

天津市2001—2009年空气污染物二氧化硫、二氧化氮和可吸入颗粒物对冠心病死亡影响的时间序列分析

王德征 江国虹 张辉 宋桂德 张颖

【摘要】目的 了解天津市大气污染对居民冠心病死亡的影响。**方法** 采用2001—2009年天津市疾病预防控制中心收集的居民全死因监测数据,同期气象和大气污染资料源自天津市气象局和环境监测中心。采用时间序列的泊松回归广义可加模型分析天津市每日大气污染与居民冠心病死亡危险度,同时控制气象因素、长期趋势、星期几效应以及人口数等混杂因素的影响。**结果** 2001—2009年天津市冠心病粗死亡率为105.12/10万至167.03/10万,世界标化死亡率为96.07/10万至105.11/10万,呈逐年上升趋势($P=0.000$)。单因素分析显示大气中二氧化硫(SO_2)、可吸入颗粒物(PM_{10})、二氧化氮(NO_2)日均浓度每升高 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$,冠心病死亡风险的RR值分别增加1.25% (95% CI: 0.75% ~ 1.75%)、0.65% (95% CI: 0.51% ~ 0.79%)和1.04% (95% CI: 0.52% ~ 1.55%)倍; SO_2 、 PM_{10} 效应在当日达到最高, NO_2 效应在3日后达到最高;多因素分析显示, NO_2 日均浓度对冠心病死亡的风险无统计学意义($P=0.1313$), SO_2 、 PM_{10} 日均浓度每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$,冠心病死亡风险的RR值分别增加0.86% (95% CI: 0.60% ~ 1.12%)倍和0.40% (95% CI: 0.06% ~ 0.75%)倍。低温、低风速、年均人口数增加也是冠心病死亡的危险因素($P<0.05$)。**结论** 天津市大气污染可增加人群冠心病死亡风险。

【关键词】 冠心病; 空气污染; 死亡率; 广义可加模型

Effect of air pollution on coronary heart disease mortality in Tianjin, 2001–2009: a time-series study WANG De-zheng, JIANG Guo-hong, ZHANG Hui, SONG Gui-de, ZHANG Ying. Tianjin Center for Disease Control and Prevention, Tianjin 300011, China

Corresponding author: WANG De-zheng, Email: wangdezheng1001@163.com

This work was supported by a grant from the Major State Basic Research Development Program of China (973 Program) (No. 2011CB503801).

【Abstract】 Objective To quantitatively explore the effect of air pollution on coronary heart disease mortality in Tianjin. **Methods** Mortality data in 2001–2009 were from Tianjin mortality surveillance system operated by the Tianjin Centers for Disease Control and Prevention while data related to meteorology and air pollution were from the Tianjin Meteorological Bureau and Tianjin Environmental Monitoring Station, respectively. Generalized Additive Model (GAM) extended Poisson regression was used to examine the relationship between air pollution and mortality in Tianjin, under the controlling of time trends, weather, the day of week and population etc. **Results** The crude coronary heart disease mortality in Tianjin increased from year 2001 to 2009, from 105.12/100 000 to 167.03/100 000. The standardized mortality rate of 96.07/100 000 to 105.11/100 000. Air pollutants was more strongly associated with coronary heart disease mortality. By single GAM analysis, a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in SO_2 , PM_{10} and NO_2 , which accounted for 1.25% (95% CI: 0.75%–1.75%), 0.65% (95% CI: 0.51%–0.79%) and 1.04% (95% CI: 0.52%–1.55%) increased in daily mortality. By multiple GAM analysis, a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in SO_2 and PM_{10} which accounted for 0.86% (95% CI: 0.60%–1.12%) and 0.40% (95% CI: 0.06%–0.75%) increased the daily mortality. NO_2 was not significantly associated with coronary heart disease mortality rates, but factors as low temperature, low wind speed and population size were ($P<0.05$). **Conclusion** Results from this study showed that air pollution was a risk factor for coronary heart disease mortality in Tianjin.

【Key words】 Coronary heart disease; Air pollution; Mortality rate; Generalized additive model

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2013.05.015

基金项目:国家“973”计划课题(2011CB503801)

作者单位:300011 天津市疾病预防控制中心

通信作者:王德征, Email: wangdezheng1001@163.com

冠心病是导致我国居民死亡的主要原因之一。有关大气污染同冠心病关联的研究在很多国家和地区开展^[1,2],国内部分城市也进行了有益的探索^[3-5]。天津市是典型的北方工业城市,探讨大气污染物对天津市居民冠心病死亡的影响对正确制定疾病控制规划、合理配置卫生资源,科学考核防治措施具有重要意义。

