

空气污染对高血压患者血压控制的影响及其交互作用 ——基于中国健康营养调查的研究

李小强¹, 陈小岳¹, 陈志永¹, 武常倩², 谷令¹, 王珂¹

1.常州市疾病预防控制中心食品与环境疾病科,江苏常州 213022;2.常州市疾病预防控制中心学校卫生科

摘要:目的 探讨空气污染对高血压患者血压控制的影响。方法 收集 2011—2015 年中国健康和营养调查的数据,选取上海市 2 860 名调查对象,其中 831 名为高血压患者。通过国家城市空气质量发布平台收集同期上海市的空气污染物监测数据。通过调查问卷获取人口统计学信息、日常生活习惯、患病情况和高血压相关数据。使用 logistic 回归分析空气污染物对血压达标的影响,并使用混合效应模型研究空气污染物间及其与高血压用药的相互作用。结果 共纳入 831 名成年高血压患者,血压控制率 35.14%。第 0 d、前 7 d 和前 60 d 的 O₃ 的 OR 值(95%CI)分别为 1.012(1.005 ~ 1.020)、1.009(1.002 ~ 1.016)和 1.013(1.003 ~ 1.022);同期的 CO 的 OR 值(95%CI)分别为 1.084(1.030 ~ 1.140)、1.064(1.030 ~ 1.100)和 1.126(1.050 ~ 1.208);第 0 d 和前 7 d 的 SO₂ 的 OR 值(95%CI)分别为 1.056(1.004 ~ 1.110)和 1.024(1.003 ~ 1.046)。第 0 d 和前 7 d 的 SO₂($P=0.008$; $P=0.043$)、前 60 d 的 CO($P<0.001$)可能对降压药的使用效果有影响;第 0 d 的 CO 与当天的 SO₂ 可能对血压达标率存在交互作用($P=0.045$);前 7 d 的 O₃、当天的 SO₂ 与当天的 CO 可能对血压达标率存在交互作用($P=0.004$; $P<0.001$)。结论 O₃、SO₂ 与 CO 与血压控制率相关。近期和远期的 O₃ 与 CO 暴露可能影响血压控制效果,而近期 SO₂ 暴露可能影响降压药物的效果。建议加强空气污染监测与管理,针对高血压患者提供指导,以改善血压控制效果。

关键词:高血压;空气污染;血压控制;中国健康和营养调查

中图分类号:R544.1 文献标志码:A 文章编号:1003-8507(2024)23-4279-07

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202407487

Impact of air pollution on blood pressure control in hypertensive patients and its interactions: a study based on the China Health and Nutrition Survey

LI Xiao-qiang*, CHEN Xiao-yue, CHEN Zhi-yong, WU Chang-qian, GU Ling, WANG Ke

*Food and Environmental Diseases Department, Changzhou Center for Disease Control and Prevention, Jiangsu, Changzhou 213022, China

Abstract: **Objective** To investigate the impact of air pollution on blood pressure control in hypertensive patients. **Methods** Data from the China Health and Nutrition Survey collected between 2011 and 2015 were analyzed, including 2 860 participants from Shanghai, of which 831 were hypertensive patients. Air pollution monitoring data for Shanghai during the same period were obtained from the National Urban Air Quality Release Platform. Demographic information, daily habits, health status, and hypertension-related data were collected via questionnaires. Logistic regression was employed to analyze the effect of air pollutants on achieving blood pressure targets, and a mixed-effects model was used to study interactions among air pollutants and their interactions with antihypertensive medications. **Results** A total of 831 adult hypertensive patients were included, with a blood pressure control rate of 35.14%. The odds ratios (OR) and 95% confidence intervals (CI) for O₃ exposure on day 0, the previous 7 days, and the previous 60 days were 1.012 (1.005–1.020), 1.009 (1.002–1.016), and 1.013 (1.003–1.022), respectively. For CO during the same periods, the OR and 95%CI were 1.084 (1.030–1.140), 1.064 (1.030–1.100), and 1.126 (1.050–1.208), respectively. The OR and 95%CI for SO₂ on day 0 and the previous 7 days were 1.056 (1.004–1.110) and 1.024 (1.003–1.046), respectively. SO₂ exposure on day 0 and the previous 7 days ($P=0.008$; $P=0.043$) and CO exposure in the previous 60 days ($P<0.001$) may influence the effectiveness of antihypertensive medications; CO on day 0 and SO₂ on the same day may interact regarding blood pressure control rates ($P=0.045$); O₃ exposure in the previous 7 days, SO₂ on the same day, and CO on the same day may also interact concerning blood pressure control rates ($P=0.004$; $P<0.001$).

基金项目:江苏省预防医学科研课题(Y2018025);常州市科技计划课题(CJ20241132)

作者简介:李小强(1993—),男,硕士,助理研究员,研究方向:流行病与卫生统计学

通信作者:陈志永, E-mail:43321632@qq.com

Conclusion O₃, SO₂, and CO are associated with blood pressure control rates. Recent and long-term exposure to O₃ and CO may affect blood pressure control, while recent exposure to SO₂ may influence the efficacy of antihypertensive medications. It is recommended to enhance air pollution monitoring and management, providing guidance for hypertensive patients to improve blood pressure control outcomes.

