

唐山市 PM_{2.5} 污染对城市居民 呼吸系统疾病日门诊量的影响

秦萌, 李松, 蒋守芳, 王金, 李培帅, 佟俊旺
华北理工大学公共卫生学院, 河北 唐山 063210

摘要: **目的** 评价 PM_{2.5} 污染程度对唐山市城市居民呼吸系统疾病日门诊量的影响。 **方法** 收集唐山市 2013 年 11 月-2014 年 3 月、2014 年 11 月-2015 年 3 月、2015 年 11 月-2016 年 3 月的气象监测数据、大气污染物浓度资料及各三级甲等综合性医院呼吸系统疾病日门诊人数, 采用 *Pearson* 相关分析大气污染物、气象因素以及呼吸系统疾病门诊量之间的相关性; 采用时间序列的广义相加模型分析大气污染浓度与呼吸系统疾病日门诊量之间的关联性。 **结果** 2013 年 11 月-2014 年 3 月、2014 年 11 月-2015 年 3 月、2015 年 11 月-2016 年 3 月三个时间段内, 各大气污染物之间每日浓度的相关性分析结果显示 PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、CO 之间存在明显的正相关, 各大气污染物与气湿之间呈正相关, 除 PM_{2.5} 外, 其他污染物与呼吸系统疾病日门诊量之间无明显的相关性。其中 PM_{2.5} 分别滞后 1、2、4 d 对呼吸系统疾病日门诊量影响最大。且 PM_{2.5} 浓度每增加 10 μg/m³ 时, 呼吸系统疾病日门诊量分别增加 0.25% (95% CI: 0.18%~0.32%)、0.65% (95% CI: 0.31%~0.99%)、0.42% (95% CI: 0.11%~0.73%)。 **结论** 唐山市 PM_{2.5} 污染程度增高会导致呼吸系统疾病日门诊量的增加。

关键词: PM_{2.5}; 时间序列; 呼吸系统疾病; 广义相加模型

中图分类号: R122.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-3110(2019)07-0791-04 **DOI:** 10.3969/j.issn.1006-3110.2019.07.006

Effect of PM_{2.5} on daily outpatient visits for respiratory diseases among urban residents in Tangshan City

QIN Meng, LI Song, JIANG Shou-fang, WANG Jin, LI Pei-shuai, TONG Jun-wang

School of Public Health, North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei 063210, China

Corresponding author: TONG Jun-wang, E-mail: junwangtong@163.com

Abstract: **Objective** To estimate the impact of PM_{2.5} pollution on the daily outpatient visits for respiratory diseases in urban residents in Tangshan City. **Methods** We collected meteorological monitoring data, air pollutant concentration data and daily outpatient visits for respiratory diseases from all grade-A tertiary general hospitals in Tangshan City from November 2013 to March 2014, from November 2014 to March 2015 and from November 2015 to March 2016. The correlations among air pollutants, meteorological factors and daily outpatient volume of respiratory diseases were evaluated by *Pearson* correlation. The associations between air pollutants and daily outpatient volume of respiratory diseases were analyzed by using the generalized additive model (GAM) of time series. **Results** The correlation analysis on daily concentration of all air pollutants during the above-mentioned three periods showed that there were significantly positive correlations among PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO₂ and CO as well as between each air pollutant and humidity, but there was no significant correlation between all air pollutants except PM_{2.5} and daily outpatient visits for respiratory diseases. PM_{2.5} for 1-day, 2-day and 4-day lag was positively associated with daily outpatient volume of respiratory diseases; moreover, the daily outpatient volume of respiratory diseases increased by 0.25% (95% CI: 0.18%~0.32%), 0.65% (95% CI: 0.31%~0.99%) and 0.42% (95% CI: 0.11%~0.73%) respectively with PM_{2.5} concentration increase per 10 μg/m³. **Conclusions** The increase of atmospheric PM_{2.5} pollution in Tangshan City can lead to the increment of daily outpatient volume of respiratory diseases.

