

沙尘天气 PM₁₀ 对多种心血管疾病日门诊人数的影响

杨振华,张月霞,张全喜,张 剑,卢 彬,孟紫强* (山西大学环境科学研究所,环境医学与毒理学研究所,山西太原 030006)

摘要: 为研究沙尘天气大气可吸入颗粒物(PM₁₀)与心血管系统疾病每日门诊人数的联系,采用半参数广义相加泊松回归模型(GAM),在排除了混杂因素如季节趋势、日历效应、气象因素和时间长期趋势等作用的前提下,分析 2004 年 3 月 1 日~5 月 31 日沙尘暴频发区——甘肃省武威市大气 PM₁₀ 与多种心血管疾病每日门诊相对危险度(RR)的关系.结果表明,PM₁₀ 与男、女总心血管系统疾病门诊 RR 均在滞后第 2d(lag2)的联系有统计学意义.PM₁₀ 分别在 lag3 和 lag4 对男、女性风湿性心脏病门诊 RR 的影响有统计学意义;PM₁₀(lag2)与男性高血压门诊 RR 的联系有统计学意义.PM₁₀ 在 lag2 对男性缺血性心血管疾病门诊 RR 的影响有统计学意义;PM₁₀ 对男、女性心律失常以及充血性心力衰竭门诊 RR 的影响均无统计学意义.在调整了 SO₂ 和/或 NO₂ 后,PM₁₀ 对男、女性心血管系统疾病门诊 RR 的作用有所下降,但在统计学上仍有意义.然而在分别调整了其他污染物后,SO₂ 和 NO₂ 变得无统计学意义.沙尘天气 PM₁₀ 浓度分类模型分析表明,从正常清洁天、轻度污染天到扬尘天气、沙尘暴天气,随着 PM₁₀ 浓度水平的增大,心血管系统疾病(缺血性心血管疾病、充血性心力衰竭、心律失常、高血压、风湿性心脏病)门诊 RR 也随之增高,呈现一定的剂量效应关系.沙尘天气可吸入颗粒物可引起暴露居民多种心血管系统疾病(缺血性心血管疾病、充血性心力衰竭、心律失常、高血压、风湿性心脏病)门诊人数增多,且均呈现滞后效应. PM₁₀ 浓度与心血管系统疾病门诊 RR 表现为一定的剂量效应关系.PM₁₀ 浓度与沙尘天气强度有密切关系,随着 PM₁₀ 浓度与沙尘天气强度的增大,暴露居民心血管系统多种疾病日门诊 RR 也增大,具体为:正常清洁天<轻度污染天<扬尘天<沙尘暴天.

关键词: 沙尘天气; PM₁₀; 心血管疾病; 每日门诊 RR; GAM 模型

中图分类号: X503.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6923(2015)01-0277-08

Association of PM₁₀ derived from dust events with daily outpatient number for cardiovascular diseases. YANG Zhen-hua, ZHANG Yue-xia, ZHANG Quan-xi, ZHANG Jian, LU Bin, MENG Zi-qiang* (Institute of Environmental Science, Institute of Environmental Medicine and Toxicology, Shanxi University, Taiyuan 030006, China). *China Environmental Science*, 2015,35(1): 277~284

Abstract: To explore the association between atmosphere particulate matter with an aerodynamic diameter less than 10 μm (PM₁₀) and daily outpatient visits for cardiovascular diseases, all good-sized hospitals in Wuwei city in Gansu province, northwest of China, in which blowing sands and dust storm have taken place frequently, were selected. During the period from March 1st to May 31st in 2004, the association between the concentrations of PM₁₀ and daily outpatient visits for cardiovascular diseases was investigated when dust and sand events occurred frequently. The semi-parametric generalized additive Poisson regressions model (GAM) was used to analyze the associations between PM₁₀, NO₂, SO₂ and daily cardiovascular outpatient number relative risks by controlling the long time trends, season, meteorological variables, and calendar effect. The results showed that PM₁₀ was significantly associated with increased outpatient visits from a lag of 2 days total cardiovascular diseases in the male and female patients, while PM₁₀ was significantly related to a lag of 3 days and 4 days rheumatic heart disease for males and females, respectively. Besides, the results confirmed the positive and statistically significant association between PM₁₀ with a lag of 2 days and the outpatient visits for male hypertension or with male ischemic cardiovascular diseases. The nonsignificant effects were observed in female hypertension visits or in arrhythmia and congestive heart failure visitors for males and females. Co-pollutant model and multi-pollutant model pointed out that, after adjusting for SO₂ and/or NO₂, there was a decreasing effect of PM₁₀ on daily outpatient numbers for

收稿日期: 2014-05-20

基金项目: 国家自然科学基金(30230310,21107064);山西省自然科学基金(20031092,2012021033-4);山西省高校科技研究项目(20120010501)

