

大气可吸入颗粒物对脑血管疾病死亡影响的病例交叉研究

王旭英 董凤鸣 金明好 潘小川

【摘要】 目的 分析北京市可吸入颗粒物(PM₁₀)浓度与暴露人群脑血管疾病死亡的相关性,探索 PM₁₀对人群脑血管疾病死亡的影响。方法 收集 2004—2008 年北京市某城区气象因素、大气污染物(PM₁₀、SO₂、NO₂)水平以及人群脑血管疾病死亡数据,采用双向对称性病例交叉设计和条件 logistic 回归模型,分析大气中 PM₁₀水平与脑血管疾病之间的关系。结果 调整气象因素(日平均气温和日平均相对湿度)后,单污染物模型 PM₁₀的滞后效应不明显。调整 SO₂、NO₂和 SO₂+NO₂后的多污染物模型,PM₁₀对人群脑血管疾病的效应 OR 值比单污染物模型大且差异有统计学意义($P<0.05$)。分层分析显示,大气 PM₁₀浓度对女性、≥65 岁的脑血管疾病和冬季脑血管疾病病例效应差异有统计学意义($P<0.05$),而对男性和 ≥65 岁的脑血管疾病病例效应无统计学意义($P>0.05$)。结论 调整其他大气污染物和气象因素后,PM₁₀浓度与脑血管疾病死亡呈正相关。PM₁₀浓度升高会导致女性、≥65 岁和冬季脑血管疾病死亡增加。

【关键词】 大气可吸入颗粒物; 脑血管疾病; 病例交叉研究

The impact of ambient particulate matter (PM₁₀) on the population mortality for cerebrovascular diseases—a case-crossover study WANG Xu-ying¹, DONG Feng-ming¹, JIN Ming-hao², PAN Xiao-chuan¹. 1 Department of Occupational and Environmental Health, School of Public Health, Peking University, Beijing 100191, China; 2 School of Public Health, Pyong Yang Medical University, KIMILSUNG University, Democratic People's Republic of Korea

Corresponding author: PAN Xiao-chuan, Email: xcpan@bjmu.edu.cn

This work was supported by a grant from the National Natural Science Foundation of China (No. 21190051).

【Abstract】 **Objective** To analyze the association between the concentration of ambient inhalable particulate matter (PM₁₀) and population mortality for cerebrovascular diseases and to explore the impact of PM₁₀ on cerebrovascular diseases. **Methods** Data including meteorological factors, air pollutants (NO₂, SO₂ and PM₁₀) and cerebrovascular disease mortality in one district of Beijing from 2004 to 2008 were collected and both symmetric bidirectional case-crossover design and conditional logistic regression model were used to analyze the associations among them. **Results** After adjusting the influence of meteorological factors as daily average temperature and relative humidity, the single pollutant model showed that there was no significant lag effect. In the multi-pollutant model, the effect of the every 105.43 μg/m³ increase of ambient PM₁₀ had a larger impact on the daily death of the cerebrovascular diseases with statistically significant difference ($P<0.05$). The effect of ambient PM₁₀ pollution on daily death of cerebrovascular diseases was significant for females, 65 year-olds and in winter season. **Conclusion** Our data showed that elevated levels of ambient PM₁₀ was positively associated with the increase of cerebrovascular disease mortality. The elevated levels of ambient PM₁₀ could lead to the increase of the daily mortality on cerebrovascular diseases for females, elderly who were 65 or older and in winter seasons.