Key words: PM_{2.5}; time series; respiratory diseases; generalized additive model

基金项目: 华北理工大学大学生创新创业计划项目 (X2015158)

作者简介: 秦萌 (1991-), 女, 硕士研究生, 主要从事环境卫生学研究工作。

通信作者: 佟俊旺, E-mail: junwangtong@163.com。

大气细颗粒物 (PM_{2.5}, 空气动力学直径 ≤ 2.5 μm) 因其比表面积大、粒径小、在大气中停留时间长等特征, 对人体健康和大气环境质量状况影响甚大^[1]。近年来探讨 PM_{2.5} 对人体呼吸和心血管等疾病的影响也

已经成为了国内外的热点,不同国家或者同一国家不同地区的大气污染物来源和污染状况不同,对人群健康影响的效应也不尽相同^[2-4]。唐山市是以煤炭、钢铁、陶瓷为主要产业的典型的重工业城市,大气污染较为严重,本研究采用目前应用广泛的时间序列广义相加模型(generalized additional model,GAM),探讨PM_{2.5}污染程度对唐山市居民呼吸系统疾病日门诊量的影响。

1 材料与方法

1.1 资料 收集 2013 年 11 月-2014 年 3 月、2014 年 11 月-2015 年 3 月、2015 年 11 月-2016 年 3 月三个时间段内唐山市各三级甲等综合性医院(华北理工大学附属医院、唐山市工人医院、开滦医院、唐山市中医院、唐山市人民医院)每日呼吸系统疾病患者的资料。以国际疾病分类标准第 10 版(ICD-10)中呼吸系统疾病编码为 J00-J99 为分类标准。同时,从唐山市环境保护局官方网站与中国天气网分别获取同时段的大气污染物(PM_{2.5}、NO₂、CO、SO₂、PM₁₀)的日均浓度和气象因素(气温和气湿)的日常监测数据。

1.2 方法 运用 SPSS 17.0 和 R3.3.2 软件的 MGCV 包对数据进行分析。对大气污染物、气象因素及呼吸系统疾病日门诊量进行 Pearson 相关分析。采用时间序列的广义相加模型对大气污染物浓度与呼吸系统疾病日门诊量之间的关系进行分析。具体公式如下:

$$\text{Log}[Y(t)] = \beta Z_t + as.factor(dow) + ns(time,k) + ns(humidity,k) + ns(temperature,k) + intercept$$

式中,[Y(t)]:第 t 个观察日的呼吸系统疾病日门诊量; β :回归系数; Z_t :第 t 个观察日的大气污染物浓度;temperature:气温;dow:星期哑元变量;humidity:气湿;ns:非参数平滑样条函数;time:日期;k:自由度;intercept:截距。

表 2 不同年份污染物(mg/m³)及呼吸系统疾病日门诊量的分布情况

年份	SO ₂	NO ₂	CO	PM _{2.5}	PM ₁₀	门诊量
2013 年 11 月-2014 年 3 月	0.127±0.069	0.071±0.026	2.970±1.650	0.133±0.086	0.198±0.106	71.800±15.900
2014 年 11 月-2015 年 3 月	0.072±0.043 ^a	0.072±0.026	2.480±1.550 ^a	0.104±0.063 ^a	0.176±0.091 ^a	66.400±18.200 ^a
2015 年 11 月-2016 年 3 月	0.053±0.026 ^{ab}	0.064±0.026 ^{ab}	2.390±1.300 ^a	0.092±0.069 ^a	0.143±0.089 ^{ab}	67.900±16.500 ^a
F 值	93.390	5.170	6.430	12.360	12.820	4.080
P 值	<0.001	0.006	0.002	<0.001	<0.001	0.018

注:a:与 2013 年 11 月-2014 年 3 月比较,P<0.05;b:与 2014 年 11 月-2015 年 3 月比较,P<0.05。

2.2 相关性分析 三个时间段内大气污染物、气象因素及呼吸系统疾病日门诊量相关性分析结果显示 PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、CO 之间存在明显的正相关,而

本研究日期的自由度取 7,平均温度和湿度的自由度分别取 6 和 3^[5]。考虑到滞后效应,为确定模型中大气污染物的最强效应期,将 lag0~lag7(当天至前 7 d)单日污染物浓度分别引入模型,进行模型拟合。根据模型得出的回归系数 β 计算当污染物浓度每增加 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时,呼吸系统疾病日门诊量的超额危险度(ER)及 95%可信区间(95%CI)。