* 责任作者, 教授, zqmeng@sxu.edu.cn

cardiovascular diseases, but positive significant association was still retained. Nevertheless, after adjusting for other pollutants, the association between daily outpatient numbers for cardiovascular diseases and neither SO_2 nor NO_2 was significant. Categorical model of PM_{10} showed that relative risks of cardiovascular diseases (rheumatic heart disease, hypertension, ischemic cardiovascular diseases, arrhythmia, congestive heart failure) were increased with intensity of dust and sand events (from normal clean day, light contaminated day to blowing sands day, dust storm day) in a dose-related manner. PM_{10} derived from dust and sand events was positively associated with increasing of many cardiovascular disease outpatient visits for males and females with the effect across various lags. The effect of dust and sand events on the male subjects with hypertension was higher than those on the females. There is a dose-related manner between the concentrations of PM_{10} and relative risks of cardiovascular diseases. Because of strong association between PM_{10} concentrations and intensity of dust events, the relative risks of many cardiovascular diseases were increased with intensity of dust and sand events, and the influence order was: normal clean day<light contaminated day<blowing sands day< dust storm day.

Key words: dust events; PM_{10} ; cardiovascular diseases; daily outpatient RR; semi-parametric generalized additive model

由于 PM_{10} 可吸附大量的有害物质如有机污染物和重金属元素等,造成人体心血管系统患病率乃至死亡率的上升^[1-2],故一直倍受人们关注.沙尘天气包括沙尘暴、扬沙天气和浮尘天气,沙尘天气发生时会导致空气中 PM_{10} 浓度急剧升高,从而对人群造成急慢性健康损害.在韩国进行的一项调查发现, PM_{10} 与心血管系统疾病人数的增加有关^[3].在美国进行的一项研究对 1987~1994 年期间 20 个大城市的空气污染与发病率、死亡率关系的研究发现:大气中 PM_{10} 浓度每增加 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$,心肺疾病死亡率、人群总死亡率分别提高 0.68%、0.51%^[4].另有文献报道,大气中 PM_{10} 的水平与每日心肺疾病病死率和总死亡率有关,当 PM_{10} 每增加 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$,总死亡率就增加 1%,心血管疾病死亡率增加 1.4%^[5].王宛怡等^[6]对 2002 年 1 月 1 日~2002 年 12 月 31 日北京市大气 PM_{10} 日均浓度与居民心血管系统疾病日就诊人次进行定量回归分析,结果发现大气 PM_{10} 浓度每上升 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$,当天的心血管系统疾病日就诊人次增加 0.380%.贾健等^[7]对上海市闸北区 2000 年 6 月 1 日~2002 年 12 月 31 日期间大气污染与居民死亡率之间的关系进行了系统研究,结果发现大气中 PM_{10} 浓度每增加 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$,人群总死亡率的 OR 值为 1.007.但以上研究主要针对发达地区来源于工业污染和道路交通的 PM_{10} 污染情况,对于沙尘暴所引起自然源的 PM_{10} 对心血管健康的影响尚未见报道.本文选择甘肃省武威市就沙尘

天气可吸入颗粒物与居民心血管系统多种常见疾病日门诊人数的关系进行研究,以探讨沙尘天气 PM_{10} 对人体健康的可能影响.

1 材料与方法

1.1 研究地点及时段

甘肃省武威市位于我国沙尘天气频发的西北地区,该地区海拔为 1020~4874m,气候干旱,年均气温 7.8°C ,降水量和蒸发量分别为 60~610mm 和 1400~3100mm,每年 3~5 月沙尘天气频发,且该地污染工业较少,是研究沙尘天气 PM_{10} 对人群健康影响的代表性地区.由于每年的 3~5 月是我国沙尘天气的高发期^[8-10],所以本研究将 2004 年 3~5 月作为研究时段.

1.2 研究对象

选择武威市区全部大中型医院(共 7 所):凉州区人民医院、凉州区中医院、凉州区第三人民医院、解放军第十陆军医院、武威市肿瘤医院、武威市人民医院、武威市中医院.从内科、妇科、儿科、五官科、皮肤科、外科、中医内科、骨科、泌尿生殖科等收集 2004 年 3 月 1 日至 5 月 31 日的每日门诊病例,登记比较详细的病例信息,包括姓名、性别、出生年月、住址、病名或症状、是否初(复)诊等.把从医院收集的门诊病例按次序编号,逐个录入到用 Epidata3.0 编好的程序中,核查、纠错后转入 Excel 或 SPSS11.0 进行归类整理和统计分析.心血管疾病的统计根据国际疾

病分类标准第 10 版(ICD-10)^[11].同时,2004 年 3 月 1 日~5 月 31 日逐日大气污染物数据(NO₂、SO₂、PM₁₀)来自武威市环境监测站,逐日地面气象资料(如大气压、相对湿度、气温等)则由武威市气象局提供.

