

文章编号: 1006-3617(2008)03-0225-07

中图分类号: R12

文献标识码: A

【论著】

沙尘天气细颗粒物对呼吸及心血管系统疾病日门诊人数的影响

孟紫强, 张剑, 杨振华, 卢彬

摘要: [目的] 研究沙尘天气大气细颗粒物($PM_{2.5}$)与呼吸及心血管系统疾病每日门诊人数的关系。[方法] 采用半参数广义相加泊松回归模型(GAM),在控制了时间长期趋势、季节趋势、气象因素、日历效应等混杂因素影响的基础上,分析2004年3月1日至5月31日沙尘暴频发区——甘肃省武威市大气 $PM_{2.5}$ 与呼吸、心血管系统疾病日门诊人数的关系。[结果] ①单污染模型分析发现, $PM_{2.5}$ 与男、女总呼吸系统疾病门诊人数分别在滞后2d(lag2)和1d(lag1)的联系有统计学意义,对男、女性气管炎门诊人数的影响分别在lag1和lag3有统计学意义,对男、女性上呼吸道感染(URTI)门诊人数的影响均在lag2有统计学意义,对男性和女性肺炎门诊人数的影响在lag3和lag2有统计学意义,对男性慢性阻塞性肺部疾病(COPD)门诊人数的影响在lag2有统计学意义而对女性无统计学意义。② $PM_{2.5}$ 与男、女总心血管系统疾病门诊人数存在正相关且均在lag3有统计学意义。 $PM_{2.5}$ 对男、女性风湿性心脏病门诊人数的影响分别在lag0、lag1有统计学意义,对男性高血压门诊人数在lag1有统计学意义,对男、女性缺血性心血管疾病门诊人数的影响分别在lag1和lag5有统计学意义,对男性心律失常门诊人数的影响在lag3有统计学意义,分别在lag5和lag2对男性和女性充血性心力衰竭门诊人数的影响有统计学意义。③双(或多)污染模型分析显示,引入 SO_2 和(或) NO_2 后, $PM_{2.5}$ 对男、女性呼吸系统疾病日门诊相对危险度(RR)的影响虽有所降低,但仍然均有统计学意义。然而,在分别引入其他污染物后, SO_2 和 NO_2 对男、女性呼吸系统疾病日门诊RR的影响均无统计学意义。④双(或多)污染模型分析还显示,引入 SO_2 或 NO_2 后, $PM_{2.5}$ 对男、女性心血管系统疾病门诊RR的影响均有所下降,但仍有统计学意义。对于男性心血管病门诊人数,在分别引入其他污染物的混杂作用后, SO_2 的影响仍具有统计学意义;在引入 SO_2 或 $PM_{2.5} + SO_2$ 之后, NO_2 对男性心血管病门诊RR的影响也仍具有统计学意义;但在引入其他污染物后, SO_2 或 NO_2 对女性心血管系统疾病门诊RR的影响均未见统计学意义。⑤沙尘天气 $PM_{2.5}$ 浓度分类分析表明,从正常清洁天、轻度污染天到扬沙天气、沙尘暴天气,随着 $PM_{2.5}$ 浓度水平的增大,本项目所分析的呼吸系统疾病(气管炎、URTI、肺炎、COPD)和心血管疾病(风湿性心脏病、高血压、缺血性心血管疾病、心律失常、充血性心力衰竭)门诊RR也随之增高,呈现一定的剂量-效应关系。[结论] ①沙尘天气 $PM_{2.5}$ 可引起暴露居民多种呼吸系统疾病(气管炎、URTI、肺炎、COPD)和多种心血管疾病(风湿性心脏病,高血压,缺血性心血管疾病,心律失常,充血性心力衰竭)门诊人数增加,且大多为滞后效应。② $PM_{2.5}$ 浓度与呼吸及心血管疾病门诊(RR)存在一定的剂量-效应关系。③由于沙尘天气强度与 $PM_{2.5}$ 浓度的关系密切,所以男性与女性居民呼吸及心血管系统多种疾病日门诊人数相对危险度随沙尘天气的强度增大而增大,由低至高依次为:正常清洁天、轻度污染天、扬沙天、沙尘暴天。④以大气 $PM_{2.5}$ 浓度水平划分沙尘天气类型比以能见度划分更为科学可靠。

关键词: 沙尘天气; $PM_{2.5}$; 呼吸系统疾病; 心血管系统疾病; 日门诊人数; GAM模型

Association of $PM_{2.5}$ from Dust Events with the Number of Daily Outpatient for Respiratory and Cardiovascular Diseases MENG Zi-qiang, ZHANG Jian, YANG Zhen-hua, LU Bin (Institute of Environmental Medicine and Toxicology, Shanxi University, Sangxi, Taiyuan 030006, China)

Abstract: [Objective] To explore the association between the concentrations of particulate matter $\leq 2.5 \mu m$ in average aerodynamic diameter ($PM_{2.5}$) in the atmosphere and the number of daily outpatient for respiratory and cardiovascular (CV) diseases. [Methods] All major hospitals in the city of Wuwei were selected to report the number of outpatients for respiratory and CV diseases during March 1st to May 31st in 2004. The association between the concentration of $PM_{2.5}$ in the atmosphere and daily outpatient number for the above mentioned diseases was investigated. A semi-parametric generalized additive Poisson regression model (GAM) was fitted to the logarithm of the expected values of daily outpatient number, controlling for smooth functions of long time trends, season, meteorological variables, and calendar effect. [Results] (1) $PM_{2.5}$ concentration was significantly correlated to the number of total respiratory diseases in males and females with a lag of 2 days and 1 day respectively. $PM_{2.5}$

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(编号: 30230310); 山西省自然科学基金项目(编号: 20031092)