Keywords: Hypertension; Air pollution; Blood pressure control; China Health and Nutrition Survey

高血压是一种常见的慢性病,其发病率和死亡率在全球范围内呈上升趋势^[1],但高血压患者的血压却难以得到有效控制^[2-3]。而空气污染是当今全球面临的重要环境问题之一,已成为危害公众健康的主要因素之一^[4]。越来越多的研究表明,空气污染与高血压发病和血压控制有着密切的联系^[5-8]。

目前已有许多研究探讨了 PM_{2.5}、O₃、CO、SO₂ 等污染物对人群高血压发病的影响。其中,PM_{2.5} 作为最常见的污染物与高血压的发病率和死亡率呈正相关^[7];O₃ 是一种强氧化剂,长期暴露会对人体健康产生不良影响^[9];CO 和 SO₂ 是有毒气体,对呼吸系统和心血管系统有明显的危害^[10-11]。而不同污染物之间的协同作用对血压水平产生更大的影响^[12]。虽然现有研究已经初步揭示了空气污染可以影响高血压治疗方式的有效性^[13],但是目前主要关注单一污染物对高血压控制的影响,较少考虑多种污染物的共同作用^[9]。空气污染物能够影响一些慢性疾病控制措施的效果^[13-14],而空气污染物与用药等血压控制措施间的相互作用也缺乏相关研究。

本研究旨在探索空气污染物对高血压患者血压控制的影响,并分析空气污染物对高血压控制措施效果的影响,为降低空气污染对高血压患者的危害提出建议。

1 资料与方法

1.1 资料来源 收集 2011—2015 年中国健康和营养调查(China Health and Nutrition Survey, CHNS)中来自上海市的 2 860 名调查对象,获取其人口统计学信息、日常生活习惯、患病情况和高血压相关数据。识别出成年高血压患者 831 名作为研究对象。从国家城市空气质量发布平台收集同期上海市 6 种空气污染物检测指标(PM_{2.5}、PM₁₀、O₃、CO、SO₂、NO₂)。

1.2 相关变量 研究收集了人口统计学信息(年龄、性别、教育程度、工作情况、居住地类型、医保信息、体重指数、腰臀比)、日常生活习惯(吸烟、饮酒、运动)、患病情况(高血压病程、糖尿病、肿瘤、心血管疾病、中风、压力)和高血压相关情况(服药情况、收缩压、舒张压)。压力水平使用压力感知量表(perceived stress scale, PSS)进行测量^[15]。根据中国高血压防治指南(2024 年修订版)^[16],将血压 < 140/90 mm Hg 的高血压患者定义为血压控制良好。按照世界卫生组织(WHO)推荐使用代谢活动当量量化活动强度。收集调查对象接受调查时的当天、前 7 d 和前 60 d 上海市 PM_{2.5}、PM₁₀、O₃、CO、SO₂、NO₂ 等 6 种空气污染物指标。

1.3 统计学分析 正态分布的计量资料使用(均值 ± 标准差)描述,组间差异使用 *t* 检验分析;非正态分布的计量资料使用中位数和四分位数描述,组间差异使用 Wilcoxon 秩和检验分析;计数资料使用例数和百分比描述,组间差异使用 χ^2 检验分析。使用多重插补法填充缺失数据。使用 logistic 回归分析空气污染物对血压达标的影响,并使用混合效应模型分析空气污染物间及其与高血压用药的相互作用。采用 SAS 9.4(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)软件进行数据分析,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 描述性结果 纳入研究的 831 人平均年龄为(61.32 ± 10.56)岁,其中 539 人(64.86%)血压控制不佳,男性 429 人(51.26%)。血压控制不佳组年龄更低、农村人口更多、体重指数更高、高血压病程更短、心血管疾病更少、降压药使用率更低,见表 1。两组人群空气污染物暴露情况如表 2 所示,第 0 d、前 7 d 和前 60 d 的 O₃ 浓度更低而 CO 浓度更高(*P* 值均小于 0.05)。

表 1 血压控制不佳组和控制良好组的变量分布情况

Table 1 Distribution of variables between groups with poor or good blood pressure control

变量名	血压控制情况		统计量	<i>P</i> 值
	控制不佳 (<i>n</i> =539)	控制良好 (<i>n</i> =292)		
年龄(岁)*	60.77 ± 11.07	62.36 ± 9.50	-2.174	0.030
性别(男)**	291 (53.99)	138 (47.26)	3.434	0.064
教育程度**			1.536	0.674
小学及以下	115 (21.34)	60 (20.55)		
中学	300 (55.66)	156 (53.42)		
职业学校	59 (10.95)	32 (10.96)		
大学及以上	65 (12.06)	44 (15.07)		

(续表)