资料与方法

1. 资料:采用 2001—2009 年天津市疾病预防控制中心所收集的天津市居民全死因监测数据。冠心病诊断分类按照疾病和有关健康问题的国际统计分类(ICD-9:410~414;ICD-10:I20~I25)^[6,7]。以实际死亡日期为分析时间点。采用天津市气象局和天津市环境监测中心收集的时段天津市气象指标(包括日均温度、平均相对湿度、平均大气压、平均风速等)以及大气污染资料[包括 8 个国控测点的可吸入颗粒物(PM₁₀)、二氧化硫(SO₂)和二氧化氮(NO₂)每日平均值(每日 24 小时 24 次监测值的算术均值)]。

2. 质量控制及评价:通过覆盖全人群稳定的死因监测系统,对天津市各级医疗机构的死亡病例实时报告;通过医疗机构、区县级疾病预防控制中心(CDC)和市级 CDC 的三级质量审核,对死亡病例实时质量控制;通过定期对区县级 CDC、医疗机构报告死亡病例的抽样复核、全人群死因漏报调查对死亡报告进行总体质量控制,保证冠心病死亡数据可靠性。同时对大气污染资料、气象资料中的缺失值,采用前后各两天数值的中位数为缺失值当天的数值,缺失值填补比例分别为 0.06% 和 0.91%。

3. 统计学分析:采用时间序列的泊松回归广义可加模型(GAM)^[8],即

$$\log[E(Y_i)] = \alpha + \sum_{i=0}^n \beta_i X_i + \sum_{j=0}^m f_j Z_j$$

式中 Y_i 为观察日 i 当天的死亡人数, $E(Y_i)$ 为观察日 i 日死亡数的预期值; α 为截距; X 为对应变量产生线性影响指示变量, β 为通过回归模型估计的指示变量系数; f 为非参数自然三次光滑样条函数, Z 为对应变量发生非线性影响的变量(SO₂、NO₂、PM₁₀、气温、气湿、气压、风速、星期几、人口数以及时间因素,自由度分别选取 3、3、3、3、3、3、3、4、7)。

通过拟合单因素 GAM 并进行偏差性检验,同时考虑气象因素、人口结构、星期几效应以及长期趋势等混杂因素,分析大气单污染物对冠心病死亡的影响,采用 RR 值评价危害大小。考虑到污染物对人体

危害可能的滞后效应,选取滞后天数为 1~5 d,分析空气污染物对冠心病死亡影响的变化。为检验模型的稳定性,采用广义交叉确认(generalized cross validation, GCV)进行不同统计学模型的拟合优度检验, GCV 值越小,模型拟合优度越高^[9]。对单因素分析有意义、RR 值较大且模型拟合优度较好的污染物、滞后天数等,共同拟合多因素 GAM,并进行偏差性检验和拟合优度检验。以 2000 年世界标准人口计算年龄别、性别标化死亡率,采用趋势 χ^2 检验对冠心病的年死亡率进行趋势分析。采用 Spearman 秩相关分析空气污染物、气象因素指标与冠心病死亡的相关性。数据统计采用 SPSS 11.5 软件和 SAS 8.1 软件。

结 果

1. 冠心病死亡、空气污染物和气象因素分布: 2001—2009 年天津市冠心病粗死亡率为 105.12/10 万至 167.03/10 万,世界标化死亡率为 96.07/10 万至 105.11/10 万,有逐年上升趋势($P=0.000$) (表 1)。天津市冠心病死亡、空气污染物和气象因素日间分布存在明显的周期性(图 1)。正态性检验,各种因素均不符合正态分布($P<0.05$)。2001—2009 年天津市冠心病每日中位死亡数为 35 例;气象因素中,中位气温、湿度、气压、风速分别为 16 °C、69%、1015 hPa、16 km/h;3 种大气污染物 SO₂、NO₂、PM₁₀ 中位浓度(10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)分别为 4.90、4.65、10.32 (表 2)。

表 1 2001—2009 年天津市冠心病及世界标化死亡率(/10 万)

年份	粗死亡率 ^a	95%CI	世界标化死亡率 ^a	95%CI
2001	105.12	103.01 ~ 107.22	96.07	94.06 ~ 98.08
2002	88.41	86.49 ~ 90.34	76.98	75.18 ~ 78.77
2003	104.98	102.89 ~ 107.07	87.01	85.11 ~ 88.91
2004	100.36	98.32 ~ 102.39	80.15	78.33 ~ 81.97
2005	113.76	111.60 ~ 115.92	87.27	85.38 ~ 89.16
2006	120.60	118.39 ~ 122.82	88.15	86.26 ~ 90.04
2007	133.60	131.28 ~ 135.92	92.95	91.01 ~ 94.88
2008	157.57	155.06 ~ 160.07	103.99	101.95 ~ 106.02
2009	167.03	164.47 ~ 169.60	105.11	103.07 ~ 107.14