【Key words】 Ambient inhalable particulate matter; Cerebrovascular diseases; Case-crossover study

国内外大量研究表明,大气污染物如可吸入颗

颗粒物(PM₁₀)、二氧化硫(SO₂)和二氧化氮(NO₂)对心脑血管疾病的发生及死亡具有一定影响^[1,2],PM₁₀浓度升高可引起心血管疾病急诊和死亡增加^[3-7]。但国内学者对 PM₁₀与脑血管疾病相关研究报道较少,结论也不尽一致^[4,8]。世界卫生组织心血管患者人群检测方案——北京项目报道,北京社区人群急性

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2013.04.006

基金项目:国家自然科学基金(21190051)

作者单位:100191 北京大学公共卫生学院劳动卫生与环境卫生学系(王旭英、董凤鸣、潘小川);朝鲜金日成综合大学平壤医科大学公共卫生学院(金明好)

通信作者:潘小川, Email: xcpan@bjmu.edu.cn

脑血管事件的发病率逐年攀升, 标准化发病率由 1984 年的 268.4/10 万增长至 1999 年的 364.1/10 万, 平均年增长率达 9%^[9]。2009 年脑血管病位居北京市居民死因顺位第一位, 因此探索北京市大气污染物尤其是 PM₁₀ 对脑血管疾病的影响有重要意义。

材料与方法

1. 资料来源: ①大气污染物资料来源于北京市环境监测中心, 包括常规监测收集的北京市“城八区”的 PM₁₀、SO₂、NO₂ 日平均浓度。②脑血管疾病死亡资料自北京市某城区疾病预防控制中心获得, 时间从 2004 年 1 月 1 日至 2008 年 12 月 31 日。死亡病例均为北京市常住人口, 死亡信息包括性别、出生日期、死亡日期、死因等。死亡病例的疾病分类均按照国际疾病分类第十版 (ICD-10) 进行编码, 本研究选择编码为 I60~I69 的脑血管疾病作为疾病变量, 其中脑内出血 I61, 脑梗死 I63, 脑血管后遗症 I69 为本研究的分析重点。③气象资料来源于国家气象中心公布的地面气象资料数据库, 包括同期日平均气温和日平均相对湿度等。

2. 分析方法: 脑血管疾病的发病和死亡为短期急性事件, 国内外研究 PM₁₀ 对脑血管疾病影响多采用病例交叉和时间序列两种方法。病例交叉分析由于采用自身做对照, 从而可有效控制遗传、社会经济状况、生活习惯等个体特异性混杂因素的影响^[10]。对称性双向病例交叉是通过研究事件发生前后的暴露情况, 可在原有的基础上有效控制时间趋势带来的影响。Basu 等^[11]对美国 20 个城市 65 岁以上老年人进行温度与死亡关系的研究, 结果提示双向病例交叉研究和时间序列分析与时间分层的病例交叉研究得出的结果相似, 而单向病例交叉研究与其他的研究结果相悖。因此, 本研究应用对称性双向病例交叉研究分析大气 PM₁₀ 对脑血管疾病的影响。

本研究选取死亡发生前 1 周和发生后 1 周作为对照期, 以死亡发生当天 (24 h 内) 为病例期。选择以周的倍数作为时间间隔控制“星期几效应” (day of week, DOW)。有研究显示, 大气污染对死亡的影响存在滞后效应^[12], 因此本研究采用滑动平均滞后模型分别观察大气 PM₁₀ 当天 (lag 0) 以及滞后 1~7 d (lag 1-lag 7) 对居民脑血管疾病死亡的影响变化, 以确定最佳滞后期。即 lag 1 值为污染物当天和污染物前一天的平均值, lag 2 值为污染物当天, 前一天和前两天的平均值, 以此类推。

采用条件 logistic 回归分析方法, 以每日脑血管

疾病死亡人数为权重, 利用 SPSS 16.0 软件的 Cox 回归模块进行拟合, 考虑到气象因素对脑血管疾病死亡率的影响, 将日平均气温和日平均相对湿度作为控制变量与待研究变量一起选入回归模型, 分析单污染物和多污染物条件下, 每日脑血管疾病死亡人数在病例期与对照期大气 PM₁₀ 暴露的效应值 (OR 值)。国内的大多数研究均采用大气 PM₁₀ 每改变 10 μg/m³、100 μg/m³、1 mg/m³ 等引起的效应改变, 而国外研究多采用大气 PM₁₀ 每改变四分位数间距 (IQR) 引起的变化。国内外各个城市、地区大气中 PM₁₀ 浓度不同, 增加固定单位引起的效应值不能直接比较, 因此本研究采用每改变 IQR 的大气 PM₁₀ 浓度计算脑血管疾病死亡风险的 OR 值。所有统计学检验均为双侧检验, P<0.05 为差异有统计学意义。