变量名	血压控制情况		统计量	P 值
	控制不佳 (n=539)	控制良好 (n=292)		
工作情况 **			5.323	0.070
其他	44 (8.16)	34 (11.64)		
已退休	324 (60.11)	184 (63.01)		
工作	171 (31.73)	74 (25.34)		
居住地类型 **			6.067	0.014
城市	311 (57.70)	194 (66.44)		
农村	228 (42.30)	98 (33.56)		
医保情况(有)**	530 (98.33)	286 (97.95)	0.158	0.691
体重指数(kg/m ²)*	25.85 ± 3.34	25.16 ± 3.18	2.893	0.004
腰臀比 *	0.91 ± 0.10	0.90 ± 0.08	1.595	0.112
吸烟 **			1.998	0.368
不吸烟	364 (67.53)	211 (72.26)		
曾吸烟	40 (7.42)	18 (6.16)		
吸烟	135 (25.05)	63 (21.58)		
吸烟时间(年)#	0.00 (0.00, 29.00)	0.00 (0.00, 22.50)	-1.373	0.170
饮酒(是)**	155 (28.76)	87 (29.79)	0.099	0.753
每周饮酒量(g)#	0.00 (0.00, 0.07)	0.00 (0.00, 0.10)	-0.198	0.843
代谢当量(Met-h/w)#	53.20 (46.55, 76.53)	53.20 (46.55, 67.03)	-2.149	0.032
高血压病程(年)#	2.00 (0.00, 10.00)	10.00 (4.00, 15.00)	8.711	<0.001
糖尿病(是)**	63 (11.69)	36 (12.33)	0.074	0.786
肿瘤(是)**	19 (3.53)	12 (4.11)	0.180	0.671
心血管疾病(是)**	28 (5.19)	27 (9.25)	5.031	0.025
中风(是)**	25 (4.64)	19 (6.51)	1.319	0.251
PSS 评分 #	33.00 (27.00, 40.00)	35.00 (28.00, 41.00)	1.471	0.141
使用降压药物(是)**	277 (51.39)	269 (92.12)	139.445	<0.001
收缩压(mm Hg)*	147.98 ± 12.71	128.11 ± 8.14	27.382	<0.001
舒张压(mm Hg)*	89.54 ± 8.42	79.85 ± 5.74	19.624	<0.001

注: * 表示变量分布以($\bar{x} \pm s$)描述, 统计量为 t 值; # 表示变量分布以 $M(Q_1, Q_3)$ 描述, 统计量为 Z 值; ** 表示变量分布以 $[n(\%)]$ 描述, 统计量为 χ^2 值。

表 2 血压控制不佳组和控制良好组的大气污染物暴露情况

Table 2 Exposure to air pollutants in patients with poor or good blood pressure control

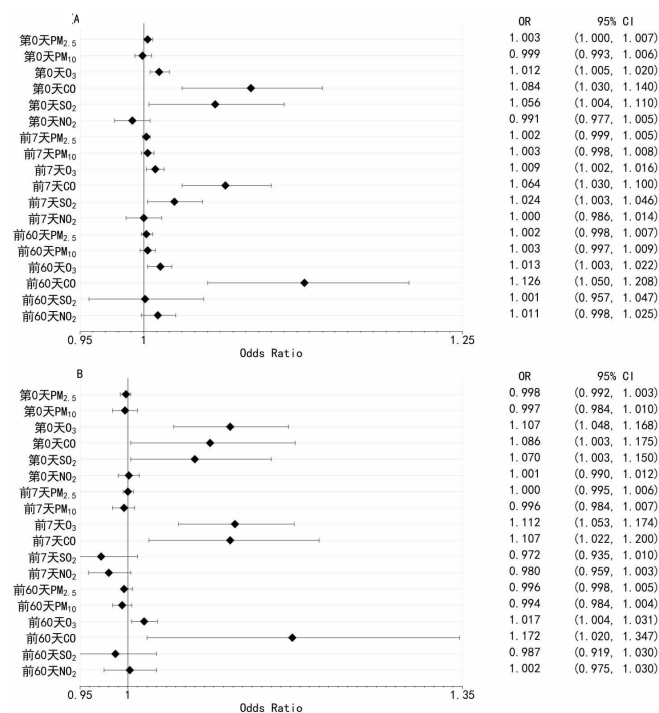
变量名	血压控制情况		统计量	P 值
	控制不佳 (n=539)	控制良好 (n=292)		
第 0 d PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)*	141.22 ± 39.48	136.26 ± 41.00	1.701	0.089
第 0 d PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)#	65.00 (51.00, 73.00)	61.00 (51.00, 73.00)	-0.784	0.433
第 0 d O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)#	27.00 (14.00, 49.00)	37.00 (26.00, 55.00)	3.753	<0.001
第 0 d CO(mg/m^3)#	7.00 (5.00, 11.00)	6.00 (5.00, 9.00)	-3.144	0.002
第 0 d SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)#	9.00 (6.00, 10.00)	9.00 (6.00, 10.00)	-1.217	0.224
第 0 d NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)#	25.00 (16.00, 34.00)	29.00 (19.00, 34.00)	0.838	0.402
前 7 d PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)*	143.66 ± 45.03	139.24 ± 43.08	1.369	0.171
前 7 d PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)#	71.00 (58.00, 95.00)	65.00 (56.00, 91.00)	-1.653	0.098
前 7 d O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)#	37.00 (15.00, 56.00)	43.00 (24.00, 55.00)	2.637	0.008
前 7 d CO(mg/m^3)#	7.00 (6.00, 13.00)	7.00 (6.00, 12.00)	-3.312	<0.001
前 7 d SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)#	9.00 (7.00, 11.00)	9.00 (7.00, 11.00)	-1.796	0.073
前 7 d NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)#	30.00 (20.00, 37.00)	29.50 (23.00, 37.00)	-0.358	0.721
前 60 d PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)*	126.42 ± 33.08	123.98 ± 31.66	1.028	0.304
前 60 d PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)#	54.00 (48.00, 70.00)	51.00 (48.00, 67.00)	-0.492	0.622
前 60 d O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)#	38.00 (27.00, 50.00)	36.00 (25.00, 44.00)	-1.969	0.049
前 60 d CO(mg/m^3)#	6.00 (5.00, 7.00)	6.00 (5.00, 6.00)	-2.731	0.006
前 60 d SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)#	7.00 (5.00, 9.00)	7.00 (5.00, 9.00)	-0.713	0.476
前 60 d NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)#	21.00 (17.00, 25.00)	21.00 (17.00, 23.00)	-0.275	0.783