1.3 统计方法

在统计学上,每日居民因心血管疾病而去医院门诊相对居民总体而言为小概率事件,近似于泊松分布,故本研究采用半参数广义相加泊松回归模型(GAM),在排除了混杂因素(如日历效应、季节趋势、气象因素和时间长期趋势等)作用的前提下,将逐日 NO₂、SO₂、PM₁₀ 浓度作为线性变量引入本模型,分析大气污染物与心血管疾病日门诊 RR 的关系.具体模型为:

$\log[E(Y_k)]=\alpha+\text{DOW}+\beta X_k+s(\text{time})+s(Z_k)$
式中: $E(Y_k)$ 为响应变量 Y 在 k 日的心血管疾病门诊 RR 预期值; α 为截距;DOW 为反映日历效应的虚拟变量; βX_k 为 GAM 模型中的参数部分; β 为回归系数; X_k 为在 k 日大气污染物浓度; s 为非参数平滑样条函数;time 指日期; Z_k 为在 k 日的气象因素变量^[12].

为定量分析大气污染物(PM₁₀、SO₂、NO₂)

对心血管系统疾病每日门诊 RR 的影响,分别采用了单污染模型及双/多污染模型同时研究了大气污染物(PM₁₀、SO₂、NO₂)暴露对居民门诊的滞后效应.滞后效应的具体定义为沙尘天气发生当日为滞后天数 0,沙尘天气发生后第 2d 为滞后天数 1,以此类推直至第 7d 为滞后天数 6.模型拟合优度检验采用 Akaike 信息标准(AIC)进行^[13].

$RR=\exp(\beta\times IQR)$,根据模型计算当污染物变化单位浓度(四分位间距(IQR))时,居民每日门诊数自然对数的相对改变量及 RR 的 95%置信区间(95%CI)^[14].

此外,根据当地实际情况将 PM₁₀ 浓度分为 4 个层次:≤100μg/m³(定义为清洁天 PM₁₀ 水平); 101~150μg/m³(定义为轻度污染及浮尘天 PM₁₀ 水平); 151~250μg/m³(定义为扬沙天 PM₁₀ 水平); >250μg/m³(定义为沙尘暴天 PM₁₀ 水平).并将其作为分类变量引入 GAM 模型,以检验 PM₁₀ 浓度与心血管系统疾病 RR 是否存在剂量效应关系^[15].

采用 S-Plus 6.2 软件进行统计过程的处理.

2 结果

2.1 描述性统计

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

Table 1 Description of daily cardiovascular outpatient number from March 1st to May 31st in 2004, Wuwei city, Gansu province, China

分类	疾病	性别	$\bar{x}$	s	Min	P_{25}	P_{50}	P_{75}	Max
心血管疾病	风湿性心脏病 (I09.901)	男	1.9	1.48	0	1	2	2	6
		女	3.02	2.49	0	1	3	4	14
	高血压(I10.02)	男	3.48	2.18	0	2	3	5	9
		女	4.44	3.02	0	2	4	6	16
	缺血性心血管疾病 (I25.501)	男	3.12	2.39	0	1	3	4	12
		女	3.22	2.33	0	1	3	5	10
	心律失常(49.904)	男	2.48	2.26	0	1	2	4	9
		女	2.25	2.09	0	1	2	3	11
	充血性心力衰竭 (I50.001)	男	1.53	1.39	0	0.25	1	2	6
		女	1.1	1.41	0	0	1	2	7
	心血管疾病人数	男	14.63	6.34	1	11	15	19	27
	总计	女	15.93	6.82	1	10	17	21	31

注:括号内数字是ICD-10编码;疾病人数总计包括表内列出的和未列出的疾病; P_{25} 为25%分位数, P_{50} 为中位数, P_{75} 为75%分位数

表 2 2004 年 3~5 月武威市气象和大气污染物浓度频数分布(24h 均值)

Table 2 Description of daily averages of environmental levels and meteorologic factors from March 1st to May 31st in 2004, Wuwei city, Gansu province, China (average of 24h)

分类	指标	$\bar{x}$	s	Min	P_{25}	P_{50}	P_{75}	Max	IQR
气象条件	风速(m/s)	6.28	3.6	2.62	3.51	5.05	7.78	20.48	4.27
	气温(℃)	11.86	6.66	-4.2	6.65	12.9	17.43	23	10.78
	相对湿度(%)	33.83	13.44	14	25	29.5	38.75	84	13.75
	大气压(hPa)	845.59	4.81	834.3	842.03	845.35	848.58	856.3	6.55
大气污染物	PM ₁₀	120.79	66.13	39	71.25	95.5	149.5	294	78.25
浓度	SO ₂	30.73	28	8	15.75	28	41.38	104	25.63
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂	12.75	4.74	3.52	9.61	12.72	16.73	26.28	7.12