注:^a趋势 χ^2 检验 $P=0.000$

2. 每日空气污染物、气象因素指标与冠心病死亡的相关关系: Spearman 相关性分析结果表明,3 种污染物每日浓度间的相关性有统计学意义($P<0.01$)。每日气象因素中温度与气压间、风速与湿度间、湿度与温度间、湿度与气压间呈高度相关性,均有统计学意义($P<0.01$);每日温度与 3 种污染物均

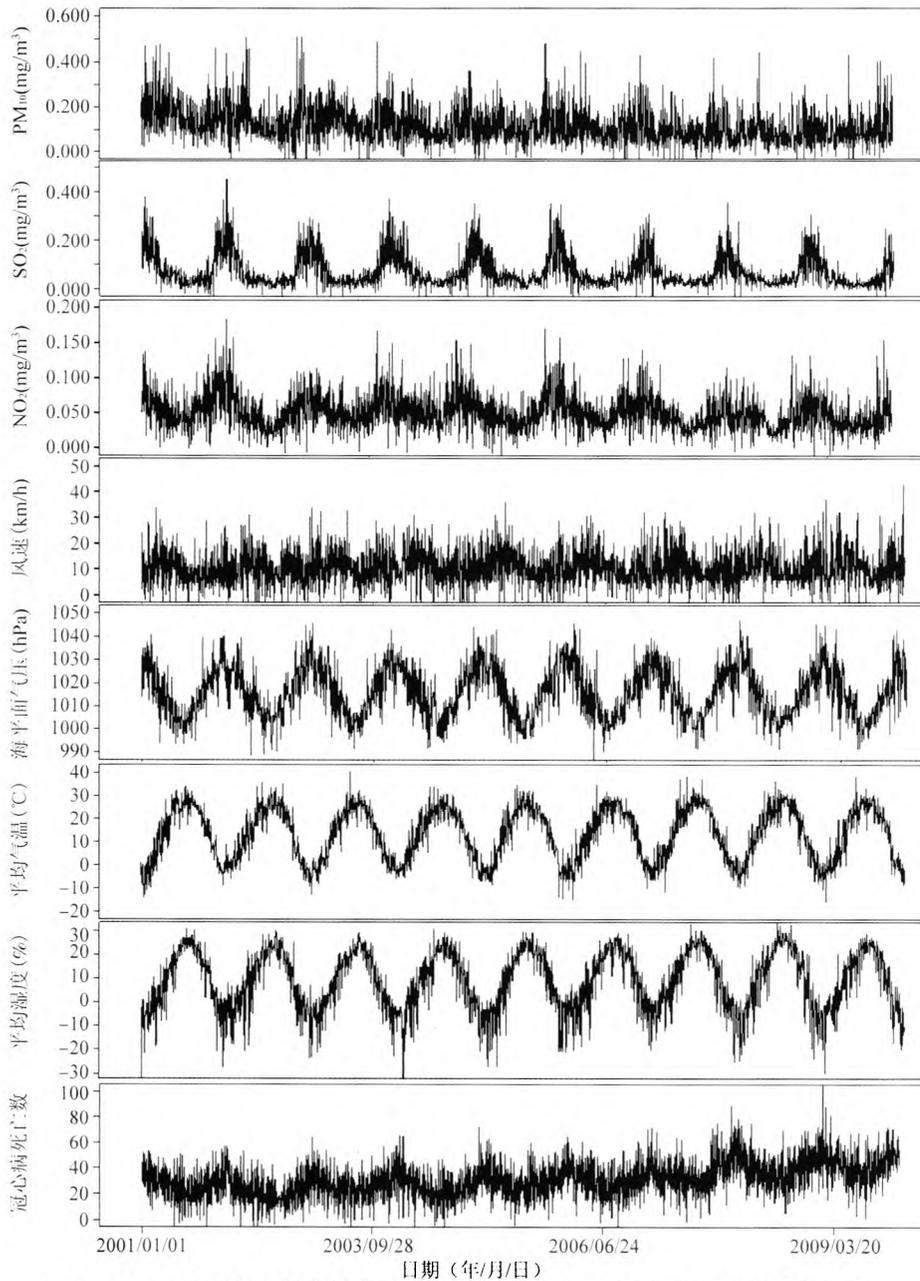


图1 2001—2009年天津市每日冠心病死亡数、气象因素和大气污染物浓度分布

表2 2001—2009年天津市每日冠心病死亡数及气象因素、大气污染物浓度分布

项目	\bar{x}	$\pm s$	<i>M</i>	<i>P</i> ₂₅	<i>P</i> ₇₅	极小值	极大值
冠心病死亡例数	31.32	10.98	35.00	23.00	38.00	5.00	105.00
气象因素							
温度(°C)	13.41	11.01	16.00	3.00	24.00	12.00	33.00
湿度(%)	64.14	20.21	69.00	54.00	81.00	7.00	100.00
气压(hPa)	1016.04	10.16	1015.00	1007.00	1023.00	990.00	1046.00
风速(km/h)	10.41	4.81	10.00	6.00	13.00	2.00	43.00
大气污染物							
PM ₁₀ (10 μg/m ³)	11.86	6.86	10.32	7.60	14.87	0.01	1.16
SO ₂ (10 μg/m ³)	7.16	5.94	4.90	3.13	9.93	0.00	0.45
NO ₂ (10 μg/m ³)	5.02	2.02	4.65	3.66	6.16	0.01	0.18