注: * 表示变量分布以($\bar{x} \pm s$)描述, 统计量为 t 值; # 表示变量分布以 $M(Q_1, Q_3)$ 描述, 统计量为 Z 值。

2.2 空气污染物与血压达标率的关联性分析 血压达标率时,单污染物模型分析中,第 0 d、前 7 d 和前 60 d O₃ 的 OR 值 [95%置信区间 (confidence interval, CI)] 分别为 1.012 (1.005 ~ 1.020)、1.009 (1.002 ~ 1.016) 和 1.013 (1.003 ~ 1.022); 同期 CO 的 OR 值 (95%CI) 分别为 1.084(1.030 ~ 1.140)、1.064(1.030 ~ 1.100)和 1.126(1.050 ~ 1.208);第 0 d 和前 7 d SO₂ 的 OR 值(95%CI)分别为 1.056(1.004 ~ 1.110)和 1.024 (1.003 ~ 1.046)。多污染物模型中,第 0 d、前 7 d 和前 60 d O₃ 的 OR 值 (95%CI) 分别为 1.107 (1.048 ~ 1.168)、1.012(1.053 ~ 1.174)和 1.017(1.004 ~ 1.031); 同期 CO 的 OR 值 (95%CI) 分别为 1.086 (1.003 ~

1.150)、1.107(1.022 ~ 1.200)和 1.172(1.020 ~ 1.347); 第 0 d SO₂ 的 OR 值(95%CI)为 1.070(1.003 ~ 1.175)。见图 1。O₃、CO 和 SO₂ 可能与血压达标率相关。

分析收缩压达标率时,单污染物模型中,第 0 d 的 O₃ 的 OR 值(95%CI)为 1.085(1.033 ~ 1.140);第 0 d 和前 60 d 的 CO 的 OR 值 (95%CI) 分别为 1.057 (1.004 ~ 1.104)和 1.072(1.002 ~ 1.148)。多污染物模型中,第 0 d 和前 7 d 的 O₃ 的 OR 值(95%CI)分别为 1.087(1.034 ~ 1.143)和 1.004(1.001 ~ 1.015);第 0 d 和前 60 d CO 的 OR 值 (95%CI) 分别为 1.043 (1.022 ~ 1.063)和 1.218(1.071 ~ 1.384)。见图 2。O₃ 和 CO 可能与收缩压达标率相关。



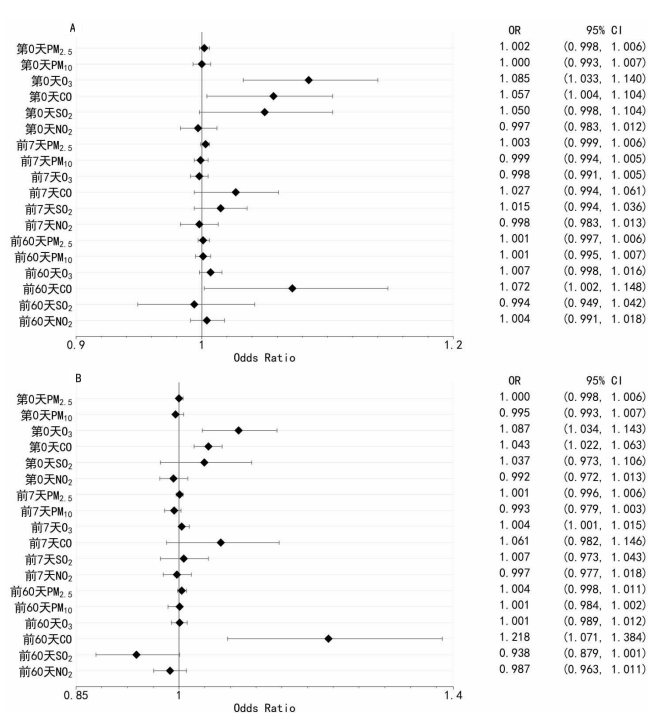
注:A 为单污染物模型,调整了年龄、居住地类型、体重指数、代谢当量、PSS 评分和使用降压药物;B 为多污染物模型,调整了年龄、居住地类型、体重指数、代谢当量、PSS 评分和使用降压药物。