作者简介: 孟紫强(1939-), 男, 教授、博导, 研究方向: 环境医学与毒理学

作者单位: 山西大学环境科学与工程研究中心, 山西大学环境医学与毒理学研究所, 山西 太原 030006

concentration was also significantly correlated to the number of bronchitis for males and females with a lag of 1 day and 3 days, respectively; to the number of upper respiratory tract infection (URTI) for males and females with a lag of 2 days; to the number of pneumonia for males and females with a lag of 3 days and 2 days; and also to the number of chronic obstructive pulmonary diseases (COPD) for males with a lag of 2 days; but not significantly correlated to the number of COPD for females; (2) There were significant correlation between $PM_{2.5}$ and the number of total CV diseases for males and females with a lag of 3 days; between $PM_{2.5}$ and the number of rheumatic heart disease for males and females with a lag of 0 days and 1 day, respectively; between $PM_{2.5}$ and the number of hypertension for males with a lag of 1 day, but there was no significant correlation between $PM_{2.5}$ and the number of hypertension for females. $PM_{2.5}$ concentration was also significantly correlated to the number of ischemic cardiovascular diseases for males and females with a lag of 1 days and 5 days, respectively; to the number of arrhythmia for males with a lag of 3 days; to the number of congestive heart failure for males and females with a lag of 5 days and 2 days, respectively. (3) It was shown that in co-pollutant model and multi-pollutant model analysis, after adjusting for SO_2 and/or NO_2 , there was a decreasing effect of $PM_{2.5}$ on relative risk (RR) of daily outpatient number for respiratory diseases with statistical significance. Nevertheless, after adjusting for other pollutants, neither SO_2 nor NO_2 was significant associated with the RR for daily outpatient number for respiratory diseases. (4) It was also shown in these models that, after adjusting for SO_2 and/or NO_2 , there was a decreasing effect of $PM_{2.5}$ on the RR of daily outpatient number for cardiovascular diseases with statistical significance. After adjusting for other pollutants, SO_2 was still significantly associated with the RR of daily outpatient number for cardiovascular diseases for males; after adjusting for SO_2 or $PM_{2.5}/SO_2$, NO_2 was significantly associated with the RR of daily outpatient number for cardiovascular diseases for males. However, neither SO_2 nor NO_2 was significantly associated with the RR of daily outpatient number for cardiovascular diseases for females. (5) Categorical model of $PM_{2.5}$ showed that relative risks of respiratory diseases (bronchitis, URTI, pneumonia, COPD) and cardiovascular diseases (rheumatic heart disease, hypertension, ischemic cardiovascular diseases, arrhythmia, congestive heart failure), which we studied, increased with $PM_{2.5}$ concentrations or intensity of dust events (from normal clean day, light contaminated day to blowing sands day, dust storm day) with a dose-response relationship. [Conclusions] (1) $PM_{2.5}$ derived from dust events was positively associated with increasing of outpatient visits for many respiratory and cardiovascular diseases in males and females with the effect of various lags. The effect of dust and sand events on the male subjects with hypertension was higher than those on the females. (2) There was a dose-response relationship between the $PM_{2.5}$ concentrations and relative risks of respiratory and cardiovascular diseases. (3) Because of strong association between concentration of $PM_{2.5}$ and intensity of dust events, the relative risks of many respiratory and cardiovascular diseases increased with intensity of dust events: normal clean day < light contaminated day < blowing sands day < dust storm day. (4) In this paper, the categories of dust events were divided firstly according to the levels of airborne $PM_{2.5}$. This method was more scientific and reliable than that according to the air visibility.

Key Words: dust events; $PM_{2.5}$; respiratory diseases; cardiovascular diseases; daily outpatient number; semi-parametric generalized additive model

大量研究发现,大气颗粒物尤其是细颗粒物($PM_{2.5}$)能引起呼吸及心血管系统疾病患病率、死亡率升高^[1,2],但绝大多数研究涉及的都是由于交通与工业污染引起的人为源 $PM_{2.5}$ 对健康的影响。对于沙尘天气所引起的以自然源为主的 $PM_{2.5}$ 对人体健康的影响尚未见报道,本项目对我国西北沙尘天气高发区——甘肃省武威市沙尘天气 $PM_{2.5}$ 浓度与该市居民在大中型医院的呼吸、心血管系统常见疾病日门诊就诊人数的关系进行研究,以探讨沙尘天气及其细颗粒物对人体健康的影响。

1 对象与方法

1.1 研究时间及地点

2004年3~5月以甘肃省武威市为本研究的地点,该地区气象特征见文献[3]。

1.2 研究对象

呼吸与心血管系统疾病门诊病例资料来自武威市所有大中型医院(共7所)。呼吸与心血管系统疾病的统计,根据国际疾病分类标准第10版(ICD-10)^[4]进行。逐日地面气象资料

(如气温、相对湿度、大气压等)来自武威市气象局,逐日气象污染物检测数据二氧化硫(SO_2)、二氧化氮(NO_2)来自武威市环境监测站。本研究采用 $PM_{2.5}$ 大流量大气采样器(Thermo Andersen)24h连续现场采样,并计算 $PM_{2.5}$ 24h平均浓度。

1.3 统计分析

每日因呼吸、心血管系统疾病而去医院门诊相对居民总体来说是小概率事件,其统计学分布近似于泊松分布,故本研究采用对数线性模型基础上的半参数广义相加泊松回归模型(GAM),在排除了长期趋势、日历效应、气象因素等混杂因素影响的基础上,将逐日 $PM_{2.5}$ 、 SO_2 、 NO_2 浓度作为线性变量引入模型,分析大气污染物对呼吸、心血管系统疾病日门诊人数的影响。具体模型见文献[3]。