呈负相关($P < 0.01$);湿度与PM₁₀呈正相关,与SO₂呈负相关($P < 0.01$);气压与SO₂、NO₂呈强烈的正相

关($P < 0.01$);风速与3种污染物均呈负相关($P < 0.01$)。SO₂、NO₂每日浓度同冠心病每日死亡数间呈正相关(r 分别为0.286、0.094),差异有统计学意义($P < 0.01$);PM₁₀每日浓度与冠心病每日死亡数间呈负相关($r = -0.095$),有统计学意义($P < 0.01$)。每日气象因素中,温度、湿度与冠心病每日死亡数呈负相关;每日气压、风速与冠心病每日死亡数呈正相关(表3和图1、2)。

3. 大气污染物对不同迟滞日冠心病死亡的单因素分析:经日均温度、平均湿度、平均大气压、平均风速、星期几效应、人口数等因素调整后,大气污染物日均浓度对当日冠心病死亡及不同滞后天数冠心病死亡的风险最高($RR = 1.0125, 95\% CI: 1.0075 \sim 1.0175$);PM₁₀日均浓度每增加10 μg/m³对当日(Lag0)冠心病死亡的风险最高($RR = 1.0065, 95\% CI: 1.0051 \sim 1.0079$),两种污染物对冠心病死亡的滞后作用随时间延长而逐渐减小;NO₂日均浓度每增加10 μg/m³,对滞后第3日(Lag3)冠心病死亡的风险最高($RR = 1.0104, 95\% CI: 1.0052 \sim 1.0155$)。SO₂、NO₂、PM₁₀浓度每增加10 μg/m³对平均滞后1~5 d的冠心病死亡风险分别为 $RR = 1.0072 (95\% CI: 1.0045 \sim 1.0099)$ 、 $RR = 1.0041 (95\% CI: 1.0014 \sim 1.0067)$ 、 $RR = 1.0038 (95\% CI: 1.0031 \sim 1.0046)$ 。经过广义交叉确认法进行不同统计学模型的拟合优度检验结果显示,3种污染物的GCV值均较小,GAM拟合优度较好(表4)。