图 1 空气污染物与血压达标率的 logistic 模型结果

Figure 1 Logistic model results of air pollution and blood pressure control rate

分析舒张压达标率时,单污染物模型中,第 0 d 和第 60 d O₃ 的 OR 值(95%CI)分别为 1.182(1.147 ~ 1.283)和 1.017(1.008 ~ 1.026);前 60 d CO 的 OR 值 (95%CI)为 1.076(1.007 ~ 1.151);第 0 d SO₂ 的 OR 值 (95%CI)为 1.066(1.014 ~ 1.122)。多污染物模型中,第 60 d O₃ 的 OR 值(95%CI)为 1.014(1.002 ~ 1.026;第 0 d SO₂ 的 OR 值(95%CI)为 1.074(1.007 ~ 1.147)。见图 3。O₃、CO 和 SO₂ 可能与舒张压达标率相关。

2.3 O₃、CO、SO₂ 和降压药使用的联合作用分析 分



注:A 为单污染物模型,调整了年龄、居住地类型、体重指数、代谢当量、PSS 评分和使用降压药物;B 为多污染物模型,调整了年龄、居住地类型、体重指数、代谢当量、PSS 评分和使用降压药物。

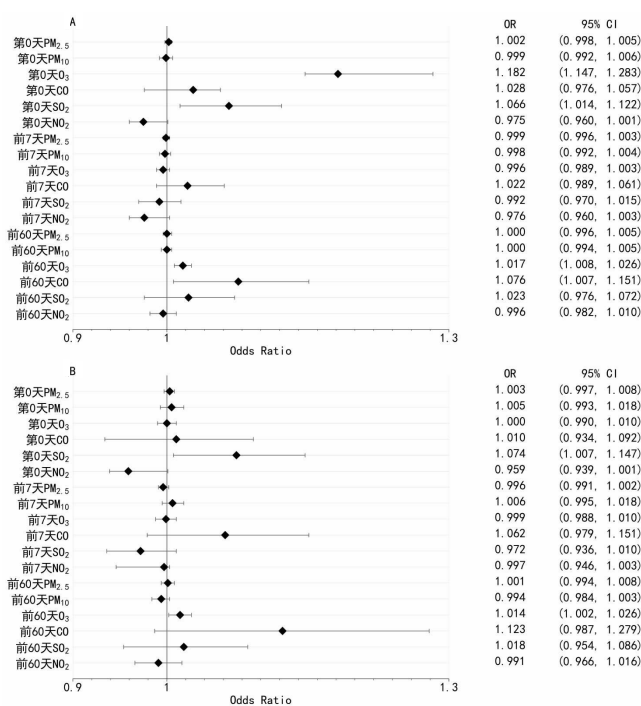
图 2 空气污染物与收缩压达标率的 logistic 模型结果

Figure 2 Logistic model results of air pollutants and systolic blood pressure control rate

析血压控制率的结果显示,第 0 d 和前 7 d 的 SO₂ 以及前 60 d 的 CO 可能对降压药的使用效果有影响 (P=0.008;P=0.043;P<0.001);第 0 d 的 CO 与当天的 SO₂ (P=0.045)、前 7 d 的 O₃ 与当天的 SO₂ (P=0.004)、前 7 d 的 O₃ 与当天的 CO (P=0.001)、前 7 d 的 CO 与当天的 SO₂ (P=0.004) 均可能存在交互作用。分析收缩压控制率的结果显示,第 0 d 和前 60 d 的 CO 可能对降压药的使用效果有影响 (P=0.027;P=0.009);前 7 d 的 O₃ 与当天的 CO 可能对收缩压达标

率存在交互作用($P<0.001$)。分析舒张压控制率的结果显示,第 0 d 的 O_3 和前 60 d 的 CO 可能对降压药的使用效果有影响($P=0.033$; $P=0.019$);第 0 d 的 CO 与当天的 SO_2 ($P<0.001$)、前 60 d 的 O_3 与前 60 d 的 CO ($P=0.017$) 均可能存在交互作用。见表 3。

2.4 服降压药人群中空气污染物与血压达标率的关联性分析 分析血压达标率时,在单污染物模型中,第 0 d、前 7 d 和前 60 d O_3 的 OR 值(95%CI)分别为 1.102 (1.040 ~ 1.167)、1.094 (1.034 ~ 1.159) 和 1.019 (1.008 ~ 1.030);第 0 d 和前 60 d CO 的 OR 值(95%CI)分别为 1.078 (1.015 ~ 1.144) 和 1.150 (1.058 ~ 1.253);第 0 d SO_2 的 OR 值(95%CI)为 1.082 (1.020 ~ 1.148)。多污染物模型中,第 0 d 和前 7 d O_3 的 OR 值(95%CI)分别为 1.099 (1.036 ~ 1.167) 和 1.102 (1.039 ~ 1.168);第 0 d、前 7 d 和前 60 d CO 的 OR 值(95%CI)分别为 1.094 (1.003 ~ 1.193)、1.106 (1.013 ~ 1.208) 和 1.326 (1.134 ~ 1.550);第 0 d SO_2 的 OR 值(95%CI)为 1.089 (1.002 ~ 1.184)。见图 4。与全部研究人群中的结果类似。



注:A 为单污染物模型,调整了年龄、居住地类型、体重指数、代谢当量、PSS 评分和使用降压药物;B 为多污染物模型,调整了年龄、居住地类型、体重指数、代谢当量、PSS 评分和使用降压药物。

图 3 空气污染物与舒张压达标率的 logistic 模型结果

Figure 3 Logistic model results of air pollutants and diastolic blood pressure control rate