注: P_{25} 为25%分位数, P_{50} 为中位数, P_{75} 为75%分位数

表 3 2004 年 3~5 月武威市沙尘天气与非沙尘天气气象和大气污染物指标的比较(24h 均值)

Table 3 Comparison of daily averages of environmental levels and meteorologic factors between dust events and non-dust events from March 1st to May 31st in 2004, Wuwei city, Gansu province, China (average of 24h)

天气 状况	持续时间(d)	大气压(hPa)	气温 (℃)	相对 湿度(%)	风速 (m/s)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
非沙尘天气	79	845.7±4.9	12.1±6.5	34.5±13.7	5.8±3.0	108±59	33.0±19.8	12.8±4.8
浮尘	2	848.0±0.8	6.0±5.2	26.5±2.1	11.3±3.5*	140±93	35.9±5.8	14.5±6.0
扬沙	11	844.3±4.6	12.2±8.0	31.3±13.5	12.4±5.3*	205±41**	47.5±20.5	11.5±4.6
沙尘暴	2	846.2±1.9	5.4±5.7	28.0±1.4	13.6±6.1*	285±49**	50.6±14.7	15.9±0.1

注:各指标为24h质量浓度平均值,运用单因素方差分析,与非沙尘天气(对照)相比,* $P \leq 0.05$,** $P \leq 0.01$;统计值采用“平均值±标准差”的形式

表 4 2004 年 3~5 月武威市大气污染物浓度 Pearson 相关分析

Table 4 Analysis on pearson correlation coefficients among daily averages of environmental levels from March 1st to May 31st in 2004, Wuwei city, Gansu province, China

项目	Pearson 相关系数		
	PM ₁₀	SO ₂	NO ₂
PM ₁₀	1		
SO ₂	0.201	1	
NO ₂	-0.102	-0.093	1

表 1 描述了 2004 年 3 月 1 日~5 月 31 日期间武威市大中型医院心血管系统风湿性心脏病、高血压等常见疾病每日门诊人数的频数分布.表 2 给出了武威市大气污染物浓度的频数分布和气象条件.NO₂、SO₂、PM₁₀ 的日均浓度均低于国家空气质量二级标准^[16],但 PM₁₀ 日均值高于美国 EPA 的空气质量标准(PM₁₀ 日均值 $\leq 65\mu\text{g}/\text{m}^3$).从表 3 可知,与非沙尘天气相比,大气压、相对湿度、气温、SO₂

和 NO₂ 差异均无统计学意义,但风速、PM₁₀ 在扬沙和沙尘暴发生时均显著增高.表 4 总结了研究期间武威市大气污染物浓度 Pearson 相关分析.

2.2 单污染模型拟合结果

单污染模型中,PM₁₀、NO₂、SO₂ 日平均浓度每上升 1 个 IQR 时,居民心血管系统疾病日门诊 RR 见图 1.

PM₁₀、NO₂、SO₂ 与男、女总心血管系统疾病门诊 RR 呈正向联系且具有统计学意义.PM₁₀(lag2)、NO₂(lag2)对男、女总心血管系统疾病门诊 RR 的影响有统计学意义,SO₂(lag3)、SO₂(lag5)分别对男、女总心血管系统疾病门诊 RR 的影响具有统计学意义.SO₂、PM₁₀ 对男性风湿性心脏病门诊 RR 分别在滞后 5d、3d 的联系有统计学意义,SO₂、NO₂、PM₁₀ 对女性风湿性心脏病门诊 RR 分别在滞后 1d、2d、4d 的影响有统计学意义.PM₁₀ 与男性高血压门诊 RR 滞后 2d 的联系有统计学意义.对男性缺血性心血管疾病门诊 RR 而言,PM₁₀ 和 NO₂ 均在滞后 2d 有统计学

意义,SO₂则在滞后 3d 和 5d 有统计学意义.对女性缺血性心血管疾病而言,PM₁₀ 在滞后 5d 的影响有统计学意义;对男性心律失常而言,PM₁₀、NO₂ 分别在滞后 4d、2d 有统计学意义;PM₁₀(lag5)、PM₁₀(lag1)对男性和女性充血性心力衰竭门诊 RR 的影响有统计学意义.

