 1.002%~1.009%)^[16]也不相同。原因可能是:第一,由于城市地区差异和气象因素不同,不同城市PM₁₀的化学成分差异较大,毒力大小也不相同。此外,每个城市PM₁₀的浓度也不相同,南京作为江苏省会城市,城市化发展进程迅速,汽车拥有量急剧攀升,房地产建筑和地铁施工随处可见,都会带来大气PM₁₀污染浓度的升高。第二,每个城市的社会经济水平、人口学特征及人群对污染物的耐受性、对心血管系统不同疾病的易感性等因素不同,也会引起研究结果的不同。第三,研究的时间维度及模型参数中时间自由度的选择都可能影响研究结果。此外,冷季效应明显高于暖

季,这与以往部分研究结果^[17-18]相一致。可能原因是,在寒冷季节身体需要靠消耗能量来产生热量,引起心脏耗氧量增加,导致心脏负荷加重;也有研究表明冷效应对心血管疾病死亡的影响较大^[19],在寒冷季节,特别要关注心血管疾病的健康风险。

全年和冷季水平,PM₁₀每增加10 μg·m⁻³,女性心血管疾病总死亡风险均高于男性,这与国内外相关研究结果一致^[10-11]。可能原因是与性别易感性有关,女性对心血管疾病更敏感。>65岁人群心血管疾病总死亡风险分别升高0.99% (95%CI : 0.67%~1.31%)、0.94% (95%CI : 0.58%~1.31%),而≤65岁人群无统计学意义($P > 0.05$),与成都市研究结果^[20]不一致。原因可能是:>65岁人群身体各项功能衰退,自身免疫力减弱,暴露于同等PM₁₀浓度时,比65岁以下人群更容易出现心血管疾病;>65岁人群时间比较充足,早晚锻炼身体意识强,在外暴露时间长,PM₁₀总暴露水平高于65岁以下人群。高中以下学历心血管疾病总死亡风险分别升高0.96% (95%CI : 0.62%~1.29%)、0.86% (95%CI : 0.47%~1.24%),明显大于高中及以上学历人群,研究结果与美国一项研究^[21]一致。可能是高学历人群自我保护意识强,雾霾天能自觉佩戴口罩,尽量减少外出暴露。此外,高学历人群由于职业原因,大多在室内工作,室外暴露时间短。

本研究分析了南京市大气PM₁₀短期暴露与心血管疾病死亡的关系,收集了五年的数据进行PM₁₀健康风险的定量分析,也进行了敏感性分析,但仍存在一定的不足之处:人群PM₁₀暴露水平使用的是室外固定监测点数据,与个体实际暴露水平有差异。

综合上述,南京市大气PM₁₀短期暴露可能会增加心血管疾病、高血压、急性心肌梗死和其他缺血性心脏病的死亡风险。女性、>65岁及高中以下人群为PM₁₀心血管疾病效应的敏感人群,需要有针对性地开展健康宣教和防护工作,同时加大空气污染的治理力度,尤其应关注冷季的健康风险,从而降低心血管疾病的死亡率。

参考文献

- [1] SEO S C, KIM D, MIN S, et al. GIS-based association between PM₁₀ and allergic diseases in Seoul : implications for health and environmental policy [J]. Allergy Asthma Immunol Res, 2016, 8 (1) : 32-40.
- [2] FIORDELISI A, PISCITELLI P, TRIMARCO B, et al. The