关($P < 0.01$);湿度与PM₁₀呈正相关,与SO₂呈负相关($P < 0.01$);气压与SO₂、NO₂呈强烈的正相

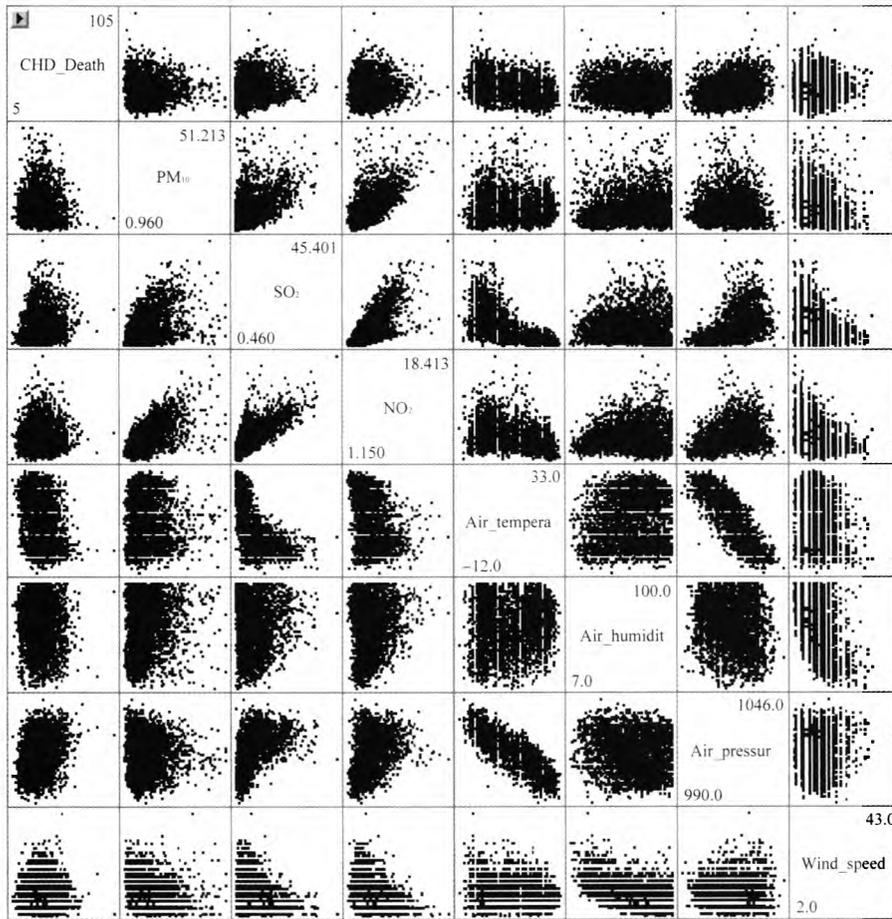


图 2 2001—2009 年天津市每日气象、大气污染物水平与冠心病死亡关系

4. 大气污染物对冠心病死亡的多因素分析: 由污染物对冠心病死亡影响的单因素分析, 选取当日 (Lag0) SO₂、NO₂ 和滞后第 3 日 (Lag3) PM₁₀ 及可能混杂因素进行 GAM 分析显示, NO₂ 日均浓度对滞后第 3 日 (Lag3) 冠心病死亡的风险无统计学意义 ($P=0.1313$); SO₂ 日均浓度每增加 10 μg/m³, 对当日 (Lag0) 冠心病死亡的风险 $RR=1.0086$, 95% $CI: 1.0060 \sim 1.0112$; PM₁₀ 日均浓度每增加 10 μg/m³, 对当日 (Lag0) 冠心病死亡的风险 $RR=1.0040$, 95% $CI: 1.0006 \sim 1.0075$ 。而低温、低风速是当日 (Lag0) 冠心病死亡的危险因素 ($P<0.05$), 且随每年人口数增加, 冠心病死亡数也在增加 ($P=0.0000$), 见表 5。

Scarborough 等^[12]对英格兰 1999—2004 年冠心病死亡数据的分析表明, 人群冠心病死亡率随温度的降低和日照时间的缩短而增加。此前天津市冠心病死亡周期性的时间序列分析也表明^[13], 冠心病死亡率在冬季, 特别是 1 月呈现高水平, 有明显的季节性。天津市采暖期污染物的水平明显高于非采暖期污染物水平, 全年污染物的波动呈现明显季节性循环。Choi 等^[14]认为研究大气污染与心脑血管病的关系, 必须要考虑气象因素的影响, 其中对血压产生影响的大气污染物因季节不同而有差异, 在夏季主要是 PM₁₀ 和 NO₂, 而在冬季则是 SO₂ 和 O₃。Delfino 等^[15]研究认为, 与交通污染相关的空气碳氧化物的浓度与人体血压存在强关联。

表 3 2001—2009 年天津市每日冠心病死亡数及气象因素、大气污染物因素相关关系

项目	冠心病死亡例数	平均温度 (°C)	平均湿度 (%)	平均气压 (hPa)	平均风速 (km/h)	PM ₁₀ (10 μg/m ³)	SO ₂ (10 μg/m ³)
温度 (°C)	-0.390 ^a						
平均湿度 (%)	-0.095 ^a	0.202 ^a					
气压 (hPa)	0.325 ^a	-0.871 ^a	-0.205 ^a				
风速 (km/h)	0.035 ^a	-0.087 ^a	-0.502 ^a	-0.031			
PM ₁₀ (10 μg/m ³)	-0.095 ^a	-0.047 ^a	0.077 ^a	-0.026	-0.141 ^a		
SO ₂ (10 μg/m ³)	0.286 ^a	-0.733 ^a	-0.141 ^a	0.649 ^a	-0.138 ^a	0.380 ^a	
NO ₂ (10 μg/m ³)	0.094 ^a	-0.480 ^a	0.009	0.444 ^a	-0.322 ^a	0.538 ^a	0.728 ^a

注: ^a $P<0.01$; ^b $P<0.05$

5. 模型敏感性分析: 为了检验模型的稳健性, 本研究在多因素分析模型的基础上, 剔除某个气象因素, 考察对污染物回归系数的影响。结果显示, 剔除气温因素后的 GAM (滞后第 1 日, Lag1) 拟合各污染物对冠心病死亡的风险值变化不大 (表 5、6)。

讨 论

本研究表明, 2001—2009 年天津市 SO₂、NO₂、PM₁₀ 平均水平高于国家环境空气质量标准二级水平^[10], 其中 NO₂ 平均水平低于北京和上海市, SO₂ 平均水平高于两市, PM₁₀ 平均水平居两市之间^[4, 11]。天津市冠心病死亡、空气污染物和气象因素日间分布存在明显的周期性和相关性, 低气温和低风速能增加冠心病死亡的风险。

Gan 等^[16]研究发现, 黑炭气溶胶 (PM_{2.5} 和 NO_x) 浓度每升高 0.8 μg/m³, 冠心病住院和死亡的风险分别升高 3% 和 6%。本研究在对可能的混杂因素进行调整后, 单因素分析 SO₂、PM₁₀、NO₂ 日均浓度每增加 10 μg/m³, 对冠心病死亡的风险

