

太原市大气污染物与心血管疾病住院发生的相关性研究

汝首杭 杨贵芳 冯永亮 邬惟为 李淑珍

(山西医科大学,山西 太原 030001)

【摘要】目的 探讨太原市主要大气污染物对心血管疾病住院的影响。**方法** 收集 2013—2015 年太原市心血管疾病的逐日入院病历资料,同期太原市主要污染物日均浓度变化及气象学资料,采用病例交叉研究方法,比较不同滞后天数(lag 0~5)下,太原市大气污染物对心血管疾病住院的影响。**结果** SO_2 、PM10、CO、 O_3 和 PM2.5 均可增加心血管疾病住院人数($P<0.05$),对入院影响的最佳滞后期分别为 lag3、lag3、lag5、lag0 和 lag4。 SO_2 与 PM10、PM2.5 联合作用,PM2.5 与 PM10、 SO_2 联合作用,PM2.5 与 PM10 联合作用,PM10 与 PM2.5 及 SO_2 联合作用,可导致心血管疾病入院人数增加($P<0.05$)。**结论** 暴露于 SO_2 、PM10、CO、 O_3 和 PM2.5 会增加心血管疾病住院风险,PM10 与 PM2.5 及 SO_2 存在联合作用,导致心血管疾病住院风险升高。

【关键词】 大气污染;心血管病; SO_2 ;PM10;PM2.5

【DOI】 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2020.08.024

The Correlation Between Air Pollutants and Cardiovascular Disease Admission in Taiyuan City

RU Shouhang, YANG Guifang, FENG Yongliang, WU Weiwei, LI Shuzhen

(Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, Shanxi, China)

【Abstract】Objective To explore the effect of air pollutants on cardiovascular disease admission in Taiyuan. **Methods** We collected the day-to-day admission records of the patients with cardiovascular disease, daily mean concentrations of major pollutants and meteorological data of Taiyuan from 2013 to 2015. Case-crossover study was used to compare the effects of air pollutants on cardiovascular disease hospitalization in Taiyuan with different lag days (lag 0~5). **Results** The results showed that SO_2 , PM10, CO, O_3 and PM2.5 can increase the number of patients admitted for cardiovascular disease ($P<0.05$). The best lags in hospital admission are lag3, lag3, lag5, lag0 and lag4. The combined effect of SO_2 and PM10, PM2.5, the combined effect of PM2.5 and PM10, SO_2 , the combined effect of PM2.5 and PM10, and the combined effect of PM10 and PM2.5, SO_2 can lead to an increase in the number of patients admitted for cardiovascular disease ($P<0.05$). **Conclusion** Exposure to SO_2 , PM10, CO, O_3 and PM2.5 increased the risk of hospitalization for cardiovascular disease, and PM10 had a combined effect with PM2.5 and SO_2 , which can result in an increased risk of hospitalization for cardiovascular disease.

【Key words】 Air pollutants; Cardiovascular disease; SO_2 ; PM10; PM2.5

近年来随着生活水平的提高,心血管疾病的发生逐渐增加,其对居民的健康影响也增大,心血管疾病已逐渐成为威胁人类生命健康的最主要疾病,它被认为是导致人类死亡以及致残的第一位原因^[1]。心血管疾病起因复杂,主要有遗传因素、环境因素和社会心理因素等。世界卫生组织发布报告称,以脑卒中和缺血性心脏病为代表的心血管疾病造成的死亡与环境密切相关,空气污染状况与人们所处的环境对健康影响息息相关,美国心脏协会在一篇名为《大气污染导致心脏病》的声明中提到,大气污染物与心血管

疾病的发生发展存在明确的因果联系,其中细颗粒物污染更是被认为是心血管疾病的一种可控的危险因素^[2]。大气污染已成为最主要的人群健康危险因素。全球每年约有 370 万人因大气污染所导致的疾病死亡,其中,中低收入国家占绝大部分。大气污染物会使心脏疾病如心肌梗死、心力衰竭和心律失常等发生率增加^[3]。大气污染与心血管疾病的关系研究结果尚未统一。国内研究多基于大城市如北京、上海,对于中西部、重工业城市研究较少,而太原市作为中国典型的煤炭重工业城市,空气污染比较严重,整体污