为调整性别、年龄及季节等混杂因素对结果的影响, 按照性别 (男、女)、年龄 (<65 岁, ≥65 岁)、季节 (春、夏、秋、冬) 进行分层。季节定义为春 3—5 月, 夏 6—8 月, 秋 9—11 月, 冬 12—2 月。分别分析对上述因素分层后, 大气 PM₁₀ 浓度对暴露人群的影响。

结 果

1. 一般情况: 2004—2008 年脑血管疾病共死亡 5911 人, 男性 3137 人、女性 2774 人, 65 岁以上占 84.44% (表 1)。图 1 和图 2 显示, 脑血管疾病死亡人数大体呈逐年增长趋势, 2007 年脑内出血和脑血管后遗症的死亡人数上升明显。冬季的脑血管疾病死亡人数最多, 其次为春季。脑血管疾病死亡以脑梗死和脑内出血为主。

表 1 2004—2008 年北京市某城区脑血管疾病死亡情况

特征	脑内出血	脑梗死	脑血管后遗症	其他脑血管疾病	合计
性别					
男	959(16.22)	1430(24.19)	547(9.25)	201(3.40)	3137(53.07)
女	806(13.64)	1413(23.90)	372(6.29)	183(3.10)	2774(46.93)
年龄(岁)					
<65	457(7.73)	312(5.28)	83(1.40)	68(1.15)	920(15.56)
≥65	1308(22.13)	2531(42.82)	836(14.14)	316(5.35)	4991(84.44)
合计	1765(29.86)	2843(48.10)	919(15.54)	384(6.50)	5911(100.00)

注: 括号外数字为死亡人数, 括号内数字为构成比 (%)

表 2 中 2004—2008 年北京市某城区大气污染物 PM₁₀、SO₂、NO₂ 的年平均浓度分别为 144.54 μg/m³、48.48 μg/m³ 和 64.18 μg/m³, 其中 SO₂ 和 NO₂ 的年平均浓度均符合国家空气质量二级标准 (60 μg/m³ 和 80 μg/m³), PM₁₀ 年平均浓度超过国家二级标准

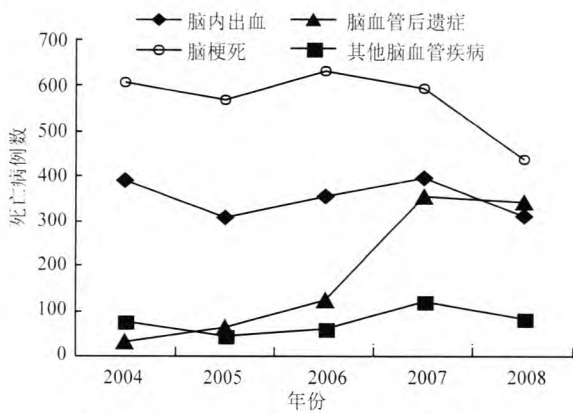


图1 2004—2008年北京市某城区脑血管疾病死亡时间变化趋势

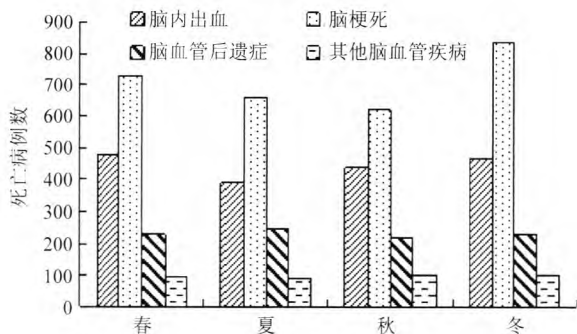


图2 2004—2008年北京市某城区脑血管疾病死亡季节变化

表2 2004—2008年北京市某城区大气污染物和气象因素描述

项目	\bar{x}	<i>s</i>	最小值	P_{25}	P_{50}	P_{75}	最大值	IQR
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	144.54	91.06	10.00	78.57	128.00	184.00	600.00	105.43
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	48.48	49.04	5.00	15.00	29.00	63.57	293.00	48.57
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	64.18	25.64	14.40	47.14	60.80	76.80	214.40	29.66
气温($^{\circ}\text{C}$)	13.56	10.86	-10.10	3.50	14.90	23.60	32.10	20.10
相对湿度(%)	51.51	20.33	8.00	34.00	52.00	68.00	97.00	34.00