2 结果

2.1 资料的一般特征 2013 年 11 月-2014 年 3 月、2014 年 11 月-2015 年 3 月、2015 年 11 月-2016 年 3 月期间,PM_{2.5} 平均浓度依次分别为 0.133、0.104、0.092 mg/m^3 ,平均每日呼吸系统疾病门诊量依次分别为 71.8 例、66.4 例、67.9 例,平均气温依次分别为 7.7 $^{\circ}\text{C}$ 、4.1 $^{\circ}\text{C}$ 、0.9 $^{\circ}\text{C}$,平均气湿依次分别为 48.9%、49.3%、55.7%。与 2013 年 11 月-2014 年 3 月相比,2014 年 11 月-2015 年 3 月 SO₂、CO、PM₁₀、PM_{2.5} 浓度均呈降低趋势,NO₂ 没有变化,相对应的门诊量也是降低的,2015 年 11 月-2016 年 3 月各大气污染物浓度均呈降低趋势,门诊量也是呈下降趋势;与 2014 年 11 月-2015 年 3 月相比,2015 年 11 月-2016 年 3 月 SO₂、NO₂ 以及 PM₁₀ 浓度均呈降低趋势,CO 和 PM_{2.5} 没有变化,相对应的门诊量也没有变化。见表 1、表 2。

表 1 不同年份气象因素的分布情况

年份	指标	$\bar{x}\pm s$	百分位数(%)				
			P ₀	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	P ₁₀₀
2013 年 11 月-2014 年 3 月	气温($^{\circ}\text{C}$)	7.7±9.9	-10.7	0.2	5.7	15.9	19.7
	气湿(%)	48.9±17.8	15.0	36.0	46.0	61.0	95.0
2014 年 11 月-2015 年 3 月	气温($^{\circ}\text{C}$)	4.1±7.5	-7.0	-2.0	2.3	8.0	29.7
	气湿(%)	49.3±19.2	0.0	35.0	46.0	64.5	95.0
2015 年 11 月-2016 年 3 月	气温($^{\circ}\text{C}$)	0.9±6.2	-11.1	-3.1	-0.3	4.8	16.8
	气湿(%)	55.7±21.3	15.0	39.8	52.0	73.0	97.0

大气污染物与气湿之间呈正相关。2013 年 11 月-2014 年 3 月各大气污染物与气温无明显相关;2014 年 11 月-2015 年 3 月除 SO₂ 与气温呈负相关外,其他污

染物与气温均无明显相关;2015 年 11 月-2016 年 3 月除 SO₂ 和 CO 外,各大气污染物与气温呈明显正相关。三个时间段内除 PM_{2.5}外,其他污染物与呼吸系统疾病日门诊量之间无明显相关性。见表 3~表 5。

表 3 2013 年 11 月-2014 年 3 月呼吸系统疾病日门诊量、气象因素及大气污染物间的相关(*r*)

指标	门诊量 (例)	SO ₂	NO ₂	CO	PM ₁₀	PM _{2.5}	气温	气湿
门诊量(例)	1.000	0.056	0.051	0.088	-0.011	0.165c	0.059	0.086
SO ₂		1.000	0.701 ^a	0.904 ^a	0.743 ^a	0.757 ^a	-0.005	0.393 ^a
NO ₂			1.000	0.700 ^a	0.880 ^a	0.872 ^a	-0.031	0.423 ^a
CO				1.000	0.797 ^a	0.796 ^a	0.087	0.408 ^a
PM ₁₀					1.000	0.975 ^a	0.035	0.372 ^a
PM _{2.5}						1.000	0.030	0.415 ^a
气温							1.000	-0.202 ^b
气湿								1.000

注:a*P*<0.01,b*P*<0.05,c 滞后 1 d,*P*<0.05。

表 4 2014 年 11 月-2015 年 3 月呼吸系统疾病日门诊量、气象因素及大气污染物间的相关(*r*)