基金项目:国家自然科学基金(81703314),山西省青年科技研究基金(2013021033-2)

通信作者:李淑珍, E-mail: lszlym@163.com

染呈典型煤烟型空气污染。有资料显示,太原市空气污染程度长期位于全国 109 个重点城市的前 10 位^[4]。太原市如此恶劣的大气环境状况对居民心血管疾病住院情况的量化研究尚未见报道。研究太原市大气污染对居民的健康影响也具有一定代表性。

基于以上状况,本研究通过对太原市 2013 年 8 月—2015 年 8 月的大气主要污染物(SO_2 、 NO_2 、 CO 、 O_3 、 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10})的污染状况分析,对大气污染物与心血管疾病入院发生的病例交叉研究,以量化地反映大气污染物对人类健康的急性影响,为心血管疾病的防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究对象

通过太原市环境监测中心的太原市空气质量指数日报系统,收集 2013 年 8 月—2015 年 8 月太原市主要污染物日均浓度变化数据,监测的大气污染物有 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 和 O_3 ,通过太原市气象信息中心,收集同期太原市主要气象学资料,包括气温、相对湿度和能见度。收集同期太原市山西医科大学第一、第二医院,山西省人民医院,武警山西总队医院和太原市中心医院 5 所三级甲等医院心血管系统疾病的逐日入院病历资料,病历资料隐去个人姓名和住院号等隐私信息。病历资料纳入标准为居住地为太原市城区,心血管疾病按照国际疾病分类第十版(ICD-10 编码),将心血管疾病即 ICD-10 编码分别为 I0~I5 和 I20~I25 的病例纳入研究作为研究对象。包含的心血管疾病有:高血压和缺血性心脏病。

1.2 研究方法

本研究采取单项病例交叉研究,比较研究对象的危险期与对照期的暴露情况,通过选择研究对象自身的不同暴露时期作为研究的病例和对照,有效避免因为选择对照的选择偏移。通过条件 logistic 回归模型,在保证非特异性错误最小,即在 OR 最大值情况下计算污染物对心血管疾病影响的最大滞后效应期,同时通过拟合气象因素的方式建立单污染物模型,由于不同大气污染物对心血管疾病的发生可能有复合作用,故拟合多种污染物建立多污染物模型。大气污染研究的急性健康效应,滞后期多为 0~5 d,本研究选取滞后期 0~5 d(lag 0~5),OR 最大的滞后天数为最佳滞后期。

1.3 质量控制

病历资料均来自三甲医院,经过复核后上传,其准确性得到保障。大气污染物资料及气象资料均来自于环保局及气象局发布,数据具有权威性。同时通过采用 SAS 9.4 软件对资料进行整理及逻辑检验,保

证数据质量。

1.4 统计方法

采用 Excel 2016 及 SAS 9.4 软件进行数据整理,采用条件 logistic 回归建立单污染物及多污染物模型,显著性水平 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 太原市心血管疾病入院人数的描述性分析

太原市 2013—2015 年因心血管疾病入院病例数共计 22 371 例,男性病例(12 797 例)多于女性(9 574 例);冬春季病例(12 486 例)多于夏秋季(9 885 例)。

2.2 太原市大气污染物对心血管疾病入院情况的影响

SO_2 、 PM_{10} 、 CO 、 O_3 和 $\text{PM}_{2.5}$ 均可增加心血管疾病入院风险($P<0.05$),对入院影响的最佳滞后期分别为 lag3、lag3、lag5、lag0 和 lag4。当污染物 SO_2 、 PM_{10} 、 CO 、 O_3 和 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度每增加一个等级时,心血管疾病入院人数是污染物浓度未增加时的 1.093 倍(OR 1.093, 95% CI 1.021~1.211)、1.023 倍(OR 1.023, 95% CI 1.011~1.037)、1.005 倍(OR 1.005, 95% CI 1.002~1.012)、1.121 倍(OR 1.121, 95% CI 1.033~1.241)和 1.076 倍(OR 1.076, 95% CI 1.015~1.119),详见表 1。