表4 大气污染物对不同迟滞日冠心病死亡的单因素分析

变 量	滞后日	参数回归分析				非参数光滑样条分析				RR值(95%CI)
		β	s_e	t值	P值	GCV	df	F值	P值	
SO ₂ (10 μg/m ³) ^a	Lag0	0.0124	0.0025	4.9995	0.0000	0.0453	3.2148	19.2608	0.0002	1.0125(1.0075 ~ 1.0175)
	Lag1	0.0099	0.0025	3.9813	0.0001	0.0459	4.7290	21.1876	0.0003	1.0099(1.0050 ~ 1.0149)
	Lag2	0.0092	0.0025	3.7083	0.0002	0.0442	2.6613	9.9671	0.0068	1.0092(1.0043 ~ 1.0142)
	Lag3	0.0074	0.0025	2.9536	0.0032	0.0457	4.1613	19.6946	0.0006	1.0074(1.0025 ~ 1.0124)
	Lag4	0.0041	0.0025	1.6659	0.0958	0.0460	6.3847	13.0985	0.0415	1.0041(0.9992 ~ 1.0090)
	Lag5	0.0037	0.0025	1.4959	0.1348	0.0459	1.9121	3.5389	0.0599	1.0037(0.9988 ~ 1.0086)
	Lag1~5	0.0072	0.0014	5.2771	0.0000	0.0140	6.7382	51.4935	0.0000	1.0072(1.0045 ~ 1.0099)
NO ₂ (10 μg/m ³) ^a	Lag0	0.0192	0.0026	7.3634	0.0000	0.0425	1.0003	0.0003	0.9863	1.0194(1.0142 ~ 1.0246)
	Lag1	0.0182	0.0026	6.9795	0.0000	0.0408	1.0003	-	-	1.0184(1.0132 ~ 1.0236)
	Lag2	0.0181	0.0026	6.9710	0.0000	0.0392	1.0003	-	-	1.0183(1.0131 ~ 1.0235)
	Lag3	0.0103	0.0026	3.9496	0.0001	0.0411	5.5759	18.0600	0.0029	1.0104(1.0052 ~ 1.0155)
	Lag4	0.0054	0.0026	2.0776	0.0378	0.0427	4.5100	13.1315	0.0107	1.0054(1.0003 ~ 1.0106)
	Lag5	0.0068	0.0026	2.6511	0.0081	0.0424	13.1588	35.8933	0.0006	1.0068(1.0017 ~ 1.0120)
	Lag1~5	0.0041	0.0014	3.0156	0.0026	0.0131	11.3147	39.6711	0.0000	1.0041(1.0014 ~ 1.0067)
PM ₁₀ (10 μg/m ³) ^a	Lag0	0.0065	0.0007	9.5541	0.0000	0.0482	3.6540	12.7892	0.0051	1.0065(1.0051 ~ 1.0079)
	Lag1	0.0060	0.0007	8.6986	0.0000	0.0486	1.9949	3.1091	0.0779	1.0060(1.0046 ~ 1.0074)
	Lag2	0.0055	0.0007	8.1267	0.0000	0.0486	4.7032	18.8596	0.0008	1.0055(1.0041 ~ 1.0069)
	Lag3	0.0036	0.0007	5.3037	0.0000	0.0492	16.4989	34.8587	0.0042	1.0036(1.0022 ~ 1.0050)
	Lag4	0.0019	0.0007	2.7611	0.0058	0.0489	3.8258	7.9262	0.0476	1.0019(1.0005 ~ 1.0033)
	Lag5	0.0019	0.0007	2.7621	0.0058	0.0466	2.8325	12.0103	0.0025	1.0019(1.0005 ~ 1.0033)
	Lag1~5	0.0038	0.0004	10.1258	0.0000	0.0149	6.3175	29.7720	0.0000	1.0038(1.0031 ~ 1.0046)