为了分析大气污染物暴露对每日呼吸、心血管系统疾病门诊人数的定量影响,本研究同时考虑了单污染及多污染模型,并按性别分层建立模型。在模型建立的过程中,也考虑了大气污染物暴露对居民门诊的滞后效应。采用Akaike信息标准(AIC)进行模型拟合优度检验^[5]。

根据模型估算出大气污染物的回归系数 β , 计算当日污染物变化单位浓度四分位距 (interquartile range, IQR) 时, 居民每日呼吸、心血管系统疾病门诊数自然对数的相对改变量, $RR = \exp(\beta \times IQR)$, 并在此基础上计算 RR 的 95% 的可信区间 (95%CI)^[5]。

此外, 为了比较不同沙尘天气与正常天气 $PM_{2.5}$ 水平对呼吸、心血管系统疾病门诊人数的影响, 本研究根据当地实际情况^[3], 将 $PM_{2.5}$ 的浓度分成水平 1, 即 $38.8\sim65.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ [美国环境保护总局 (EPA) 空气质量标准, 本文定义为正常清洁天气 $PM_{2.5}$ 水平]; 水平 2, 即 $65.0\sim95.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ (高于 EPA 空气质量标准的非沙尘天气, 本文定义为轻度污染天气 $PM_{2.5}$ 水平); 水平 3, 即 $95.4\sim167.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ (扬沙天气 $PM_{2.5}$ 水平); 水平 4, 即 $167.6\sim192.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ (沙尘暴天气 $PM_{2.5}$ 水平) 4 个浓度水平, 并将其作为分类变量引入 GAM 模型重新估计, 以此来检验是否与天气类型有关及是否与 $PM_{2.5}$ 存在剂量-效应关系^[6]。

本研究采用 S-Plus 6.2 软件进行统计处理。

2 结果

2.1 描述性统计分析

本研究对武威市 2004 年 3 月 1 日至 5 月 31 日的气象因素、大气颗粒物和气态污染物浓度频数分布进行了统计分析。分析结果表明, 研究期间 $PM_{2.5}$ 日均值高于美国 EPA 的空气质量标准 ($\leq 65\mu\text{g}/\text{m}^3$), 在扬沙和沙尘暴发生时 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 浓度明显增加且均超过国家空气质量二级标准。而 SO_2 和 NO_2 均远低于国家空气质量的二级标准。这说明该区的主要污染物为沙尘颗粒物, SO_2 和 NO_2 对大气污染的贡献不大, 相关详细分析资料见文献[3]。

表 1 可见观察期间 7 所医院呼吸、心血管系统疾病每日门诊人数的频数分布。呼吸、心血管系统疾病门诊总数为 15 754 人次, 男女比例为 1:0.84。其中呼吸系统疾病门诊人数日均 140.68 人, 男女比例为 1:0.79。其中, 上呼吸道感染 (URTI) 患者最多, 占总呼吸系统疾病日门诊人数的 53.12%, 其次为肺炎 16.17%、慢性阻塞性肺部疾病 (COPD) 13.68% 和气管炎 12.93% 等。研究期间心血管疾病门诊患者日均 30.56 人, 男女比例为 1:1.09。其中高血压患者最多, 占总心血管疾病日门诊人数的 25.92%, 其次为缺血性心血管疾病 (IHD) 20.75%、风湿性心脏病 16.10%、心律失常 15.48% 及充血性心力衰竭 8.61% 等。

表 1 2004 年 3~5 月武威市大中型医院呼吸与心血管疾病门诊人数的频数分布

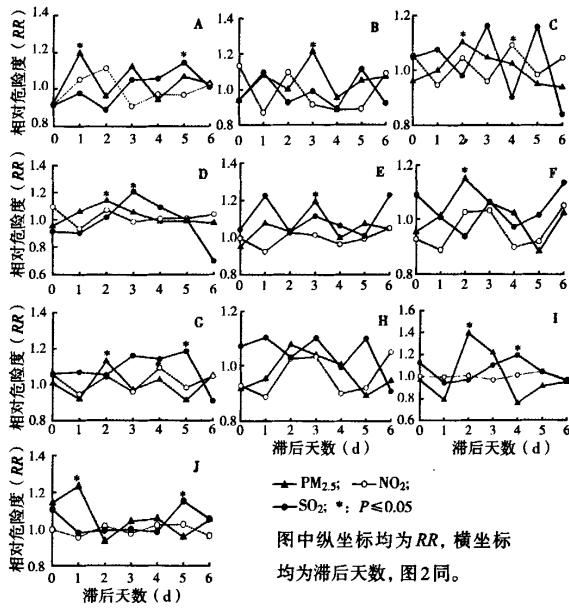
Table 1 Description of daily respiratory and cardiovascular outpatient number from March 1st to May 31st in 2004, Wuwei City, Gansu Province