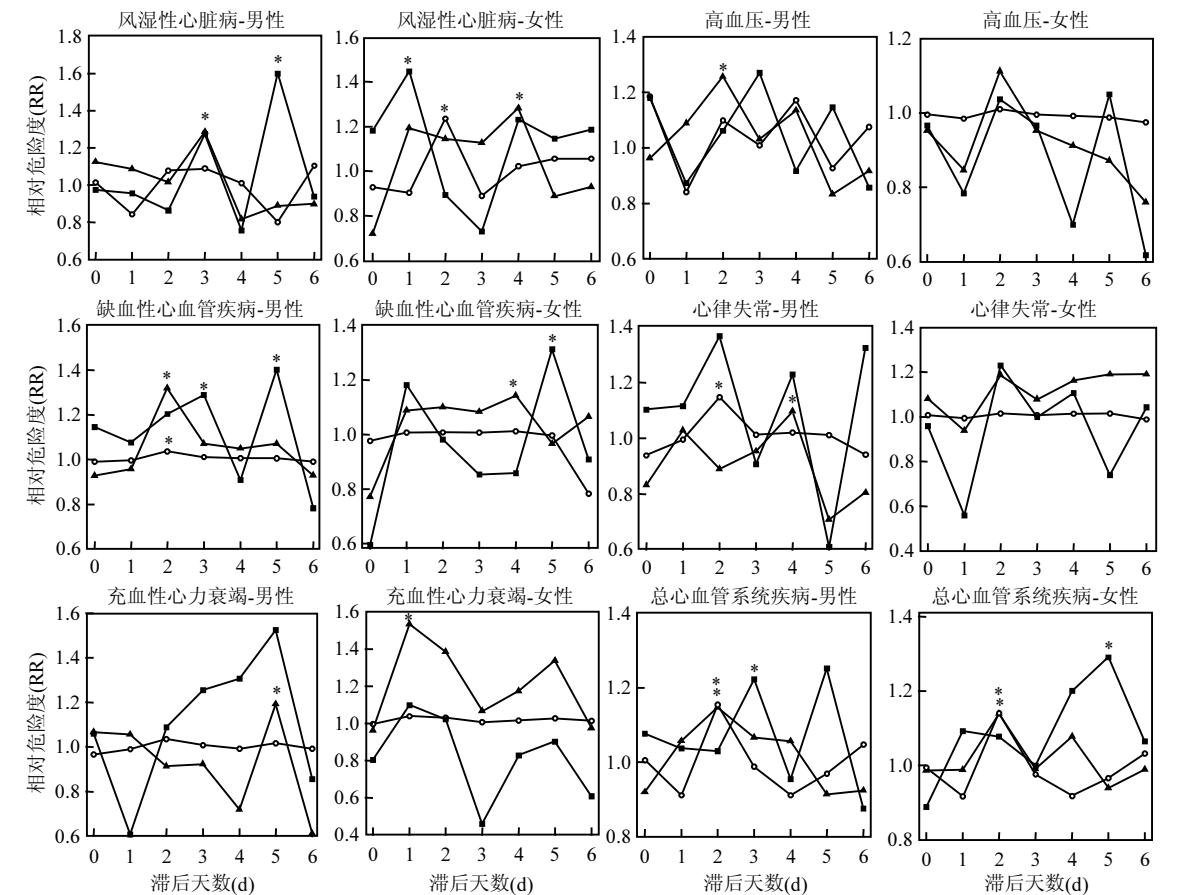


图1 心血管系统疾病日门诊 RR 单污染模型分析

Fig.1 Relative risks of the association between PM₁₀, NO₂, SO₂ and daily cardiovascular outpatient number in single-pollutant model
▲ PM₁₀ ○ NO₂ ■ SO₂ * P<0.05

2.3 双/多污染模型拟合结果

将PM₁₀与SO₂和/或NO₂同时引入GAM方程进行双污染和多污染模型分析.从图2可知,在调整了SO₂和/或NO₂后,PM₁₀对男、女性心血管系统疾病门诊RR的作用虽有所下降,但仍具有统计学意义.NO₂和SO₂对心血管系统疾病门诊RR的影响则在分别调整了其他污染物后,均变得无统计学意义.

2.4 PM₁₀ 浓度分类模型拟合结果

不同PM₁₀水平下男、女心血管疾病门诊RR

的变化情况见图3.男、女性对于不同疾病的门诊RR虽略有差异,但总趋势是各种疾病门诊RR随着PM₁₀浓度水平的增大而增高,且具有一定的剂量效应关系.

3 讨论

本文研究了甘肃省武威市7所大中型医院居民心血管系统几种常见疾病与沙尘天气PM₁₀的关系,结果发现沙尘PM₁₀对心血管系统疾病每日门诊人数存在正向联系,且滞后时间较短.