指标	门诊量 (例)	SO ₂	NO ₂	CO	PM ₁₀	PM _{2.5}	气温	气湿
门诊量(例)	1.000	0.036	0.044	0.043	-0.011	0.079c	-0.112	-0.006
SO ₂		1.000	0.791 ^a	0.625 ^a	0.881 ^a	0.710 ^a	-0.168 ^b	0.410 ^a
NO ₂			1.000	0.743 ^a	0.732 ^a	0.859 ^a	-0.066	0.410 ^a
CO				1.000	0.682 ^a	0.907 ^a	0.043	0.469 ^a
PM ₁₀					1.000	0.762 ^a	-0.129	0.470 ^a
PM _{2.5}						1.000	-0.043	0.572 ^a
气温							1.000	-0.250 ^a
气湿								1.000

注:a*P*<0.01,b*P*<0.05,c 滞后 2 d,*P*<0.05。

表 5 2015 年 11 月-2016 年 3 月呼吸系统疾病日门诊量、气象因素及大气污染物间的相关(*r*)

指标	门诊量 (例)	SO ₂	NO ₂	CO	PM ₁₀	PM _{2.5}	气温	气湿
门诊量(例)	1.000	-0.179	-0.017	-0.154	-0.076	0.122c	0.055	-0.131
SO ₂		1.000	0.663 ^a	0.828 ^a	0.681 ^a	0.649 ^a	0.128	0.379 ^a
NO ₂			1.000	0.728 ^a	0.823 ^a	0.826 ^a	0.236 ^a	0.525 ^a
CO				1.000	0.817 ^a	0.824 ^a	0.030	0.556
PM ₁₀					1.000	0.952 ^a	0.313 ^a	0.551 ^a
PM _{2.5}						1.000	0.195 ^b	0.636 ^a
气温							1.000	-0.065
气湿								1.000

注:a*P*<0.01,b*P*<0.05,c 滞后 4 d,*P*<0.05。

2.3 模型拟合结果 时间序列的广义相加模型结果显示,三个时间段内 PM_{2.5}分别在滞后 1 d、滞后 2 d、滞后 4 d 对呼吸系统疾病日门诊量影响最大。在 2013 年 11 月-2014 年 3 月期间,滞后 1 d 的 PM_{2.5}浓度每增

加 10 μg/m³,呼吸系统疾病日门诊量增加 0.25% (95% *CI*:0.18%~0.32%),2014 年 11 月-2015 年 3 月,滞后 2 d 的 PM_{2.5}浓度每增加 10 μg/m³,呼吸系统疾病日门诊量增加 0.65% (95% *CI*:0.31%~0.99%),2015 年 11 月-2016 年 3 月,滞后 4 d 的 PM_{2.5}浓度每增加 10 μg/m³,呼吸系统疾病日门诊量增加 0.42% (95% *CI*:0.11%~0.73%)。见表 6。

表 6 不同年份 PM_{2.5}浓度对呼吸系统疾病日门诊量影响[RR(95%*CI*)]

滞后天数	年份		
	2013 年 11 月-2014 年 3 月	2014 年 11 月-2015 年 3 月	2015 年 11 月-2016 年 3 月
lag0	1.0012(1.0003~1.0020)	1.0024(1.0011~1.0037)	1.0004(0.9997~1.0010)
lag1	1.0025(1.0018~1.0032) ^a	1.0018(1.0010~1.0025)	1.0032(1.0020~1.0043)
lag2	1.0014(1.0007~1.0021)	1.0065(1.0031~1.0099) ^a	1.0040(1.0018~1.0059)
lag3	1.0016(0.9999~1.0032)	1.0030(1.0018~1.0042)	1.0014(0.9992~1.0036)
lag4	1.0018(1.0003~1.0033)	1.0014(1.0009~1.0018)	1.0042(1.0011~1.0073) ^a
lag5	1.0016(0.9996~1.0035)	1.0021(0.9998~1.0043)	1.0037(1.0019~1.0055)
lag6	1.0018(1.0009~1.0027)	1.0034(1.0021~1.0046)	1.0008(0.9993~1.0022)
lag7	0.9502(0.8999~1.0005)	1.0012(1.0001~1.0023)	1.0021(1.0011~1.0031)