(100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)约44%^[13]。

2. 大气污染物与气象因素 Pearson 分析:表3所示,PM₁₀与SO₂、NO₂、相对湿度之间存在正相关($P < 0.01$),与气温的相关性无统计学意义($P > 0.05$);SO₂与气温、相对湿度之间为负相关($P < 0.01$);NO₂与相对湿度呈正相关($P < 0.01$),而与气温之间存在负相关($P < 0.01$)。

表3 2004—2008年北京市某城区大气污染物与气象因素的 Pearson 相关系数

因素	PM ₁₀	SO ₂	NO ₂	气温	相对湿度
PM ₁₀	1.000				
SO ₂	0.415*	1.000			
NO ₂	0.670*	0.604*	1.000		
气温	-0.003	-0.646*	-0.170*	1.000	
相对湿度	0.171*	-0.073*	0.211*	0.352*	1.000

注:* $P < 0.01$

3. 大气PM₁₀污染水平对脑血管疾病死亡影响的滞后效应:在控制所选PM₁₀当日气温和相对湿度影响的情况下,单污染物模型的双向对称性病例交叉分析结果显示,当日PM₁₀浓度对总死亡数,男性、 < 65 岁和 ≥ 65 岁的脑血管疾病死亡病例的OR值最大,PM₁₀浓度每升高105.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,OR值分别为1.033、1.039、1.054、1.031,但差异均无统计学意义($P > 0.05$)。而滞后5 d的PM₁₀浓度对女性脑血管疾病的影响OR值最大,每升高IQR(105.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$),OR值为1.051($P < 0.05$)。按季节分层,春季和秋季以当日的PM₁₀污染OR值最大,而夏、冬季以滞后5 d的PM₁₀浓度OR值最大。冬季大气PM₁₀浓度升高105.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,脑血管疾病的OR值为1.143($P < 0.05$)。

以下选择当日的PM₁₀浓度分析大气PM₁₀污染对总死亡数,男性、 < 65 岁和 ≥ 65 岁的脑血管疾病死亡病例、春秋季节病例的影响。而选择滞后5 d的PM₁₀浓度分析PM₁₀浓度对女性脑血管疾病死亡病例和夏、冬季死亡病例的影响。

4. 多污染物模型中大气PM₁₀水平对脑血管疾病死亡的影响:由于SO₂、NO₂、PM₁₀之间存在相互影响,故拟合多污染物模型调整其他污染物对PM₁₀的影响。多污染物模型中,同样在控制气温和相对湿度的条件下,分别调整NO₂、SO₂和SO₂+NO₂情况后,分析大气PM₁₀水平对脑血管疾病的影响。分别对SO₂、NO₂和NO₂+SO₂调整后,大气PM₁₀浓度升高105.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 与脑血管疾病的OR值分别为1.040、1.067、1.065,其中后两个模型的OR值差异有统计学意义($P < 0.05$)。

按性别分层,分别调整SO₂、NO₂和NO₂+SO₂,大气PM₁₀浓度每升高105.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,对男性和女性脑血管疾病的OR值分别为1.037、1.061、1.056和1.066、1.090、1.089。其中调整NO₂和NO₂+SO₂模型中大气PM₁₀水平对女性脑血管疾病的影响差异有统计学意义($P < 0.05$)。按 < 65 岁和 ≥ 65 岁年龄分层,控制NO₂、SO₂+NO₂后,大气PM₁₀每升高105.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 对 ≥ 65 岁年龄组的脑血管疾病的OR值差异均有统计学意义($P < 0.05$),而与 < 65 岁年龄组的脑血管疾病关联无统计学意义($P > 0.05$)。按季节分层后,分别调整SO₂、NO₂和NO₂+SO₂这三种多污染物模型的效应基本一致,大气PM₁₀水平仅与冬季的脑血管病例关联有统计学意义。