2.3 太原市大气污染物对心血管疾病入院情况的多污染物模型

太原市大气污染属于典型煤烟型污染,主要污染来自于化石燃料特别是煤炭的燃烧,而煤炭燃烧主要产生的大气污染物是硫化物和颗粒物^[5]。因此探讨 SO_2 、 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 这 3 种污染物的多污染物模型,对研究太原市大气污染对心血管疾病入院情况具有重要的意义。

2.3.1 SO_2 对心血管疾病入院影响的多污染物模型

SO_2 与 PM_{10} 、 CO 、 NO_2 、 $\text{PM}_{2.5}$ 和 O_3 组成的多污染物模型, SO_2 浓度的增加对心血管疾病入院人数的影响无统计学意义($P>0.05$);逐步调整大气污染种类,发现调整 NO_2 、 CO 和 O_3 后, SO_2 与 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 组成的三污染物模型中,污染物浓度每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 时,心血管疾病入院人数是污染物浓度未增加时的 1.044 倍(OR 1.044, 95% CI 1.003~1.061),详见表 2。

2.3.2 $\text{PM}_{2.5}$ 对心血管疾病入院影响的多污染物模型

$\text{PM}_{2.5}$ 与 PM_{10} 、 CO 、 NO_2 、 SO_2 和 O_3 组成的多污染物模型, $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的增加对心血管疾病入院人数的影响无统计学意义($P>0.05$);逐步调整大气污染物

种类,发现 PM2.5 与 PM10、SO₂组成的三污染物模型中,污染物浓度每增加 10 μg/m³时,心血管疾病入院人数是污染物浓度未增加时的 1.051 倍(*OR* 1.051, 95% *CI* 1.021 ~ 1.131);PM2.5 与 PM10 组成的双污

染物模型中,污染物浓度每增加 10 μg/m³时,心血管疾病入院人数是污染物浓度未增加时的 1.021 倍(*OR* 1.021,95% *CI* 1.001 ~ 1.056),详见表 3。

表 1 2013—2015 年太原市大气污染物对心血管疾病入院的影响情况[*OR*(95% *CI*)]

	SO ₂	NO ₂	PM10	CO	O ₃	PM2.5
lag0	1.071 (1.021,1.191)*	1.031 (0.903,1.210)	1.001 (0.998,1.011)	1.003 (1.001,1.011)*	1.121 (1.033,1.241)*	0.911 (0.971,1.019)
lag1	1.093 (1.021,1.211)*	1.112 (0.976,1.289)	1.013 (1.004,1.023)*	1.002 (1.000,1.009)	1.109 (1.021,1.160)*	0.971 (0.991,1.047)
lag2	1.003 (0.997,1.088)	1.091 (0.941,1.234)	1.017 (1.008,1.029)*	1.001 (1.000,1.008)	1.114 (1.034,1.191)*	0.932 (0.976,1.023)
lag3	1.081 (1.051,1.201)*	1.093 (0.942,1.239)	1.023 (1.011,1.037)*	1.000 (1.000,1.007)	1.068 (1.001,1.141)*	1.031 (1.003,1.113)*
lag4	1.008 (0.931,1.076)	1.116 (0.988,1.301)	1.011 (1.003,1.017)*	1.002 (1.000,1.009)	1.050 (0.971,1.121)	1.076 (1.015,1.119)*
lag5	0.899 (0.631,0.812)	1.011 (0.899,1.200)	1.003 (1.000,1.013)	1.005 (1.002,1.012)*	1.047 (0.959,1.117)	0.912 (0.971,1.020)

注: *: *P*<0.05,对照为入院前 7 d 污染物浓度。

表 2 SO₂多污染物模型下对 2013—2015 年太原市心血管疾病入院情况的影响

纳入模型的大气污染物种类	被调整的大气污染物种类	<i>OR</i>	95% <i>CI</i>
SO ₂ 、PM10、CO、NO ₂ 、PM2.5 和 O ₃	—	0.998	0.963 ~ 1.024
SO ₂ 、PM10、CO、PM2.5 和 O ₃	NO ₂	1.023	0.943 ~ 1.134
SO ₂ 、PM10、CO 和 PM2.5	NO ₂ 和 O ₃	0.971	0.991 ~ 1.093
SO ₂ 、PM10 和 PM2.5	NO ₂ 、O ₃ 和 CO	1.044*	1.003 ~ 1.061