注:a 最大效应对应滞后天数。

3 讨论

近来有研究证明大气中 PM_{2.5}与呼吸系统疾病日门诊量有关^[6-8],并且广义相加模型被广泛应用于此类研究,因其可以更好地排除多种混杂因素(如气温、气湿、星期几效应)的影响,更好地模拟了大气污染物与健康终点之间的联系。因此,本文使用该方法评估了大气 PM_{2.5}对呼吸系统疾病日门诊量的影响。

本研究结果显示,不同年份 PM_{2.5}的浓度与相对应的门诊量呈现一定的相关性。2013 年 11 月-2014 年 3 月、2014 年 11 月-2015 年 3 月、2015 年 11 月-2016 年 3 月三个时间段内,PM_{2.5}浓度每增加 10 μg/m³,呼吸系统疾病日门诊量分别增加 0.25% (95% *CI*:0.18%~0.32%)、0.65% (95% *CI*:0.31%~0.99%)、0.42% (95% *CI*:0.11%~0.73%)。与以往研究结果一致。姜彩霞等^[9]研究结果显示杭州市 PM_{2.5}浓度每增加 10 μg/m³,呼吸系统疾病日门诊量增加 0.226% (95% *CI* :0.159%~0.293%)。段振华等^[10]通过 GAM 分析得出成都市 PM_{2.5}日均浓度每增加10 μg/m³,呼吸系统疾病门诊人次可能增加 0.57% (95% *CI*:0.48%~0.66%)。张文增等^[11]在北京市顺义区开展的研究结果显示 PM_{2.5}每增加 10 μg/m³,呼吸系统疾病门诊量人数增加 0.25% (95% *CI*:0.22%~0.28%)。张慧东等^[12]在淮安市开展的对空气中

PM_{2.5}污染与呼吸系统疾病门诊量影响的研究表明,PM_{2.5}浓度每增加 10 μg/m³,呼吸系统疾病日门诊量增加 0.63% (95% CI: 0.37% ~ 0.89%)。但关绮华等^[13]报道佛山市大气 PM_{2.5}日均浓度与呼吸系统疾病日均门诊量呈正相关关系,PM_{2.5}每增加 10 μg/m³,每日呼吸系统疾病门诊量增加 2.744%,远远高于本研究结果。有研究发现上海市奉贤区 PM_{2.5}浓度每增加 10 μg/m³,呼吸系统疾病日门诊量降低 0.35%^[14]。Gleason 等^[15]报道美国纽瓦克市的 PM_{2.5}与儿科哮喘急诊就诊无关。与本研究结果存在差异的原因可能是不同国家不同地区大气中 PM_{2.5}的组成成分、污染浓度的水平、地理特征、研究时间及研究方法不同。

大气中 PM_{2.5}对呼吸系统疾病日门诊量的影响存在滞后效应。本研究得出滞后 1 d、滞后 2 d、滞后 4 d 的 PM_{2.5}浓度对呼吸系统疾病日门诊量的影响最大。与以往有些研究结果相似,段振华等^[10]的研究结果也显示滞后 1 d 的 PM_{2.5}浓度对呼吸系统疾病门诊量影响最大。康真等^[16]发现滞后 4 d 的 PM_{2.5}浓度对哈尔滨市儿童医院呼吸系统疾病门诊量影响最大。也有不同滞后天数的报道,Wang 等^[6]和关绮华等^[13]均发现当日的 PM_{2.5}浓度对呼吸系统疾病门诊量影响最大。还有研究表明第 10 d 的 PM_{2.5}浓度对呼吸系统疾病门诊量影响效应最强^[9]。综上,不同地区 PM_{2.5}浓度对呼吸系统疾病门诊量影响效应最强的滞后天数可能不一致,推测可能由于城市热岛效应、风力风向、个人的生活习惯、健康保健意识、人群结构不同等原因。

本研究中,所收集资料的时间为三个时间段,每个时间段仅五个月,对于时间序列资料来说,观察时间较短,在观测长期趋势中存在不足。并且本研究基于假设,以环境监测站的浓度资料来反应人群的暴露水平,实际上,不同人群并未暴露于同一气象条件和大气污染物浓度之下,会存在一定的生态学偏倚。因此,本研究存在一定的局限性。