就3种模型的大气PM₁₀浓度每升高105.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 对脑血管疾病的OR值来说,控制NO₂、SO₂+NO₂后

效应值基本相等,均普遍高于仅控制SO₂后的效应值。同时,多污染物模型的大气PM₁₀水平对脑血管疾病的OR值也普遍高于单污染物模型中的效应值,急性效应更为明显。见表4。

表4 多污染物模型中大气PM₁₀浓度每升高IQR与每日脑血管疾病死亡的关系

分类	PM ₁₀ +SO ₂		PM ₁₀ +NO ₂		PM ₁₀ +SO ₂ +NO ₂	
	OR值	95%CI	OR值	95%CI	OR值	95%CI
全人群	1.040	0.989~1.094	1.067*	1.010~1.128	1.065*	1.007~1.125
男性	1.037	0.967~1.113	1.061	0.984~1.144	1.056	0.979~1.140
女性	1.066	0.988~1.151	1.090*	1.006~1.182	1.089*	1.005~1.181
<65岁	1.031	0.909~1.170	1.037	0.907~1.186	1.031	0.901~1.181
≥65岁	1.043	0.987~1.102	1.076*	1.013~1.143	1.074*	1.010~1.142
春	1.063	0.979~1.154	1.064	0.983~1.151	1.063	0.979~1.154
夏	1.048	0.887~1.237	1.128	0.964~1.320	1.090	0.922~1.290
秋	1.000	0.962~1.039	1.088	0.922~1.284	1.087	0.921~1.282
冬	1.129*	1.018~1.253	1.143*	1.027~1.272	1.143*	1.027~1.272

注:* $P<0.05$

讨 论

单污染物模型和多污染物模型均表明,大气PM₁₀浓度升高可以导致脑血管疾病的增加,其中多污染物模型调整NO₂和NO₂+SO₂后,PM₁₀浓度与脑血管疾病死亡关联有统计学意义($P<0.05$)。这与Chan等^[14]和郭玉明等^[4]研究PM₁₀对脑血管疾病影响的结果一致,说明大气PM₁₀浓度升高可增加脑血管疾病的死亡。

本研究单污染物模型中PM₁₀日均浓度对脑血管疾病的滞后效应不明显,任艳军^[5]和张晓平等^[15]研究中PM₁₀滞后效应分别为2 d和3 d,但郭玉明等^[4]的研究结果显示当日PM₁₀浓度对脑血管疾病的OR值最大,为1.003(95%CI:0.998~1.007),与本研究结果相同。就性别来说,大气PM₁₀对女性脑血管疾病的滞后效应比男性时间长且效应大。说明大气PM₁₀对女性脑血管疾病的效应比较迟缓,但累积效应较大。

多污染物模型(分别调整SO₂、NO₂、SO₂+NO₂)时大气PM₁₀浓度对脑血管疾病的影响均普遍高于单污染物模型,且控制NO₂后PM₁₀的效应较不控制NO₂的效应值高,这可能是因为PM₁₀与NO₂、SO₂之间对脑血管疾病的影响存在联合作用,NO₂和SO₂的存在能够增强PM₁₀对脑血管疾病的影响,NO₂相比SO₂对PM₁₀的联合作用更强的缘故,这提示将其他气态污染物控制并引入模型是必要的。性别分层后,多污染物模型大气PM₁₀浓度升高对女性脑血管疾病的关联有统计学意义,这与Kan等^[16]在中国的

研究发现颗粒物对女性的效应值估计值高于男性的结论一致。由于缺乏总人群性别数据,无法判断大气PM₁₀浓度对脑血管疾病影响的性别差异。多污染物模型大气PM₁₀污染对65岁以上脑血管疾病的效应有统计学意义。董少霞等^[17]对大气颗粒物暴露与老年人血清C反应蛋白变化关系的研究中提出,大气颗粒物暴露增加会引起C反应蛋白变化的增加,而C反应水平高于3 mg/L的成年人群具有较高的心脑血管疾病风险^[18]。