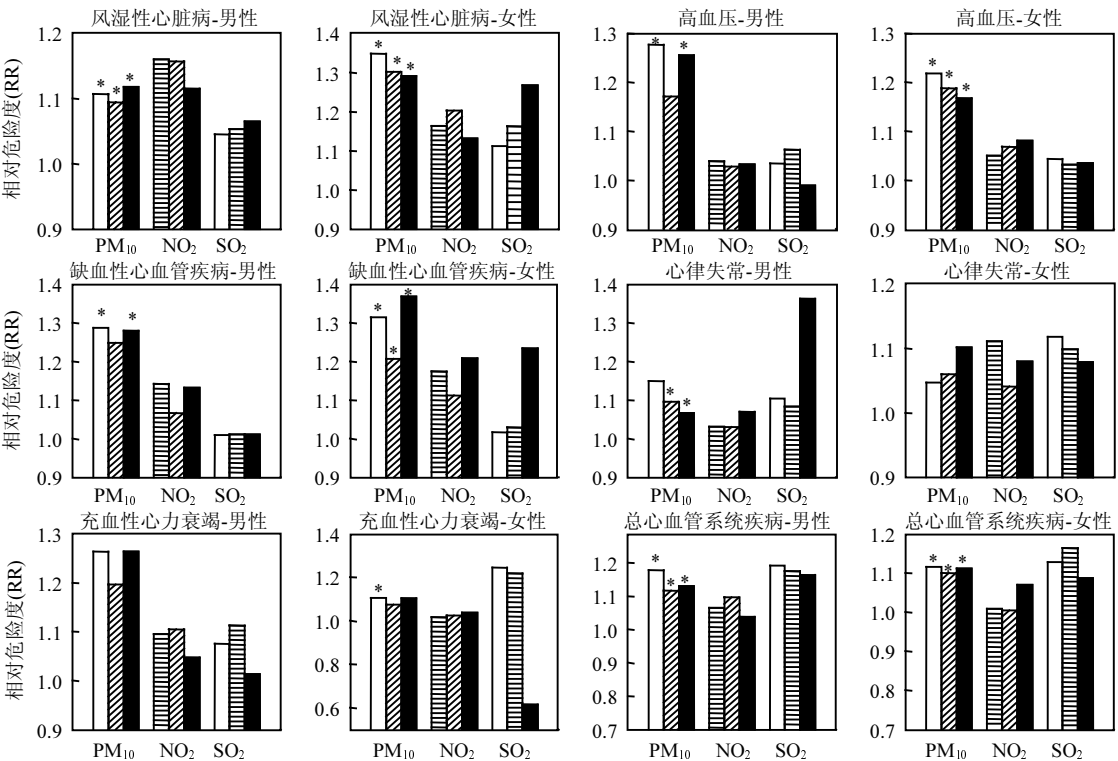


图2 用双污染模型与多污染模型分析心血管系统疾病门诊 RR(95%CI)

Fig.2 Relative risks of the association between PM₁₀, NO₂, SO₂ and daily cardiovascular outpatient number in co-pollutant model and multi-pollutant model

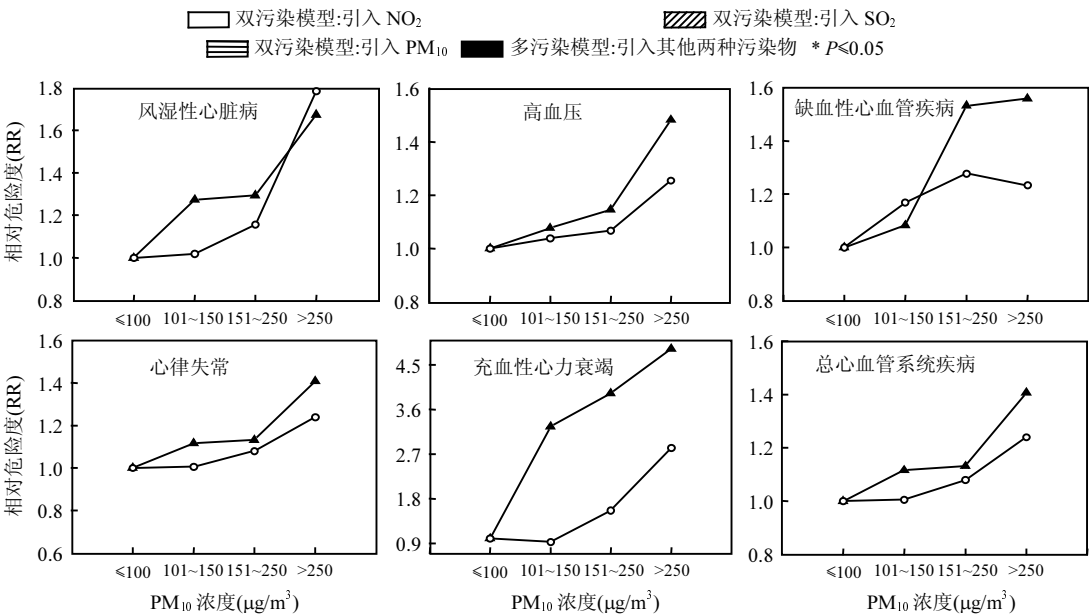


图3 不同沙尘天气 PM₁₀ 水平下的男女性心血管疾病门诊 RR

Fig.3 RR of male and female cardiovascular diseases outpatient according to categories of PM₁₀ owing to dust events, respectively