表 3 O_3 、CO、 SO_2 和降压药使用的混合线性模型交互项

Table 3 Interaction of O_3 , CO, and SO_2 with antihypertensive drugs using by mixed linear model

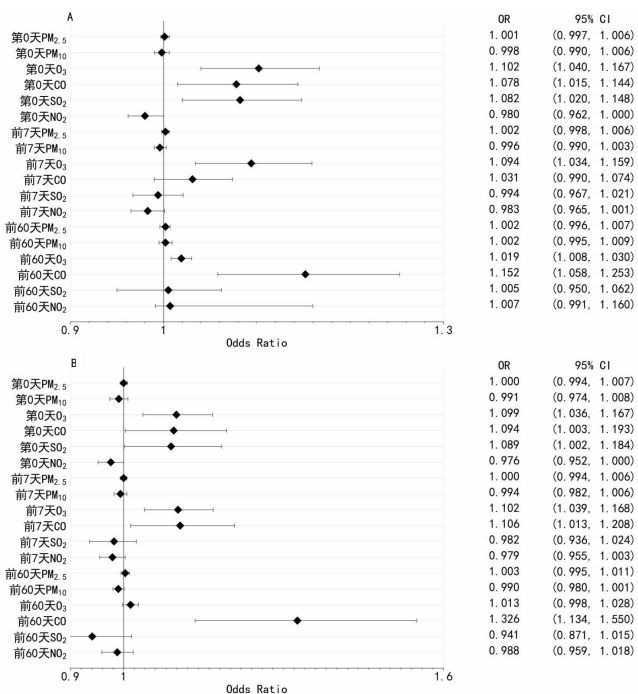
变量	血压控制		收缩压控制		舒张压控制	
	F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值
第 0 d O_3 ×降压药使用	1.37	0.129	1.49	0.077	1.67	0.033
第 0 d CO×降压药使用	1.70	0.069	1.99	0.027	1.37	0.181
第 0 d SO_2 ×降压药使用	2.43	0.008	—	—	1.49	0.138
前 7 d O_3 ×降压药使用	1.37	0.123	1.44	0.091	—	—
前 7 d CO×降压药使用	1.47	0.139	—	—	—	—
前 7 d SO_2 ×降压药使用	1.85	0.043	—	—	—	—
前 60 d O_3 ×降压药使用	1.00	0.453	—	—	1.60	0.055
前 60 d CO×降压药使用	3.20	<0.001	2.48	0.009	2.22	0.019
第 0 d O_3 ×第 0 d SO_2	1.96	0.162	—	—	5.98	0.015
第 0 d O_3 ×第 0 d CO	2.15	0.143	0.94	0.332	1.70	0.192
第 0 d CO×第 0 d SO_2	4.05	0.045	—	—	26.50	<0.001
前 7 d O_3 ×第 0 d SO_2	8.45	0.004	—	—	—	—
前 7 d O_3 ×第 0 d CO	10.74	0.001	11.60	<0.001	—	—
前 7 d CO×第 0 d SO_2	8.50	0.004	—	—	—	—
前 60 d O_3 ×前 60 d CO	0.08	0.774	—	—	5.74	0.017

注:调整了年龄、居住地类型、体重指数、PSS 评分和代谢当量。

3 讨论

空气污染增加高血压进展为心血管疾病的风险,有效控制血压对于降低疾病负担有重要意义^[7]。本研究结果显示, O_3 、CO、 SO_2 与高血压患者的血压控制率相关,空气污染物间可能存在联合作用并影响降压药

物的效果。一项干预收缩压的大型实验发现,当高血压患者暴露于 $PM_{2.5}$ 时,强化降压治疗比标准降压治疗更能有效控制患者血压,且其效果取决于既往 $PM_{2.5}$ 暴露。空气污染物引起的血管弹性降低可能影响患者的血压控制和强化治疗的收益^[18]。研究指出 SO_2 暴露会影响高血压患者的血压控制并增加入院



注:A 为单污染物模型,调整了年龄、居住地类型、体重指数、代谢当量、PSS 评分和使用降压药物;B 为多污染物模型,调整了年龄、居住地类型、体重指数、代谢当量、PSS 评分和使用降压药物。

图 4 服降压药人群中空气污染物与血压达标率的 logistic 模型结果

Figure 4 Logistic model results of air pollutants and blood pressure control rate in people using antihypertensive drugs

率^[11,19]。CO 作为一种抗炎药物在临床上已被应用^[20],可能有助于降低血压。但也研究发现 CO 暴露会引起血压的升高^[21],这可能与血管内皮的一氧化氮合酶功能不全有关^[22]。虽然上海市的空气污染水平较低,我们仍发现 O₃、CO、SO₂ 与高血压患者血压控制率相关,表明这些污染物可能影响患者的血压控制。我们还观察到 O₃、CO、SO₂ 之间可能存在交互作用,而污染物的协同作用会使患者的血压控制更加困难。此外,近期和远期的 O₃ 和 CO 暴露均可能影响降压药对患者血压的控制效果,近期 SO₂ 暴露同样可能产生影响。这意味着需要根据高血压患者所暴露的主要污染物调整其降压药物的剂量,或综合使用其他治疗方法以优化血压。这为临床医生制定治疗方案提供了指导。