按季节分层分析,结果表明春、夏、秋、冬四个季节大气PM₁₀浓度可引起脑血管疾病死亡的增加。而冬季大气PM₁₀浓度对脑血管疾病的影响更为明显,且关联有统计学意义。Wong等^[19]对香港地区大气污染物对呼吸和心脑血管疾病的研究表明冬季(12—2月)大气PM₁₀水平对死亡率的影响高于其他季节,与本研究结果一致。这有可能是冬季气温较低,增加了脑血管疾病患者对大气PM₁₀的敏感性。有研究认为^[20,21],低温会引起心脑血管疾病患者血液黏度、红细胞数量以及纤维蛋白原水平升高,从而引起血压升高,同时刺激儿茶酚胺分泌增多,引起心脑血管痉挛,斑块破裂,血小板凝聚形成血栓,导致心脑血管疾病患者发病。同时本研究中显示气温降低,大气污染物(PM₁₀、SO₂、NO₂)的浓度增加,也提示气温与污染物之间的交互作用可能会影响污染物对脑血管疾病的影响。

由于本研究中大气PM₁₀、NO₂、SO₂的数据均来自固定监测站,而每个个体的活动模式、生活方式不同,用日均浓度作为个体的暴露浓度可能存在偏倚。同时,本研究仅涉及北京某城区,不能代表整个北京市的实际情况,且不同城市之间污染物类型及气候等因素之间存在差异,因此本研究结果是否适用于其他城市仍需进一步探讨。

(感谢北京市海淀区疾病预防控制中心江初主任、业务办公室沈艳辉主任对本课题的支持)

参 考 文 献

- [1] Dominici F, Peng RD, Bell ML, et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA*, 2006, 295(10): 1127-1134.
- [2] Hou Q, An XQ, Wang ZF, et al. Assessment on health economic costs of particulate air pollution in Lanzhou during 2002-2009. *Chin Environ Sci*, 2011, 31(8): 1398-1402. (in Chinese)
侯青, 安兴琴, 王自发, 等. 2002—2009年兰州PM₁₀人体健康经济损失评估. *中国环境科学*, 2011, 31(8): 1398-1402.
- [3] Ye Y. A case-crossover study on the relationship between air pollution and acute onset of cardio-cerebrovascular disease.