疾病 (Diseases)	性别 (Sex)	均值 (Mean)	标准差 (SD)	最小值 (Minimum)	P_{25}	P_{50}	P_{75}	最大值 (Maximum)
呼吸系统疾病 (Respiratory diseases)								
气管炎 (Tracheitis and bronchitis)	男 (Male)	10.12	5.75	0	6.00	10.00	13.00	37
	女 (Female)	8.07	4.36	0	5.00	8.00	11.00	24
上呼吸道感染 (URTI)								
	男 (Male)	40.84	14.95	13	30.00	40.00	52.75	76
	女 (Female)	33.89	14.19	8	24.00	33.00	43.00	90
肺炎 (Pneumonia)								
	男 (Male)	14.59	7.9	1	8.00	13.00	20.00	39
	女 (Female)	8.16	4.72	0	4.25	7.00	11.00	21
慢性阻塞性肺部病 (COPD)								
	男 (Male)	9.92	5.13	1	6.00	10.00	14.00	21
	女 (Female)	9.33	5.79	0	5.00	8.00	14.00	28
总呼吸系统疾病 (Total respiratory diseases)								
	男 (Male)	78.35	27.09	26	53.00	83.00	95.00	140
	女 (Female)	62.33	23.94	12	44.00	64.00	77.00	145
心血管系统疾病 (Cardiovascular diseases)								
风湿性心脏病 (Rheumatic heart diseases)								
	男 (Male)	1.90	1.48	0	1.00	2.00	2.00	6
	女 (Female)	3.02	2.49	0	1.00	3.00	4.00	14
高血压 (Hypertension)								
	男 (Male)	3.48	2.18	0	2.00	3.00	5.00	9
	女 (Female)	4.44	3.02	0	2.00	4.00	6.00	16
缺血性心血管疾病 (Ischemic cardiovascular diseases)								
	男 (Male)	3.12	2.39	0	1.00	3.00	4.00	12
	女 (Female)	3.22	2.33	0	1.00	3.00	5.00	10
心律失常 (Arrhythmia)								
	男 (Male)	2.48	2.26	0	1.00	2.00	4.00	9
	女 (Female)	2.25	2.09	0	1.00	2.00	3.00	11
充血性心力衰竭 (Congestive heart failure)								
	男 (Male)	1.53	1.39	0	0.25	1.00	2.00	6
	女 (Female)	1.10	1.41	0	0.00	1.00	2.00	7
总心血管系统疾病 (Total cardiovascular diseases)								
	男 (Male)	14.63	6.34	1	11.00	15.00	19.00	27
	女 (Female)	15.93	6.82	1	10.00	17.00	21.00	31

2.2 单污染模型拟合结果

图1、2分别显示在单污染模型下大气PM_{2.5}、SO₂、NO₂日平均浓度每上升1个IQR时,居民呼吸、心血管系统疾病日门诊RR。

从图1可知,PM_{2.5}与男、女总呼吸系统疾病门诊人数呈正相关且滞后一定时间,对男性与女性门诊RR有意义的滞后天数略有不同,分别在滞后2d(lag2)和1d(lag1)有统计学意义。SO₂与男、女总呼吸系统疾病门诊人数分别在滞后4d和5d的联系有统计学意义。NO₂与男、女总呼吸系统疾病门诊人数的联系均未见统计学意义。PM_{2.5}(lag1)、SO₂(lag5)对男性气管炎门诊人数的影响有统计学意义,PM_{2.5}(lag3)对女性气管炎门诊人数的影响有统计学意义;PM_{2.5}(lag2)、NO₂(lag4)对男性上呼吸道感染门诊人数的影响有统计学意义,PM_{2.5}(lag2)、SO₂(lag3)对女性上呼吸道感染门诊人数的影响有统计学意义;PM_{2.5}在滞后3d和2d分别对男性和女性肺炎门诊人数的影响有统计学意义;PM_{2.5}(lag2)、NO₂(lag4)、SO₂(lag5)对男性COPD门诊人数的影响均有统计学意义,而对女性COPD门诊人数的影响均无统计学意义。



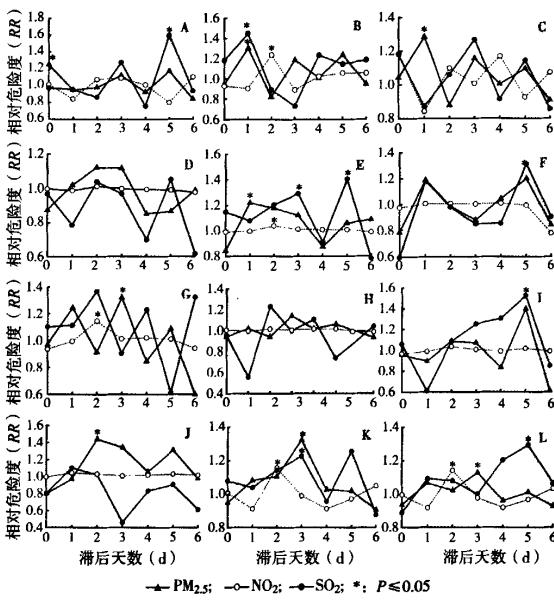
A: 男性气管炎 (Tracheitis and bronchitis for male); B: 女性气管炎 (Tracheitis and bronchitis for female); C: 男性上呼吸道感染 (URTI for male); D: 女性上呼吸道感染 (URTI for female); E: 男性肺炎 (Pneumonia for male); F: 女性肺炎 (Pneumonia for female); G: 男性慢性阻塞性肺部疾病 (COPD for male); H: 女性慢性阻塞性肺部疾病 (COPD for female); I: 男性总呼吸系统疾病 (Total respiratory diseases for male); J: 女性总呼吸系统疾病 (Total respiratory diseases for female)。

图1 呼吸系统疾病日门诊RR单污染模型分析

Figure 1 Relative risks of the association between PM_{2.5}, NO₂, SO₂ and daily respiratory outpatient number in single-pollutant model

从图2可知,PM_{2.5}与男、女总心血管系统疾病门诊人数存在正相关且均在滞后3d有统计学意义,NO₂与男、女总心血管

系统疾病门诊人数均在滞后2d的联系有统计学意义,SO₂与男、女总心血管系统疾病门诊人数分别在滞后3d和5d的联系有统计学意义。PM_{2.5}(lag0)、SO₂(lag5)对男性风湿性心脏病门诊人数的影响有统计学意义,PM_{2.5}(lag1)、NO₂(lag2)、SO₂(lag1)对女性风湿性心脏病门诊人数的影响有统计学意义;只有PM_{2.5}与男性高血压门诊人数滞后1d的联系有统计学意义。PM_{2.5}(lag1)、NO₂(lag2)、SO₂(lag3、lag5)对男性缺血性心血管疾病门诊人数的影响有统计学意义,PM_{2.5}(lag5)对女性缺血性心血管疾病门诊人数的影响有统计学意义;PM_{2.5}(lag3)、NO₂(lag2)对男性心律失常门诊人数的影响有统计学意义;PM_{2.5}分别在滞后5d和2d对男性和女性充血性心力衰竭门诊人数的影响有统计学意义。