空气污染物可能通过如下机制影响患者血压的控制。首先,炎症/促氧化因子的释放可引发全身炎症,进而提高血压^[23]。其次,污染物可通过肺泡膜直接进入血液,影响血管舒缩活性和 NO 信号通路^[18]。最后,污染物可以激活肺树中受体介导的反射行为,影响血压和心率^[24]。这些机制可能同时存在,其相对重要性与污染物的浓度和类型有关^[25]。

基于研究结果,建议采取以下措施降低空气污染对患者血压控制效果的影响:(1)加强空气污染监测

和管理,及时发布空气质量报告以便患者采取防护措施;(2)开展健康教育,提高公众对空气污染健康影响的认识;(3)加强医疗机构对高血压患者的管理和指导,定期检查和评估,并根据环境污染情况调整治疗方案,从而提高血压控制效果。

本研究中收缩压和舒张压控制率的结果与整体血压控制率相似,且降压药服用人群的分析结果一致,表明研究结果较为稳健。然而研究仍存在一些局限性。首先,样本量限制导致无法对季节等因素进行分层分析。其次,由于 CHNS 数据库的限制,无法获得个体暴露数据,可能导致对实际空气污染暴露情况的估计存在误差。此外,尽管 CHNS 在血压测量时设有统一标准,但由于参与人数众多,可能出现测量异质性。最后,某些潜在混杂因素未得到充分控制。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] Yu C, Shi YM, Zhao PX, et al. Effectiveness of integrated management on hypertension and mortality in rural China: A CHHRS study[J]. *iScience*, 2024, 27(10): 110865.

[2] 吴洵,苏健,陈路路,等. 江苏省心血管病高危人群中高血压患者血压控制的随访研究[J]. *中华疾病控制杂志*, 2023, 27(4): 399-405.

Wu X, Su J, Chen LL, et al. A follow-up study on blood pressure control of patients with high blood pressure in high cardio-vascular risk population in Jiangsu Province [J]. *Chinese Journal of Disease Control & Prevention*, 2023, 27(4): 399-405.(In Chinese)

[3] 国家心血管病中心. 中国心血管健康与疾病报告编写组. 中国心血管健康与疾病报告 2023 概要[J]. *中国循环杂志*, 2024, 39(7):625-660.

National Center for Cardiovascular Diseases, The Writing Committee of the Report on Cardiovascular Health and Diseases in China. Report on cardiovascular health and diseases in China 2023: an updated summary [J]. *Chinese Circulation Journal*, 2024, 39(7): 625-660.(In Chinese)

[4] Ren F, Liu G. Global, regional, and national burden and trends of air pollution-related neoplasms from 1990 to 2019: an observational trend study from the Global Burden of Disease study 2019 [J]. *Ecotoxicology and Environment Safety*, 2024, 285: 117068.

[5] De bont J, Jaganathan S, Dahlquist M, et al. Ambient air pollution and cardiovascular diseases: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses [J]. *Journal of Internal Medicine*, 2022, 291(6): 779-800.

[6] Qin P, Luo X, Zeng Y, et al. Long-term association of ambient air pollution and hypertension in adults and in children: a systematic review and meta-analysis [J]. *Science of the Total Environment*, 2021, 796: 148620.

[7] 付苹,李吉庆,司书成,等. 空气污染暴露与高血压发病风险的关联:基于英国生物银行的队列研究[J]. *中华疾病控制杂志*, 2022, 26(10): 1229-1234.

Fu P, Li JQ, Si SC, et al. Association between exposure to air pollution and the risk of hypertension: a cohort study based on UK