- Hangzhou: Zhejiang University, 2010. (in Chinese)
叶瑜. 大气污染物与心脑血管疾病急性发作的病例交叉研究. 杭州: 浙江大学, 2010.
- [4] Guo YM, Liu LQ, Chen JM, et al. Association between the concentration of particulate matters and the hospital emergency room visits for circulatory diseases: a case-crossover study. *Chin J Epidemiol*, 2008, 29(11): 1064-1068. (in Chinese)
郭玉明, 刘利群, 陈建民, 等. 大气可吸入颗粒物与心脑血管疾病急诊关系的病例交叉研究. *中华流行病学杂志*, 2008, 29(11): 1064-1068.
- [5] Ren YJ. A case-crossover study on particulate air pollution and cardiovascular disease mortality. Hangzhou: Zhejiang University, 2006. (in Chinese)
任艳军. 大气颗粒物污染与心血管疾病死亡的病例交叉研究. 杭州: 浙江大学, 2006.
- [6] Zheng S, Wang MZ, Wang SG, et al. A case-crossover analysis of air pollution and hospital admissions for cardiovascular and cerebrovascular diseases in Lanzhou. *Chin Environ Sci*, 2012, 32(7): 1182-1187. (in Chinese)
郑山, 王敏珍, 王式功, 等. 大气污染物对兰州心脑血管疾病住院影响的病例交叉研究. *中国环境科学*, 2012, 32(7): 1182-1187.
- [7] Brunekreef B, Beelen R, Hoek G, et al. Effects of long-term exposure to traffic-related air pollution on respiratory and cardiovascular mortality in the Netherlands: the NLCS-AIR study. *Res Rep Health Eff Inst*, 2009, 139: 5-71, 73-89.
- [8] Yang HB, Ge M, Hong M, et al. Effect of atmospheric pollutants on mortality of cerebrovascular disease in a lower polluted area. *Occup Health*, 2010, 26(6): 601-604. (in Chinese)
杨海兵, 葛明, 洪梅, 等. 某低污染区大气污染物对脑血管疾病死亡的影响. *职业与健康*, 2010, 26(6): 601-604.
- [9] Liu M, Wu B, Wang WZ, et al. Stroke in China: epidemiology, prevention, and management strategies. *Lancet Neurol*, 2007, 6(5): 456-464.
- [10] Lu F, Jin YL, Cheng YB. The research progress about the association of meteorological factors and cerebrocardiovascular diseases. *Foreign Medical Sciences: Section Hygiene*, 2008, 35(2): 83-87. (in Chinese)
路凤, 金银龙, 程义斌. 气象因素与心脑血管疾病关系的研究进展. *国外医学: 卫生学分册*, 2008, 35(2): 83-87.
- [11] Basu R, Dominici F, Samet JM. Temperature and mortality among the elderly in the United States: a comparison of epidemiologic methods. *Epidemiology*, 2005, 16(1): 58-66.
- [12] Schwartz J. The distributed lag between air pollution and daily deaths. *Epidemiology*, 2000, 11(3): 320-326.
- [13] National Environmental Protection Agency. GB 3095-1996 ambient air quality standard. Beijing: China Standards Publishing House, 1996. (in Chinese)
国家环境保护局. GB 3095-1996 环境空气质量标准. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [14] Chan CC, Chuang KL, Chien LC, et al. Urban air pollution and emergency admissions for cerebrovascular diseases in Taipei, Taiwan. *Eur Heart J*, 2006, 27(10): 1238-1244.
- [15] Zhang XP, Zhang YP, Feng BQ, et al. Effects of PM₁₀ on the mortality of cerebrocardiovascular diseases in Taiyuan. *Dis Surveill*, 2007, 22(8): 556-559. (in Chinese)
张晓平, 张燕萍, 封宝琴, 等. 太原市大气可吸入颗粒物对心脑血管疾病死亡的影响. *疾病监测*, 2007, 22(8): 556-559.
- [16] Kan H, London SJ, Chen G, et al. Differentiating the effects of fine and coarse particles on daily mortality in Shanghai, China. *Environ Int*, 2007, 33(3): 376-384.
- [17] Dong SX, Cheng YB, Xu DQ, et al. Ambient particulate pollutants and C reactive protein variability in elderly residents in Beijing. *J Environ Health*, 2011, 28(12): 1035-1038. (in Chinese)
董少霞, 程义斌, 徐东群, 等. 大气颗粒物暴露同社区中老年人血清中C反应蛋白变化关系. *环境与健康杂志*, 2011, 28(12): 1035-1039.
- [18] Ridker PM. Clinical application of C-reactive protein for cardiovascular disease detection and prevention. *Circulation*, 2003, 107(3): 363-369.
- [19] Wong TW, Tam WS, Yu TS, et al. Associations between daily mortalities from respiratory and cardiovascular diseases and air pollution in Hong Kong, China. *Occup Environ Med*, 2002, 59(1): 30-35.
- [20] Basu R, Ostro BD. A multicounty analysis identifying the populations vulnerable to mortality associated with high ambient temperature in California. *Am J Epidemiol*, 2008, 168(6): 632-637.
- [21] Wang L, Bai Y, Liu XY, et al. The relationship between coronary disease and meteorological factors. *Clin Focus*, 2007, 22(3): 178-179. (in Chinese)
王玲, 白原, 刘小云, 等. 冠心病与气象因素的关系. *临床荟萃*, 2007, 22(3): 178-179.

(收稿日期: 2012-11-23)

(本文编辑: 卢亮平)