综上,为了更好的开展对呼吸系统疾病门诊量与 PM_{2.5}污染程度之间的联系的研究,对于气象监测资料、人群疾病资料和大气污染物资料,要尽可能的延长资料本身的时间跨度,例如两年、三年等较长并且完整的时间维度;分析过程中还需要考虑多方面的因素,尽可能的考虑全面影响呼吸系统疾病门诊量与 PM_{2.5}污染程度之间关系的因素,使结果更加具有可靠性,从而对呼吸系统疾病门诊量与 PM_{2.5}污染程度之间关系的影响因素考虑的更加周全。

参考文献

- [1] 袁善丞,孙利群. PM_{2.5}对人体健康影响的研究进展[J]. 社区医学杂志,2016,14(20):68-71.
- [2] Touloumi G, Samoli E, Quenel P, et al. Short-term effects of air pollution on total and cardiovascular mortality; the confounding effect of influenza epidemics[J]. Epidemiology, 2005, 16(1):49-57.
- [3] Rodopoulou S, Chalbot MC, Samoli EA, et al. Air pollution and hospital emergency room and admissions for cardiovascular and respiratory diseases in Doria Ana County, New Mexico[J]. Environ Res, 2014, 12(9):39-46.
- [4] Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA 3rd, et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association[J]. Circulation, 2010, 121(21):2331-2378.
- [5] Qiu H, Tian LW, Pun VC, et al. Coarse particulate matter associated with increased risk of emergency hospital admissions for pneumonia in Hong Kong[J]. Thorax, 2014, 69(11):1027-1033.
- [6] Wang Y, Zu Y, Huang L, et al. Associations between daily outpatient visits for respiratory diseases and ambient fine particulate matter and ozone levels in Shanghai, China[J]. J Expo Sci Environ Epidemiol, 2018, 240(2018):754-763.
- [7] Wang JF, Yin Q, Tong SL, et al. Prolonged continuous exposure to high fine particulate matter associated with cardiovascular and respiratory disease mortality in Beijing, China[J]. Atmos Environ, 2017, 168(2017):1-7.
- [8] 王荀,廖玉学,刘丽红,等. 深圳市龙岗区大气污染物与医院呼吸系统疾病门诊量的广义相加模型分析[J]. 实用预防医学,2019,26(1):59-62.
- [9] 姜彩霞,朱冰,张龙. 2013-2014 年杭州市大气 PM_{2.5}与呼吸系统疾病就诊人次的时间序列研究[J]. 环境与职业医学,2018,35(7):589-595.
- [10] 段振华,高绪芳,杜慧兰,等. 成都市空气 PM_{2.5}浓度与呼吸系统疾病门诊人次的时间序列研究[J]. 现代预防医学,2015,42(4):611-614.
- [11] 张文增,甄国新,陈东妮,等. 北京市顺义区大气污染物对呼吸系统疾病门诊量的影响[J]. 中国卫生统计,2017,34(2):275-279.
- [12] 张慧东,周连,陈晓东. 淮安市空气 PM_{2.5}污染对呼吸系统疾病日门诊量影响[J]. 江苏预防医学,2015,26(6):41-43.
- [13] 关绮华,梁自勉,莫莹莹. 2017 年佛山市大气 PM_{2.5}污染对呼吸系统疾病门诊量影响的时间序列分析[J]. 华南预防医学,2018,44(5):406-410.
- [14] 秦萌,高阳,顾品强,等. 上海市奉贤区大气污染物对人群呼吸系统疾病的急性效应[J]. 环境与职业医学,2018,35(6):521-525.
- [15] Gleason JA, Fagiano JA. Associations of daily pediatric asthma emergency department visits with air pollution in Newark, NJ: utilizing time-series and case-crossover study designs[J]. J Asthma, 2015, 52(8):815-822.
- [16] 康真,刘洋,于天一,等. 2015-2016 年哈尔滨市大气 PM_{2.5}污染与儿童门诊量关系的时间序列研究[J]. 中国卫生工程学,2018,17(4):481-484.

收稿日期:2018-09-25