A: 男性风湿性心脏病 (Rheumatic heart disease for male); B: 女性风湿性心脏病 (Rheumatic heart disease for female); C: 男性高血压 (Hypertension for male); D: 女性高血压 (Hypertension for female); E: 男性缺血性心血管疾病 (Ischemic cardiovascular disease for male); F: 女性缺血性心血管疾病 (Ischemic cardiovascular disease for female); G: 男性心律失常 (Arrhythmia for male); H: 女性心律失常 (Arrhythmia for female); I: 男性充血性心力衰竭 (Congestive heart failure for male); J: 女性充血性心力衰竭 (Congestive heart failure for female); K: 男性总心血管系统疾病 (Total cardiovascular diseases for male); L: 女性总心血管系统疾病 (Total cardiovascular diseases for female)。

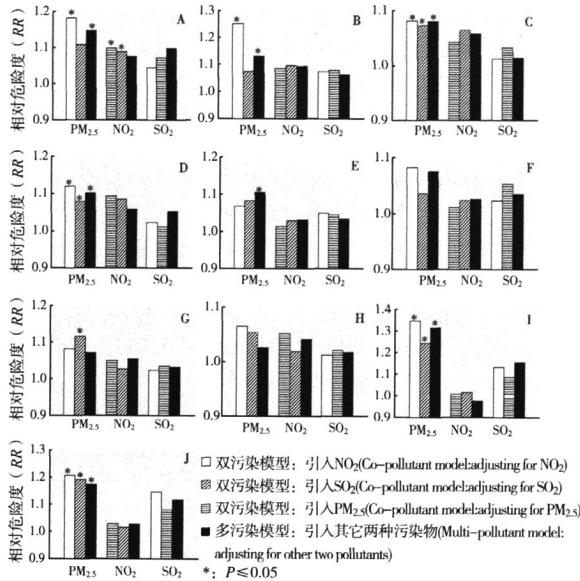
图2 心血管系统疾病日门诊RR单污染模型分析

Figure 2 Relative risks of the association between PM_{2.5}, NO₂, SO₂ and daily cardiovascular outpatient number in single-pollutant model

2.3 双污染和多污染模型拟合结果

将PM_{2.5}与SO₂和(或)NO₂引入GAM方程进行双污染和多污染模型分析,研究引入其他污染物后它们对呼吸系统及心血管系统疾病日门诊人数的影响,研究结果见图3、4。

从图 3 可知, 在引入 SO_2 和(或) NO_2 后, $\text{PM}_{2.5}$ 对男、女性总呼吸系统疾病日门诊人数的影响均比单污染模型分析有所降低, 但仍然均有统计学意义。然而, 在分别引入其他污染物后, SO_2 和 NO_2 均变得无统计学意义。



A: 男性气管炎 (Tracheitis for male); B: 女性气管炎 (Tracheitis for female); C: 男性上呼吸道感染 (URTI for male); D: 女性上呼吸道感染 (URTI for female); E: 男性肺炎 (Pneumonia for male); F: 女性肺炎 (Pneumonia for female); G: 男性慢性阻塞性肺部疾病 (COPD for male); H: 女性慢性阻塞性肺部疾病 (COPD for female); I: 男性总呼吸系统疾病 (Total respiratory diseases for male); J: 女性总呼吸系统疾病 (Total respiratory diseases for female)

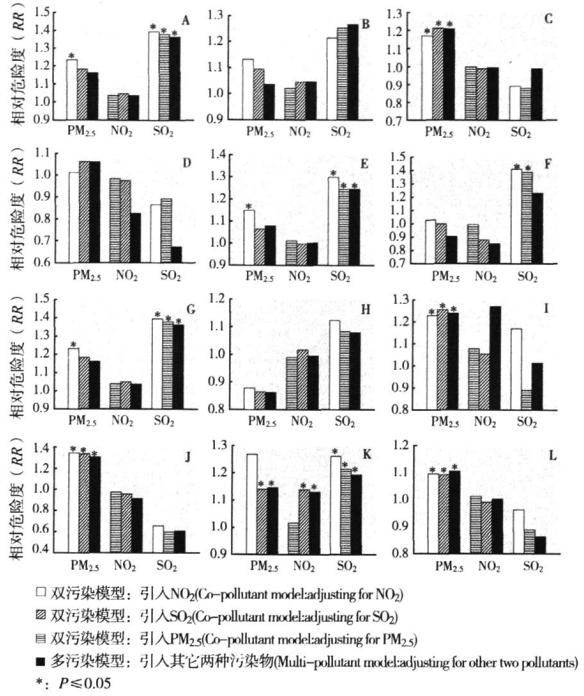
图 3 用双污染模型与多污染模型分析呼吸系统疾病门诊 RR

Figure 3 Relative risks of the association between $\text{PM}_{2.5}$, NO_2 , SO_2 and daily respiratory outpatient number in co-pollutant model and multi-pollutant model