- Biobank [J]. Chinese Journal of Disease Control & Prevention, 2022, 26(10): 1229–1234.(In Chinese)
- [8] 杨荣军,林敏,舒承福,等. 空气污染对高血压影响及其机制的研究进展[J]. 环境与职业医学, 2020, 37(9): 922–928, 935.
Yang RJ, Lin M, Shu CF, et al. Research progress on effect of air pollution on hypertension and its mechanisms [J]. Journal of Environmental & Occupational Medicine, 2020, 37 (9): 922–928, 935.(In Chinese)
- [9] 彭星宇,王彦丁,张新民,等. 华中某市大气污染物 O₃、PM_{2.5} 暴露对居民死亡的时间序列研究[J]. 环境与职业医学, 2023, 40 (3): 331–341.
Peng XY, Wang YD, Zhang XM, et al. Associations of ambient PM_{2.5} and O₃ with human mortality: A time-series study in a city of central China[J]. Journal of Environmental & Occupational Medicine, 2023, 40(3): 331–341.(In Chinese)
- [10] Chen RJ, Jiang YX, Hu JL, et al. Hourly air pollutants and acute coronary syndrome onset in 1.29 million patients [J]. Circulation, 2022, 145(24): 1749–1760.
- [11] Nouri F, Taheri M, Ziaddini M, et al. Effects of Sulfur dioxide and particulate matter pollution on hospital admissions for hypertensive cardiovascular disease: A time series analysis [J]. Frontiers in Physiology, 2023, 14: 1124967.
- [12] Bista S, Chatzidiakou L, Jones RL, et al. Associations of air pollution mixtures with ambulatory blood pressure: the MobilSense sensor-based study[J]. Environmental Research, 2023, 227: 115720.
- [13] Al-Kindi SG, Brook RD, Bhatt U, et al. The benefits of intensive versus standard blood pressure treatment according to fine particulate matter air pollution exposure: a post hoc analysis of SPRINT[J]. Hypertension, 2021, 77(3): 813–822.
- [14] 马麟,吴静依,李双成,等. 抗高血压药物对二氧化氮长期暴露与慢性肾脏病关联的修饰效应 [J]. 北京大学学报: 医学版, 2022, 54(5): 1047–1055.
Ma L, Wu JY, Li SC, et al. Effect of modification of antihypertensive medications on the association of Nitrogen dioxide long-term exposure and chronic kidney disease[J]. Journal of Peking University. Health Sciences, 2022, 54(5): 1047–1055.(In Chinese)
- [15] Zhou J, Wang H, Zou ZY. Inverse association between dietary diversity score calculated from the Diet quality questionnaire and psychological stress in Chinese adults: a prospective study from China health and nutrition survey[J]. Nutrients, 2022, 14(16): 3297.
- [16] 中国高血压防治指南修订委员会,中国高血压联盟,中国医疗保健国际交流促进会高血压病学分会,等. 中国高血压防治指南(2024 年修订版)[J]. 中华高血压杂志, 2024, 32(7): 603–700.
Joint Committee for Guideline Revision, Chinese Hypertension League, Hypertension Branch of China International Exchange and Promotion Association for Medical and Health Care, et al. 2024 Chinese guidelines for prevention and treatment of hypertension[J]. Chinese Journal of Hypertension, 2024, 32(7): 603–700.(In Chinese)
- [17] Zhang S, Qian ZM, Chen L, et al. Exposure to air pollution during pre-hypertension and subsequent hypertension, cardiovascular disease, and death: a trajectory analysis of the UK Biobank Cohort[J]. Environmental Health Perspectives, 2023, 131(1): 17008.
- [18] Al-Kindi SG, Brook RD, Dobre M, et al. Ambient air pollution and pulse wave velocity in patients with hypertension treated with intensive versus standard blood pressure control [J]. Hypertension, 2022, 79(12): e144–e146.
- [19] Wu J, Li S, Duan J, et al. Association of joint exposure to various ambient air pollutants during adolescence with blood pressure in young adulthood [J]. Journal of Clinical Hypertension (Greenwich, Conn.), 2023, 25(8): 708–714.
- [20] Lee SR, Nilius B, Han J. Gaseous signaling molecules in cardiovascular function: from mechanisms to clinical translation[J]. Reviews of Physiology Biochemistry and Pharmacology, 2018, 174: 81–156.
- [21] Daouda M, Kaali S, Spring E, et al. Prenatal household air pollution exposure and childhood blood pressure in rural Ghana [J]. Environmental Health Perspectives, 2024, 132(3): 37006.
- [22] Polizio AH, Santa-Cruz DM, Balestrasse KB, et al. Heme oxygenase-1 overexpression fails to attenuate hypertension when the nitric oxide synthase system is not fully operative [J]. Pharmacology, 2011, 87(5/6): 341–349.
- [23] Shi H, Chen L, Zhang S, et al. Dynamic association of ambient air pollution with incidence and mortality of pulmonary hypertension: a multistate trajectory analysis [J]. Ecotoxicology and Environment Safety, 2023, 262: 115126.
- [24] Vidale S, Campana C. Ambient air pollution and cardiovascular diseases: from bench to bedside [J]. European Journal of Preventive Cardiology, 2018, 25(8): 818–825.
- [25] Rehman E, Rehman S. Particulate air pollution and metabolic risk factors: which are more prone to cardiac mortality [J]. Front Public Health, 2022, 10: 995987.

收稿日期: 2024-07-27

(上接第 4259 页)

- appendectomy; a population based analysis over two decades in Finland[J]. World Journal of Surgery, 2017, 41(1): 64–69.
- [17] Sirikumpiboon S, Amornpornchareon S. Factors associated with perforated appendicitis in elderly patients in a tertiary care hospital [J]. Surg Res Pract, 2015, 2015: 847681.
- [18] Lee JF, Leow CK, Lau WY. Appendicitis in the elderly [J]. The Australian and New Zealand Journal of Surgery, 2000, 70(8): 593–596.
- [19] 刘培祥. 老年性阑尾炎穿孔伴内科疾病 19 例临床研究[J]. 中国卫生标准管理, 2019, 10(6): 61–63.
Liu PX. Clinical study of 19 cases of senile appendicitis perforation complicated with internal medicine diseases [J]. China Health Standard Management, 2019, 10(6): 61–63.(In Chinese)
- [20] Teng TZJ, Thong XR, Lau KY, et al. Acute appendicitis—advances and controversies [J]. World Journal of Gastrointestinal Surgery, 2021, 13(11): 1293–1314.
- [21] Poprom N, Wilasrusmee C, Attia J, et al. Comparison of postoperative complications between open and laparoscopic appendectomy: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses [J]. Journal of Trauma and Acute Care Surgery, 2020, 89(4): 813–820.
- [22] Southgate E, Vousden N, Karthikesalingam A, et al. Laparoscopic vs open appendectomy in older patients [J]. Archives of Surgery, 2012, 147(6): 557–562.

收稿日期: 2024-07-06