—▲— 男性 —○— 女性

近年来,我国西北、华北地区沙尘天气的发生日趋频繁.由表 3 可见,武威市发生沙尘天气期间 SO₂、NO₂ 浓度有降低的趋势,而 PM₁₀ 浓度则急剧升高,大大超出国家空气质量二级标准^[16].文献报道在非沙尘天气时总悬浮颗粒物的 28% 为 PM₁₀,而在沙尘天气时这一比例则提高到 51%^[17-18].由于沙尘天气颗粒物在大气中停留时间长、输送距离远,使得有机污染物以及重金属元素(如 Pb, Se, Zn, Cd, Cu)在空气中的浓度也远高于非沙尘天气时,导致 PM₁₀ 的浓度和毒性随迁移而增高,危害也更加严重^[19-20].

本文研究发现沙尘天气 PM₁₀ 可引起暴露居民多种心血管系统疾病(缺血性心血管疾病、充血性心力衰竭、心律失常、高血压、风湿性心脏病)门诊 RR 增加,这可能与沙尘天气颗粒物的高毒性、高浓度有关.流行病学调查发现空气颗粒物与人体血液粘稠度上升、心率增加、心率变异性降低、心肌缺血增加等相关,并在动物实验中得到验证^[21].心率变异性是反映心脏自主神经张力的最敏感指标,它与心脏病猝死等密切相关.空气中悬浮物质的短期暴露会引起健康者心率变异性的减低^[22].

PM₁₀ 已被 WHO、美国环境保护署、欧盟等诸多国际机构公认为是对人体健康危害最大且代表性最强的大气污染物^[23].20 世纪 90 年代,欧洲 APHEA 项目历时 5 年对居住在欧洲 29 个城市的 4300 万人口的死亡率与 PM₁₀ 的关系进行研究,结果发现 PM₁₀ 浓度每增加 10 μg/m³,死亡率增加 0.6%^[24].Pope 等^[2]报道,空气中 PM₁₀ 超过 150 μg/m³ (24h 均值)时,儿童入院人数增加 3 倍,成人增加 44%.一项对空气污染和心力衰竭的系统调查发现,空气中 PM₁₀ 浓度中每增加 10 μg/m³,心力衰竭的死亡率增加 1.63%^[25].一项在塞浦路斯对空气污染和心血管系统每日死亡率的调查发现,空气中 PM₁₀ 浓度中每增加 10 μg/m³,心血管系统的死亡率增加 2.43%^[26].

文献报道,暴露居民的心肺系统疾病的门诊率和死亡率随着空气中 PM₁₀ 浓度的增高而增加^[27].任艳军等为评价 PM₁₀ 污染水平对人群心血管疾病死亡的急性影响,系统研究了杭州市

2002~2004 年间 PM₁₀ 日平均浓度增加与调查人群每日心血管疾病死亡的关系,结果发现 PM₁₀ 浓度每增加 10 μg/m³,人群心血管疾病死亡率的 OR 值为 1.006^[28].本研究结果表明,沙尘颗粒物 PM₁₀ 对心血管疾病的发生也有严重影响.

4 结论

4.1 沙尘天气 PM₁₀ 能引起暴露居民多种心血管系统疾病(缺血性心血管疾病、充血性心力衰竭、心律失常、高血压、风湿性心脏病)的门诊人数增加.

4.2 沙尘天气 PM₁₀ 与心血管疾病门诊 RR 呈现一定的剂量效应关系.

4.3 男性或女性居民心血管系统多种疾病日门诊 RR 随沙尘天气的强度增大而增大.

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):1071-1077.
- [2] Pope C A, Bates D V, Raizenne M E. Health effects if particulate air pollution: Time for reassessment [J]. *Environ Health Perspect*, 1995,103(5):472-480.
- [3] Son J Y, Lee J T, Park Y H, et al. Short-term effects of air pollution on hospital admissions in Korea [J]. *Epidemiology*, 2013,24(4):545-554.
- [4] Samet J M, Dominici F, Currier F C, et al. Fine particulate air pollution and mortality in 20US cities, 1987-1994 [J]. *N Engl J Med*, 2000,343:1742-49.
- [5] Anon. Health effects of outdoor air pollution. Committee of the environmental and occupational health assembly of the american thoracic society [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 1996,153(1):3-50.
- [6] 王宛怡,王洪源,张志刚,等.大气 PM₁₀ 与心血管疾病就诊人次的时间序列分析 [J]. *环境与健康杂志*, 2009,26(12):1069-1072.
- [7] 贾健,阚海东,陈秉衡.上海市闸北区大气污染与死亡率的病例交叉研究 [J]. *环境与健康杂志*, 2004,21(5):279-282.
- [8] Wang S G, Wang J Y, Zhou Z J. Regional characteristics of three kinds of dust storm events in China [J]. *Atmos Environ*, 2005, 39(3):509-520.
- [9] 王劲松,任余龙,魏锋,等.中国西北及青藏高原沙尘天气演变特征 [J]. *中国环境科学*, 2008,28(8):714-719.
- [10] 刘新春,钟玉婷,何清,等.塔克拉玛干沙漠腹地沙尘气溶胶质量浓度的观测研究 [J]. *中国环境科学*, 2011,31(10):1609-