- mechanisms of air pollution and particulate matter in cardiovascular diseases [J]. *Heart Fail Rev*, 2017, 22 (3) : 337-347.
- [3] VADUGANATHAN M, DE PALMA G, MANERBA A, et al. Risk of Cardiovascular hospitalizations from exposure to coarse particulate matter (PM₁₀) below the European union safety threshold [J]. *Am J Cardiol*, 2016, 117 (8) : 1231-1235.
- [4] MERKLINGER-GRUCHALA A, KAPISZEWSKA M. Association between PM₁₀ air pollution and birth weight after full-term pregnancy in Krakow city 1995-2009-trimester specificity [J]. *Ann Agric Environ Med*, 2015, 22 (2) : 265-270.
- [5] WANG X D, ZHANG X M, ZHUANG S W, et al. Short-term effects of air pollution on acute myocardial infarctions in Shanghai, China, 2013-2014 [J]. *Geriatr Cardiol*, 2016, 13 (2) : 132-137.
- [6] SCHILIRÒ T, ALESSANDRIA L, BONETTA S, et al. Inflammation response and cytotoxic effects in human THP-1 cells of size-fractionated PM₁₀ extracts in a polluted urban site [J]. *Chemosphere*, 2016, 145 : 89-97.
- [7] WANG C, FENG L, CHEN K, et al. The impact of ambient particulate matter on hospital outpatient visits for respiratory and circulatory system disease in an urban Chinese population [J]. *Sci Total Environ*, 2019, 666 : 672-679.
- [8] LI G, ZHOU M, ZHANG Y, et al. Does temperature enhance acute mortality effects of ambient particle pollution in Tianjin City, China [J]. *Sci Total Environ*, 2011, 409 (10) : 1811-1817.
- [9] 吴和岩, 谭爱军, 黄利群, 等. 珠海市大气污染物与居民每日死亡相关性的时间序列分析 [J]. *环境与健康杂志*, 2017, 34 (9) : 797-800.
- [10] KAN H, LONDON S J, CHEN G, et al. Season, sex, age, and education as modifiers of the effects of outdoor air pollution on daily mortality in Shanghai, China : the Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA) study [J]. *Environ Health Perspect*, 2008, 116 (9) : 1183-1188.
- [11] LI W, CAO Y, LI R, et al. The spatial variation in the effects of air pollution on cardiovascular mortality in Beijing, China [J]. *J Expo Sci Environ Epidemiol*, 2018, 28 (3) : 297-304.
- [12] ZHANG C, DING R, XIAO C, et al. Association between air pollution and cardiovascular mortality in Hefei, China : a time-series analysis [J]. *Environ Pollut*, 2017, 229 : 790-797.
- [13] GU Y, LIN H, LIU T, et al. The interaction between ambient PM₁₀ and NO₂ on mortality in Guangzhou, China [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2017, 14 (11) : 1381.
- [14] XU M, GUO Y, ZHANG Y, et al. Spatiotemporal analysis of particulate air pollution and ischemic heart disease mortality in Beijing, China [J]. *Environ Health*, 2014, 13 : 109.
- [15] WU T, MA Y, WU X, et al. Association between particulate matter air pollution and cardiovascular disease mortality in Lanzhou, China [J]. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2019, 26 (15) : 15262-15272.
- [16] MUSTAFIC H, JABRE P, CAUSSIN C, et al. Main air pollutants and myocardial infarction : a systematic review and meta-analysis [J]. *JAMA*, 2012, 307 (7) : 713-721.
- [17] LIANG W M, WEI H Y, KUO H W. Association between daily mortality from respiratory and cardiovascular diseases and air pollution in Taiwan [J]. *Environ Res*, 2009, 109 (1) : 51-58.
- [18] ZANOBETTI A, SCHWARTZ J. The effect of fine and coarse particulate air pollution on mortality : a national analysis [J]. *Environ Health Perspect*, 2009, 117 (6) : 898-903.
- [19] 孙庆华, 张翼, 周连, 等. 南京市温度对死亡的急性效应研究 [J]. *环境与健康杂志*, 2016, 33 (3) : 193-197.
- [20] ZENG W, ZHANG Y, WANG L, et al. Ambient fine particulate pollution and daily morbidity of stroke in Chengdu, China [J]. *PLoS One*, 2018, 13 (11) : e0206836.
- [21] ZEKA A, ZANOBETTI A, SCHWARTZ J. Individual-level modifiers of the effects of particulate matter on daily mortality [J]. *Am J Epidemiol*, 2006, 163 (9) : 849-859.
- (英文编辑: 汪源; 责任编辑: 陈姣)