注: *: *P*<0.05,对照为入院前 7 d 污染物浓度;—:无法获得。

表 3 PM2.5 多污染物模型下对 2013—2015 年太原市心血管疾病入院情况的影响

纳入模型的大气污染物种类	被调整的大气污染物种类	<i>OR</i>	95% <i>CI</i>
PM2.5、SO ₂ 、PM10、CO、NO ₂ 和 O ₃	—	0.991	0.973 ~ 1.008
PM2.5、SO ₂ 、PM10、CO 和 O ₃	NO ₂	1.041	0.998 ~ 1.209
PM2.5、SO ₂ 、PM10 和 CO	NO ₂ 和 O ₃	1.003	0.965 ~ 1.124
PM2.5、SO ₂ 和 PM10	NO ₂ 、O ₃ 和 CO	1.051*	1.021 ~ 1.131
PM2.5 和 PM10	NO ₂ 、O ₃ 、CO 和 SO ₂	1.021*	1.001 ~ 1.056

注: *: *P*<0.05,对照为入院前 7 d 污染物浓度;—:无法获得。

2.3.3 PM10 对心血管疾病入院影响的多污染物模型

PM10 与 PM2.5、CO、NO₂、SO₂和 O₃组成的多污染物模型,PM10 浓度的增加对心血管疾病入院人数的影响无统计学意义(*P*>0.05);逐步调整大气污染物种类,发现 PM10 与 PM2.5、SO₂组成的三污染物模型中,污染物浓度每增加 10 μg/m³时,心血管疾病入院人数是污染物浓度未增加时的 1.037 倍(*OR* 1.037,95% *CI* 1.001 ~ 1.038),详见表 4。

3 讨论

由心脏和血管病变导致的心血管疾病目前是造成人类死亡的最大死因,全世界每年约有 1 750 万人死于心血管相关疾病,占死亡总数的 31%。在中国,心血管疾病患者众多,且患病率持续上升,目前心血管病患者达到近 2.9 亿^[6]。心血管疾病发病原因众多,除了遗传、年龄、肥胖以及自身不良的生活习惯外,环境因素特别是大气污染导致的心血管疾病发生越来越被关注。国内外研究显示大气污染物对心血

管病的发生、死亡有一定影响^[7]。

表 4 PM10 多污染物模型下对 2013—2015 年太原市心血管疾病入院情况的影响

纳入模型的大气污染物种类	被调整的大气污染物种类	OR	95% CI
PM10、SO ₂ 、PM2.5、CO、NO ₂ 和 O ₃	—	1.001	0.941 ~ 1.045
PM10、SO ₂ 、PM2.5、CO 和 O ₃	NO ₂	0.977	0.987 ~ 1.031
PM10、SO ₂ 、PM2.5 和 CO	NO ₂ 和 O ₃	0.951	0.921 ~ 1.098
PM10、SO ₂ 和 PM2.5	NO ₂ 、O ₃ 和 CO	1.037 *	1.001 ~ 1.038
PM10、PM2.5	NO ₂ 、O ₃ 、CO 和 SO ₂	1.031	1.000 ~ 1.053

注: *: $P < 0.05$, 对照为入院前 7 d 污染物浓度; —: 无法获得。

欧洲一项研究西班牙 14 个地区的研究发现,在最佳滞后期 0 ~ 1 d,污染物浓度每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,冠心病与心脏病急诊入院时浓度为升高前的 1.009 倍与 1.016 倍^[8];另外一项基于上海市心血管疾病住院情况的研究^[9]显示,PM10、SO₂ 及 NO₂ 浓度每升高 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,心脑血管疾病住院情况分别是未升高时的 1.023 倍、1.065 倍和 1.008 倍;关于广东省六市研究结果显示 PM2.5 在暴露后的第 4 天,其所导致的心血管疾病发生增加了 0.016 倍^[10]。本次研究发现 SO₂、PM10、CO、O₃ 和 PM2.5 均可增加心血管疾病入院风险 ($P < 0.05$),与国内外研究结果相近,在效应强度和最佳滞后期方面不同,可能由于太原市所处地理环境导致污染物难以排放、污染物浓度差异、人种和年龄等差异导致。