- 1617.
- [11] 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.
- [12] 杨振华,孟紫强,张全喜.沙尘天气可吸入颗粒物对气管炎门诊就诊数的影响 [J]. 环境与职业医学, 2013,30(2):88-92.
- [13] Akaike H. Factor Analysis and AIC [J]. Psychometric, 1987,52(3): 317-332.
- [14] Isaac N L, Karen Y F, Kevin M G. 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.
- [15] Lin C A, Amador P L, Souza C G, et al. Association between air pollution and ischemic cardiovascular emergency room visits [J]. Environ Res, 2003,92(1):57-63.
- [16] GB 3095-2012 环境空气质量标准 [S].
- [17] Claiborn C S, Finn D, Larson T V, et al. Windblown dust contributes to high PM_{2.5} concentrations [J]. Air Waste Man Assoc, 2000,50(8):1440-1445.
- [18] 范雪波,刘卫,王广华,等.杭州市大气颗粒物浓度及组分的粒径分布 [J]. 中国环境科学, 2011,31(1):13-18.
- [19] 张兴赢,庄国顺,陈建民,等.沙尘暴颗粒物表面的元素存在形态和组成 [J]. 科学通报, 2004,49(24):2544-2550.
- [20] 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.
- [21] Zanobetti A, Schwartz J, Gold D, et al. Are there sensitive subgroups for the effects of airborne particles? [J]. Environ. Health Perspect, 2000,108(9):841-845.
- [22] Magari 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.
- [23] 谢昱姝.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.
- [24] Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, et al. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA-2 project [J]. Epidemiology, 2001,12:521-531.
- [25] Shah A S, Langrish J P, Nair H, et al. Global association of air pollution and heart failure: a systematic review and meta-analysis [J]. The Lancet, 2013,382(9897):1039-1048.
- [26] Neophytou A M, Yiallourous P, Coull B A, et al. Particulate matter concentrations during desert dust outbreaks and daily mortality in Nicosia, Cyprus [J]. J Expo. Sci. Environ. Epidemiol., 2013,23: 275-280.
- [27] 谢鹏,刘晓云,刘兆荣,等.我国人群大气颗粒物污染暴露-反应关系的研究 [J]. 中国环境科学, 2009,29(10):1034-1040.
- [28] 任艳军,李秀央,金明娟,等.大气颗粒物污染与心血管疾病死亡的病例交叉研究 [J]. 中国环境科学, 2007,27(5):657-660.

作者简介: 杨振华(1980-),男,山西文水人,讲师,博士,主要研究方向为环境医学与毒理学.发表论文 30 余篇.

专家认为深海吸收热量暂缓全球气候变暖

海洋专家在青岛举行的一学术会议上表示,近 15 年来,虽然温室气体排放仍在加速上升,地球气候系统仍在持续吸收热量,但全球表面温度却呈现出增暖减缓甚至停滞趋势,其中深海发挥着相当重要的调控作用。

中国海洋大学教授陈显尧在 8 日至 9 日举行的中国海洋大学物理海洋教育部重点实验室 2014 年学术年会上对新华社记者说,全球温室气体排放仍在加速上升,全球气候系统一直在吸收热量。但自 1999 年至今,全球表面平均气温的上升速度明显放缓,这就是所谓的变暖停滞现象,与温室气体排放持续增加出现不一致性。

科学家试图从占据地球 70%面积、热容量巨大的海洋中寻找答案。陈显尧说,海水吸收热量主要是在 300m 至 1500m 的深海区域,因为表层区域的热量很快就散发了。从全球海域来看,太平洋由于有厄尔尼诺现象等,深层海水吸收热量并不明显。

陈显尧等所作的最新研究结果显示,太平洋深海的热含量在过去 15 年间没有显著增加,而向深层输送热量的过程主要发生在北大西洋和南大洋。

陈显尧认为,大洋热盐环流变异是热量向深层输送的主要机制。在大西洋表面,热盐环流把热带高温高盐水输送到北大西洋北部,在这里海水向大气失热,变得更重而沉入深海,并形成北大西洋深层水向南输送。

摘自中国环境网

2014-12-10