从图 4 可知, 在引入 SO_2 和(或) NO_2 后, $\text{PM}_{2.5}$ 对男、女性总心血管系统疾病门诊人数的影响均比单污染模型分析有所下降, 但仍有统计学意义。对于男性门诊人数, 在分别引入其他污染物后, NO_2 或 SO_2 对总心血管系统疾病门诊人数的影响仍具有统计学意义; 而对于女性, 在分别引入其他污染物后, SO_2 和 NO_2 均无统计学意义。本研究认为, 在沙尘暴源区或近源区, 虽然 SO_2 和 NO_2 的污染并不严重, 但由于颗粒物污染严重, 这是否使 SO_2 和 NO_2 的危害加重, 对此尚需进一步研究。

2.4 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度分类模型拟合结果

图 5~7 显示了男、女呼吸与心血管系统疾病门诊 RR_L (RR_L 指在不同类型沙尘天气的不同 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度水平下门诊 RR) 在不同 $\text{PM}_{2.5}$ 水平下的变化情况。可以看出, 由于性别以及疾病的差异, 使得不同性别与不同疾病的门诊 RR_L 略有不同。但总的的趋势是随着 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度水平的增大, 各种疾病门诊 RR_L 也随之增高, 表现出了一定的剂量-效应关系。



A: 男性风湿性心脏病 (Rheumatic heart disease for male); B: 女性风湿性心脏病 (Rheumatic heart disease for female); C: 男性高血压 (Hypertension for male); D: 女性高血压 (Hypertension for female); E: 男性缺血性心血管疾病 (Ischemic cardiovascular disease for male); F: 女性缺血性心血管疾病 (Ischemic cardiovascular disease for female); G: 男性心律失常 (Arrhythmia for male); H: 女性心律失常 (Arrhythmia for female); I: 男性充血性心力衰竭 (Congestive heart failure for male); J: 女性充血性心力衰竭 (Congestive heart failure for female); K: 男性总心血管系统疾病 (Total cardiovascular diseases for male); L: 女性总心血管系统疾病 (Total cardiovascular diseases for female)

图 4 用双污染模型与多污染模型分析心血管系统疾病门诊 RR

Figure 4 Relative risks of the association between $\text{PM}_{2.5}$, NO_2 , SO_2 and daily cardiovascular outpatient number in co-pollutant model and multi-pollutant model

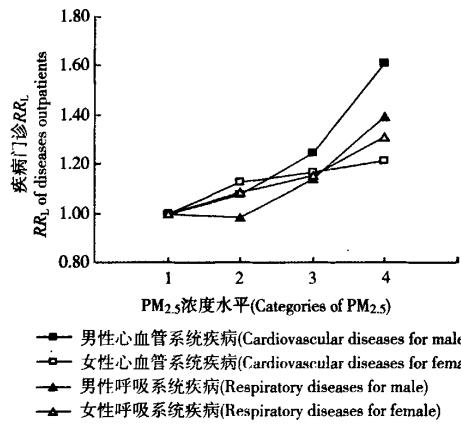


图 5 不同沙尘天气 $\text{PM}_{2.5}$ 水平下的居民总呼吸系统疾病和总心血管系统疾病门诊 RR_L

Figure 5 RR_L of total respiratory and total cardiovascular disease outpatients at levels of $\text{PM}_{2.5}$ for various categories of dust events

3 讨论

本项目探讨了甘肃省武威市沙尘天气 $PM_{2.5}$ 对居民呼吸、心血管系统系统几种常见疾病的影响,发现沙尘天气 $PM_{2.5}$ 对呼吸、心血管系统疾病日门诊人数的影响存在正相关联系且有滞后一定时间的特征。

居民每日门诊人数作为一个时间序列变量,易受许多随时变化的混杂因子的影响,如果不控制这些因素对日门诊人数的影响,就很容易产生混杂偏倚,甚至发生生态学谬误。由于这些因素多是随时变化的,或呈现长期趋势,或呈现季节变化,所以,在GAM分析中通过利用时间的非参数平滑样条函数以达到控制这些与时间相关的混杂因素的目的。在GAM分析中,引入DOW变量是为了控制短期波动的影响。气象因素对居民每日门诊人数有着显著的影响,且这种影响的暴露-反应关系并非一定是直线关系,因此,本项目也采用非参数平滑样条函数对其进行处理^[8]。

研究结果表明,沙尘天气 $PM_{2.5}$ 可引起暴露居民多种呼吸系统疾病(气管炎、URTI、肺炎、COPD)和多种心血管系统疾病(风湿性心脏病、高血压、缺血性心血管疾病、心律失常、充血性心力衰竭)日门诊人数增加,其原因可能与沙尘天气 $PM_{2.5}$ 的高浓度、高毒性有关。本实验室研究了包头和武威地区2004、2005两年沙尘暴和扬沙天气 $PM_{2.5}$ 对大鼠肺泡巨噬细胞的毒理学效应,结果表明沙尘 $PM_{2.5}$ 的毒性虽然比污染城市的空气 $PM_{2.5}$ 的毒性偏低,但在很多研究指标上并无统计学差异^[9-11]。众所周知,肺泡巨噬细胞受到损害时,呼吸系统的免疫防御功能降低,对空气中致病微生物的侵染抵抗能力减弱,使暴露居民易于发生上呼吸道感染、气管炎及肺炎等疾病,从而可引起呼吸系统疾病日门诊 RR_L 增高。文献报道, $PM_{2.5}$ 可以通过氧化损伤途径致血管内皮细胞死亡,引起血管重塑,使血管变得僵硬,压力负荷增加,血压升高,导致心血管疾病的發生^[12]。短期 $PM_{2.5}$ 暴露会引起健康者心率变异性降低。心率变异性是反映心脏自主神经张力的最敏感指标,它的减少与严重心律失常及心脏病猝死等密切相关,可视为心肌自主功能紊乱的一个重要参考指标^[13]。