注:^a 经平均温度、平均湿度、平均大气压、平均风速、星期几效应、人口数调整

表5 大气污染物及相关因素对冠心病死亡的多因素分析

变 量	参数回归分析				非参数光滑样条分析				RR值(95%CI)
	β	s_e	t值	P值	GCV	df	F值	P值	
SO ₂ (10 μg/m ³)	0.0086	0.0013	6.5791	0.0000	0.0447	3.2148	22.5973	0.0000	1.0086(1.0060 ~ 1.0112)
NO ₂ (10 μg/m ³)	0.0022	0.0024	0.9142	0.3607	0.0451	3.2148	5.6266	0.1313	1.0022(0.9975 ~ 1.0070)
PM ₁₀ (10 μg/m ³)	0.0040	0.0017	2.3188	0.0205	0.0473	4.1470	16.7223	0.0022	1.0040(1.0006 ~ 1.0075)
温度(°C)	-0.0094	0.0009	-10.9225	0.0000	0.0119	8.6552	70.2841	0.0000	0.9907(0.9890 ~ 0.9924)
湿度(%)	-0.0011	0.2110	-0.0054	0.9957	0.0244	1.8129	3.6518	0.0560	0.9989(0.6605 ~ 1.5105)
大气压(hPa)	-0.0009	0.0008	-1.1408	0.2540	0.0221	1.0002	0.0001	0.9927	0.9991(0.9975 ~ 1.0007)
风速(km/h)	-0.0007	0.0017	-0.3925	0.6947	0.0170	2.2407	8.6295	0.0134	0.9993(0.9959 ~ 1.0027)
星期几	-0.0006	0.0020	-0.3070	0.7589	0.0003	1.0000	0.0000	0.9993	0.9994(0.9954 ~ 1.0034)
人口数	0.0895	0.0017	52.8790	0.0000	0.0061	2.3048	218.3111	0.0000	1.0936(1.0900 ~ 1.0972)

表6 大气污染物对冠心病死亡影响的GAM敏感性分析

变 量	滞后日	参数回归分析		RR值(95%CI)
		β	s_e	
SO ₂ (10 μg/m ³)	Lag1	0.0131	0.0010	1.0131(1.0111 ~ 1.0152)
NO ₂ (10 μg/m ³)	Lag1	0.0019	0.0025	1.0091(0.9971 ~ 1.0068)
PM ₁₀ (10 μg/m ³)	Lag1	0.0039	0.0010	1.0039(1.0019 ~ 1.0058)

注:^a 经平均湿度、平均大气压、平均风速、星期几效应、人口数的调整

RR值分别为1.0125、1.0065、1.0104,与国内外研究结果相似^[17,18]。多因素分析模型中同时引入其他污染物时,SO₂、PM₁₀危险度分析结果稳健,但NO₂对当日冠心病死亡的风险无统计学意义。Scaife等^[19]研究NO₂及其他空气污染物共同对冠心病的影响,结果显示仅NO₂对冠心病死亡的影响无统计学意义,考虑可能是与其他空气污染物协同影响冠心病死亡,但也有研究认为可能是分析自变量间存在共曲

性造成的^[20]。

许多研究认为大气污染对人体健康的急性影响存在滞后效应。Analitis等^[21]的Meta分析(欧洲29个城市)显示,大气污染对心脑血管系统疾病的滞后效应可能比呼吸系统疾病迅速。Kim等^[22]在韩国首尔的研究表明,呼吸系统疾病死亡受死亡当日的大气污染暴露水平影响,心脑血管系统疾病死亡则受到死亡前1d的影响。本研究选取了空气污染当日及滞后1~5d的冠心病数据进行分析,结果显示冠心病死亡的滞后作用随时间延长而逐渐减小。NO₂对滞后3d冠心病死亡的风险最高,SO₂、PM₁₀与对当日冠心病死亡的风险最高。有研究表明,空气污染物暴露可损伤微血管功能,进而引起NO₂介导的交感神经兴奋^[23],提示大气污染可能对冠心病急性发病起到诱导作用。