大气污染对健康效应的影响具有一定的联合作用,大气污染对心血管疾病的作用也应考虑多污染物的联合作用^[11]。本次研究显示,SO₂ 与 PM10、PM2.5 联合作用下,SO₂ 浓度每增加 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时,心血管疾病入院人数是污染物浓度未增加时的 1.044 倍;PM2.5 与 PM10、SO₂ 联合作用下,PM2.5 浓度每增加 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时,心血管疾病入院人数是污染物浓度未增加时的 1.051 倍;PM2.5 与 PM10 联合作用下,PM2.5 浓度每增加 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时,心血管疾病入院人数是污染物浓度未增加时的 1.021 倍;PM10 与 PM2.5、SO₂ 联合作用下,PM10 浓度每增加 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时,心血管疾病入院人数是污染物浓度未增加时的 1.037 倍,可见大气污染物之间的相互作用对污染物的健康效应有一定的影响。国内外均有研究证实调整 NO₂ 后,大气细颗粒物的健康效应降低^[12]。本次研究中 SO₂ 与 PM10、PM2.5 联合作用下,大气污染使心血管疾病入院人数增加,可能与太原市为典型的煤烟型污染城市,污染比较严重有关,这也与 Ballester 等^[8]的研究,SO₂ 与颗粒物联合作用可使其健康效应放大 3 倍以上

相符。

本次研究采用了单向病例交叉研究的研究方法,通过自身对照的方法有效避免了因对照选择带来的选择偏移,同时,通过构建多因素污染物模型,较好地反映了多种大气污染对心血管疾病住院影响的联合作用,但本次研究属于回顾性研究,存在回忆偏移的可能,未来可通过采用前瞻性研究方法来进行验证。

参考文献

- [1] Gupta A, Lampropoulos JF, Blakdeli B. Most important outcomes research papers on cardiovascular disease [J]. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*, 2013, 6(1): e1-e7.
- [2] 曹珂,裴颖皓,钱吉琛,等. 大气细颗粒物暴露相关心血管毒性机制的研究进展 [J]. *心血管病学进展*, 2019, 40(6): 907-910.
- [3] Peters A, Liu E, Verrier RL, et al. Air pollution and incidence of cardiac arrhythmia [J]. *Epidemiology*, 2000, 11(1): 11-17.
- [4] 樊占春,李丽娜. 太原市 2005—2009 年大气污染特征分析 [J]. *环境与可持续发展*, 2011, 36(2): 70-72.
- [5] 张筱晗. 城市雾霾与大气污染的成因及治理 [J]. *低碳世界*, 2019, 9(4): 27-28.
- [6] 隋辉,陈伟伟,王文. 《中国心血管病报告 2014》要点介绍 [J]. *中华高血压杂志*, 2015, 23(7): 627-629.
- [7] Dominici F, Peng RD, Bell ML, et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases [J]. *JAMA*, 2006, 295(10): 1127-1134.
- [8] Ballester F, Rodríguez P, Iñiguez C, et al. Air pollution and cardiovascular admissions association in Spain: results within the EMECAS project [J]. *J Epidemiol Community Health*, 2006, 60(4): 328-336.
- [9] Chen R, Chu C, Tan J, et al. Ambient air pollution and hospital admission in Shanghai, China [J]. *J Hazard Mater*, 2010, 181(1-3): 234-240.
- [10] Lin H, Liu T, Xiao J, et al. Mortality burden of ambient fine particulate air pollution in six Chinese cities: results from the pearl river delta study [J]. *Environ Int*, 2016, 96(12): 91-97.
- [11] Burnett RT, Stieb D, Brook JR, et al. Associations between short-term changes in nitrogen dioxide and mortality in Canadian cities [J]. *Arch Environ Health*, 2004, 59(5): 228-236.
- [12] Qian Z, He Q, Lin HM, et al. Association of daily cause-specific mortality with ambient particle air pollution in Wuhan, China [J]. *Environ Res*, 2007, 105(3): 380-389.

收稿日期: 2020-01-03