本研究结果与国内外一些权威部门的研究结果和认识是一致的。各种大气污染物中,颗粒物,特别是细颗粒物,已被公认是对人体健康危害最大且代表性最强的大气污染物。WHO、EPA、欧盟等诸多国际机构在评价大气污染健康危害时均选择颗粒物作为代表性大气污染物^[14]。 $PM_{2.5}$ 由于其比表面积较大而易成为其他有毒有害物质的运载体或反应体,其表面可吸附大量的有毒有害物质(如有毒重金属、酸性氧化物、有机污染物、细菌和病毒等),且能较长时间停留在空气中通过呼吸沉积在肺泡并进入血液,从而对人体的呼吸、心血管系统健康造成损害^[15]。

本研究结果表明沙尘天气对多种疾病影响的主要因子是 $PM_{2.5}$,这与文献报道的 $PM_{2.5}$ 流行病研究结果也是一致的。长期以来,大量流行病学研究发现 $PM_{2.5}$ 浓度的增高与心肺疾病的超额发病率、死亡率相关,尤其是在原先患有呼吸、心血管系统系统疾病的人群及身体状况不佳的老年人中^[16]。SCHWARTZ采用时间序列分析方法发现当大气中 $PM_{2.5}$ 浓度增

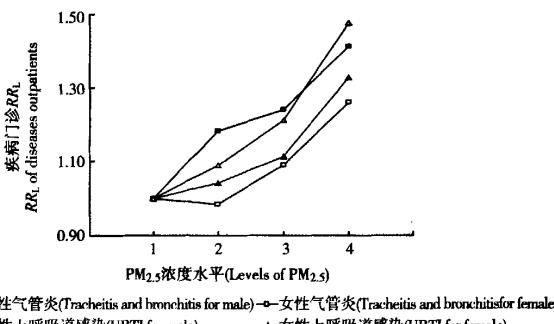


Figure 6 RR_L of respiratory disease outpatients at levels of $PM_{2.5}$ for various categories of dust events

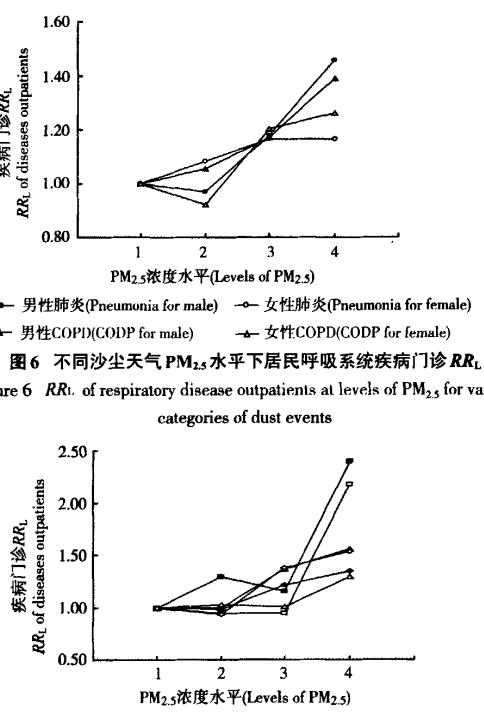


Figure 6 RR_L of respiratory disease outpatients at levels of $PM_{2.5}$ for various categories of dust events

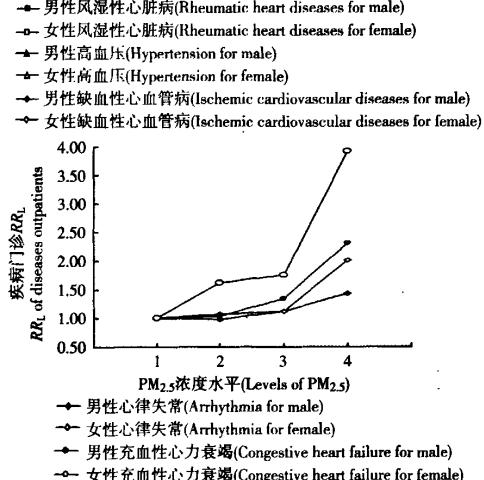


Figure 7 RR_L of cardiovascular disease outpatients at levels of $PM_{2.5}$ for various categories of dust events

加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 时, 暴露人群的总死亡率上升, 并发现肺炎、心脏病及其他一些疾病死亡率的上升随着暴露时间的延长而增高^[17]。国内研究发现, 空气中 $\text{PM}_{2.5}$ 与儿童呼吸系统患病发生率呈线性正相关关系, 其影响比 SO_2 、 NO_x 更严重^[18]。美国一项为期 16 年(1982~1998)的研究显示, $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 年总死亡率、心肺疾病死亡率以及肺癌的死亡率分别增加 4%、6% 和 8%, 而其中缺血性心脏病 RR 增加最大^[19]。有研究报道, 在加拿大的多伦多, $\text{PM}_{2.5}$ 每上升 $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 因呼吸、心血管系统疾病入院人数上升 3.3%; 每上升 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 心律失常的入院人数增加 4.33%; 每上升 $3.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 缺血性心脏病和心衰的入院人数分别增加 5.73% 及 4.70%^[20]。HOLGUIN 等在墨西哥城调查了 $\text{PM}_{2.5}$ 对老年人心率可变性(HRV)的影响, 发现当地 $\text{PM}_{2.5}$ 日平均浓度每上升 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 会引起 HRV 高频部分明显下降(5%), 高血压患者下降幅度更大(7.1%)^[21]。但这些研究都是针对发达地区城市大气的污染情况, 其 $\text{PM}_{2.5}$ 主要来源于交通和工业污染, 对于自然源的 $\text{PM}_{2.5}$, 尤其是沙尘暴所引起 $\text{PM}_{2.5}$ 短期内浓度骤然增加, 对呼吸、心血管系统健康的影响至今还未见报道, 而本研究填补了这方面研究的不足。沙尘 $\text{PM}_{2.5}$ 在大气中停留时间很长、输送距离很远, 且可能途经污染严重的地区, 使 $\text{PM}_{2.5}$ 的浓度和毒性随迁移而增高, 危害更加严重^[22]; 加之, 沙尘天气(包括沙尘暴)的发生将随着全球气候变暖而愈加严重, 这必将引起全社会对沙尘天气 $\text{PM}_{2.5}$ 医学和健康问题的重视。