综上所述,本研究发现SO₂、PM₁₀日均浓度短期升高是人群冠心病死亡的危险因素,有必要开展大气污染治理,合理分配卫生资源,降低冠心病死亡危害。

参 考 文 献

- [1] Kaufman JD, Adar SD, Allen RW, et al. Prospective study of particulate air pollution exposures, subclinical atherosclerosis, and clinical cardiovascular disease: the multi-ethnic study of atherosclerosis and air pollution (MESA Air). *Am J Epidemiol*, 2012, 176(9):825-837.
- [2] Sun Q, Hong X, Wold LE. Cardiovascular effects of ambient particulate air pollution exposure. *Circulation*, 2010, 121: 2755-2765.
- [3] Guo YM, Zhao AL, Liu LQ, et al. Association between sulfur dioxide air pollution and hospital emergency treatment for circulatory diseases: a case-crossover study. *J Environ Health*, 2008, 25(12):1035-1038. (in Chinese)
郭玉明,赵安乐,刘利群,等. 大气二氧化硫污染与心脑血管疾病急诊关系的病例交叉研究. *环境与健康杂志*, 2008, 25(12): 1035-1038.
- [4] Yang MJ, Pan XC. Time-series analysis of air pollution and cardiovascular mortality in Beijing, China. *J Environ Health*, 2008, 25(4):294-297. (in Chinese)
杨敏娟,潘小川. 北京市大气污染与居民心脑血管疾病死亡的时间序列分析. *环境与健康杂志*, 2008, 25(4):294-297.
- [5] Duan XP, Chen N, Zhou L. Air pollution and daily mortality among persons with diabetes and cardiovascular disease. *Foreign Medical Sciences: Section Medgeography*, 2008, 29(4): 173-176. (in Chinese)
段小平,陈娜,周玲. 空气污染与糖尿病、心血管疾病患者日死亡率. *国外医学:医学地理分册*, 2008, 29(4):173-176.
- [6] World Health Organization. International classification of diseases, 9th rev. Geneva: WHO, 1977.
- [7] World Health Organization. International statistical classification of diseases and related health problems, 10th rev. Geneva: WHO, 1992.
- [8] Schwartz J, Dockery DW, Neas LM. Is daily mortality associated specifically with fine particles. *Air Waste Manag Assoc*, 1996, 46:927-939.
- [9] Feng GS, Chen JW, Zhang GY. Using GAM procedure to fit nonparametric regression of smoothing splines. *J Mathemat Med*, 2005, 18(5):403-406. (in Chinese)
冯国双,陈景武,张国英. 用GAM程序拟合光滑样条非参数回归. *数理医药学杂志*, 2005, 18(5):403-406.
- [10] The Ministry of Environmental Protection. GB 3095-2012 Ambient Air Quality Standards. Beijing: China Environmental Science Press, 2012. (in Chinese)
中华人民共和国环境保护部. GB 3095-2012 环境空气质量标准. 北京:中国环境科学出版社, 2012.
- [11] Song GX, Jiang LL, Chen GH, et al. A time-series study on the relationship between gaseous air pollutants and daily mortality in Shanghai. *J Environ Health*, 2006, 23(5):390-393. (in Chinese)
宋桂香,江莉莉,陈国海,等. 上海市大气气态污染物与居民每日死亡关系的时间序列研究. *环境与健康杂志*, 2006, 23(5): 390-393.
- [12] Scarborough P, Allender S, Rayner M, et al. Contribution of climate and air pollution to variation in coronary heart disease mortality rates in England. *PLoS One*, 2012, 7(3):e32787.
- [13] Wang DZ, Jiang GH, Song GD, et al. Autoregressive integrated moving average model and circle distribution analysis of coronary heart disease mortality. *Chin J Prev Control Chron Non-commun Dis*, 2009, 17(3):251-253. (in Chinese)
王德征,江国虹,宋桂德,等. ARIMA模型结合圆分布法分析冠心病死亡率动态规律. *中国慢性病预防与控制*, 2009, 17(3): 251-253.
- [14] Choi JH, Xu QS, Park SY, et al. Seasonal variation of effect of air pollution on blood pressure. *J Epidemiol Community Health*, 2007, 61(4):314-318.
- [15] Delfino RJ, Tjoa T, Gillen DL, et al. Traffic-related air pollution and blood pressure in elderly subjects with coronary artery disease. *Epidemiology*, 2010, 21(3):396-404.
- [16] Gan WQ, Davies HW, Koehoorn M, et al. Association of long-term exposure to community noise and traffic-related air pollution with coronary heart disease mortality. *Am J Epidemiol*, 2012, 175(9):898-906.
- [17] Qian Z, He Q, Lin HM, et al. HEI Health Review Committee. Part 2. Association of daily mortality with ambient air pollution, and effect modification by extremely high temperature in Wuhan, China. *Res Rep Health Eff Inst*, 2010(154):91-217.
- [18] von Klot S, Peters A, Aalto P, et al. Health Effects of Particles on Susceptible Subpopulations (HEAPSS) Study Group. Ambient air pollution is associated with increased risk of hospital cardiac readmissions of myocardial infarction survivors in five European cities. *Circulation*, 2005, 112(20):3073-3079.
- [19] Scaife A, Barclay J, Hillis GS, et al. Lack of effect of nitrogen dioxide exposure on heart rate variability in patients with stable coronary heart disease and impaired left ventricular systolic function. *Occup Environ Med*, 2012, 69(8):587-591.
- [20] Jia B, Wang T, Wang LN, et al. Concurvity in generalized additive models in study of air pollution. *J Fourth Military Med Unive*, 2005, 26(3):280-283. (in Chinese)
贾彬,王彤,王琳娜,等. 广义可加模型共曲线性及其在空气污染问题研究中的应用. *第四军医大学学报*, 2005, 26(3):280-283.
- [21] Analitis A, Katsouyanni K, Dimakopoulou K, et al. Short-term effects of ambient particles on cardiovascular and respiratory mortality. *Epidemiology*, 2006, 17(2):230-233.
- [22] Kim H, Kim Y, Hong YC. The lag-effect pattern in the relationship of particulate air pollution to daily mortality in Seoul, Korea. *Int J Biometeorol*, 2003, 48(1):25-30.
- [23] Knuckles TL, Stapleton PA, Minarchick VC, et al. Air pollution particulate matter collected from an Appalachian mountaintop mining site induces microvascular dysfunction. *Microcirculation*, 2012, doi:10.1111/micc.12014.

(收稿日期:2012-11-14)

(本文编辑:张林东)