总之, 本研究结果指出, 沙尘天气 $\text{PM}_{2.5}$ 可引起暴露居民的多种呼吸系统疾病(气管炎、URTI、肺炎、COPD)和多种心血管疾病(风湿性心脏病、高血压、缺血性心血管疾病、心律失常、充血性心力衰竭)日门诊人数增加, $\text{PM}_{2.5}$ 浓度与呼吸、心血管系统疾病门诊相对危险度存在一定的剂量效应关系, 暴露居民呼吸、心血管系统多种疾病日门诊相对危险度随沙尘天气的强度增大而增大, 由低到高依次为: 正常清洁天、轻度污染天、扬沙天、沙尘暴天。

参考文献:

- [1] ZANOBETTI A, SCHWARTZ J, DOCKERY D W. Airborne particles are a risk factor for hospital admissions for heart and lung disease [J]. Environ Health Perspect, 2000, 108 (11): 1071-1078.
- [2] POPE C A, BATES D V, RAIZENNE M E. Health effects of particulate air pollution: Time for reassessment [J]. Environ Health Perspect, 1995, 103 (5): 472-480.
- [3] 孟紫强, 卢彬, 张剑. 沙尘天气颗粒物对呼吸与心血管系统疾病日入院人数的影响 [J]. 环境与职业医学, 2008, 25 (1): 1-7.
- [4] 卫生部卫生统计信息中心, 北京协和医院世界卫生组织疾病分类合作中心. 国际疾病分类(ICD-10)应用指导手册 [M]. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2001: 187-229.
- [5] AKAIKE H. Factor analysis and AIC [J]. Psychometric, 1987, 52 (3): 317-332.
- [6] LUGINAAH IN, FUNG K Y, GOREY K M, et al. Association of ambient air pollution with respiratory hospitalization in a government-designated "area of concern": the case of Windsor, Ontario [J]. Environ Health Perspect, 2005, 113 (3): 290-296.
- [7] LIN C A, AMADOR PEREIRA L A, DE SOUZA CONCEICAO G M, et al. Association between air pollution and ischemic cardiovascular emergency room visits [J]. Environ. Res., 2003, 92 (1): 57-63.
- [8] 孟紫强, 卢彬, 周义, 等. 沙尘天气对呼吸系统疾病日入院人数影响的时间序列研究(1995~2003年) [J]. 环境科学学报, 2006, 26 (11): 1900-1908.
- [9] GENG H, MENG Z Q, ZHANG Q X. Effects of blowing sand fine particles on plasma membrane permeability and fluidity, and intracellular calcium levels of rat alveolar macrophages [J]. Toxicology Letter, 2005, 157 (2): 129-137.
- [10] 耿红, 孟紫强. 沙尘暴 $\text{PM}_{2.5}$ 水溶和有机成分对巨噬细胞的损伤 [J]. 中国环境科学, 2006, 26 (1): 20-24.
- [11] 耿红, 孟紫强. 沙尘暴细颗粒物对大鼠肺泡巨噬细胞钙水平和脂质过氧化的影响 [J]. 环境科学学报, 2005, 25 (6): 845-850.
- [12] 董晨, 宋伟民, 施炜闻. $\text{PM}_{2.5}$ 颗粒物引起血管内皮细胞氧化损伤的研究 [J]. 卫生研究, 2005, 34 (2): 169-171.
- [13] MACARI S R, HAUSER R, SCHWARTZ J, et al. Association of heart rate variability with occupational and environmental exposure to particulate air pollution [J]. Circulation, 2001, 104 (9): 986-991.
- [14] 谢显姝. 大气颗粒物对人体健康影响研究进展 [J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 2006, 33 (4): 205-208.
- [15] 孟紫强, 张剑. 沙尘暴对呼吸及循环系统疾病日门诊量的影响 [J]. 中国环境科学, 2007, 27 (1): 116-120.
- [16] 戴海夏, 宋伟民. 大气 $\text{PM}_{2.5}$ 的健康影响 [J]. 国外医学卫生学分册, 2001, 28 (3): 298-303.
- [17] SCHWARTZ J. Harvesting and long term exposure effects in the relation between air pollution and mortality [J]. Am J Epidemiol, 2000, 151 (5): 440-448.
- [18] 魏盛富, 胡伟, 腾恩江, 等. 空气污染与儿童呼吸系统患病率的相关分析 [J]. 中国环境科学, 2000, 20 (3): 220-224.
- [19] POPE C A, BURNETT R T, THURSTON G D, et al. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease [J]. Circulation, 2004, 109 (1): 71-77.
- [20] BURNETT R T, SMITH D M, STIEB D, et al. Effects of particulate and gaseous air pollution on cardiopulmonary hospitalizations [J]. Arch Environ Health, 1999, 54 (2): 130-139.
- [21] HOLGUIN F, TELLEZ-ROJO M M, HERNANDEZ M, et al. Air pollution and heart rate variability among the elderly in Mexico City [J]. Epidemiology, 2003, 14 (5): 521-527.
- [22] 孟紫强, 胡敏, 郭新彪, 等. 沙尘暴对人体健康影响的研究现状 [J]. 中国公共卫生, 2003, 19 (4): 471-472.

(收稿日期: 2007-05-17)

(校对: 洪琪, 王晓宇)