

天津市武清区环境空气 PM_{2.5} 与急性呼吸道感染性疾病的关联研究

李平¹, 孙梅青¹, 李彭辉², 卫沛楠¹, 丁占林¹, 王洪¹, 于光平¹, 冯哲¹

1. 武清区疾病预防控制中心, 天津 301700; 2. 天津理工大学环境科学与安全工程学院, 天津 300384

摘要: **目的** 探讨 PM_{2.5} 浓度与急性呼吸道感染性疾病的关联。 **方法** 收集 2015–2017 年环境空气主要污染物浓度指标、气象指标、11 种急性呼吸道感染性疾病的发病或就诊资料, 应用 Spearman 相关分析和因子分析等统计学方法分析每种疾病发病情况与 PM_{2.5} 浓度的关联。 **结果** 2015–2017 年武清区月均 PM_{2.5} 浓度范围为 41.00~137.00 μg/m³, 中位数为 62.00 μg/m³, 每年 4–9 月份 53.00 (46.50, 63.00) μg/m³ 较低, 10 月–翌年 3 月份 74.50 (61.00, 94.25) μg/m³ 较高, 差异有统计学意义 ($U=43.000, P<0.001$)。三年间的月均 PM_{2.5} 浓度差异无统计学意义 ($H=1.435, P=0.488$)。研究病种每年 4–9 月份和 10 月–翌年 3 月份两时间段发病数据差异有统计学意义的是肺炎 ($t=2.850, P=0.007$)、上感 ($U=30.000, P<0.001$) 和急性咽部炎症 ($U=79.000, P=0.009$) 和急性气管炎 ($t=3.529, P=0.001$), 三年间百日咳 ($H=6.751, P=0.034$)、肺炎 ($F=16.671, P<0.001$) 和急性下呼吸道感染 ($H=16.727, P<0.001$) 的发病数据差异有统计学意义。研究病种中与 PM_{2.5} 浓度单因素分析相关系数具有统计学意义 ($P<0.05$) 的病种是水痘 ($r=0.375, P=0.024$)、上感 ($r=0.503, P=0.002$)、急性咽部炎症 ($r=0.385, P=0.020$) 和急性气管炎 ($r=0.575, P<0.001$)。多因素因子分析中月均 PM_{2.5} 浓度在各自因子上的载荷系数分别为 0.865、0.841、0.807 和 0.841, 四个病种与含月均 PM_{2.5} 浓度的各因子得分相关系数也均有统计学意义 ($P<0.05$)。急性气管炎与前一月的月均 PM_{2.5} 浓度单因素分析有关联 ($r=0.591, P<0.001$), 多因素分析与含月均 PM_{2.5} 浓度的因子得分也有关联 ($r=0.360, P=0.031$), 存在明显的滞后效应。 **结论** 环境空气 PM_{2.5} 浓度的增加可使水痘、上感、急性咽部炎症和急性气管炎这些急性呼吸道感染性疾病发病升高。政府部门应采取措施减少环境空气污染, 做好大众预防急性呼吸道感染性疾病的健康教育。

关键词: 环境空气; PM_{2.5}; 呼吸道; 感染性疾病; 因子分析

中图分类号: R122.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006–3110(2019)07–0775–06 **DOI:** 10.3969/j.issn.1006–3110.2019.07.003

基金项目: 国家自然科学基金 (41601548); 天津市教委科研计划项目 (2017KJ244); 天津市武清区科技发展计划项目 (WQKJ201614)

作者简介: 李平 (1980–), 男, 天津市人, 学士, 副主任医师, 主要从事传染病预防与控制工作。

通信作者: 卫沛楠, E-mail: weipeinan123@163.com。

- [7] Anderson LM, Diwan BA, Fear NT, et al. Critical windows of exposure for children's health: cancer in human epidemiological studies and neoplasms in experimental animal models [J]. Environ Health Perspect, 2000, 108 (Suppl 3): 573–594.
- [8] Wild CP, Kleijmans J. Children and increased susceptibility to environmental carcinogens: evidence or empathy? [J]. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev, 2003, 12 (12): 1389–1394.
- [9] 腾博, 王贺彬, 汪雅芳. 细颗粒物 (PM_{2.5}) 与呼吸系统疾病的关系及机制 [J]. 中国实验诊断学, 2014, 18 (02): 334–338.
- [10] 丁飞红, 白春学. 细颗粒物对呼吸系统疾病的影响 [J]. 微生物与感染, 2014, 9 (1): 2–5.
- [11] Ling SH, van Eeden SF. Particulate matter air pollution exposure: role in the development and exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease [J]. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis, 2009, 4: 233–243.
- [12] Salvi S. Health effects of ambient air pollution in children [J]. Paediatric Respir Rev, 2007, 8 (4): 275–280.
- [13] Steliarova-Foucher E, Stiller C, Kaatsch, et al. Geographical patterns and time trends of cancer incidence and survival among children and adolescents in Europe since the 1970s: an epidemiological study [J]. Lancet, 2004, 364 (9451): 2097–2105.
- [14] Neri M, Bonassi S, Knudsen LE, et al. Children's exposure to environmental pollutants and biomarkers of genetic damage. I. Overview and critical issues [J]. Mutat Res, 2006, 12 (1): 1–13.
- [15] Loomis D, Grosse Y, Lauby-Secretan B, et al. The carcinogenicity of outdoor air pollution [J]. Lancet Oncol, 2013, 14 (13): 1262–1263.
- [16] Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Hvidberg M, et al. Air pollution from traffic and cancer incidence: a Danish cohort study [J]. Environ Health, 2011, 10: 67.
- [17] 郑山, 刘兴荣, 程宁, 等. 空气污染与恶性肿瘤住院人数的关联性分析 [J]. 环境与职业医学, 2016, 33 (6): 601–609.
- [18] Maxwell MA, Muscat GE. The NR4A subgroup: immediate early response genes with pleiotropic physiological roles [J]. Nucl Recept Signal, 2006, 4: e002.
- [19] Juuti JT, Jokela S, Tarkka MT, et al. Two phylogenetically highly distinct beta tubulin genes of the basidiomycete Suillus bovinus [J]. Curr Genet, 2005, 47 (4): 253–263.
- [20] Vives-Bauza C, Zhou C, Huang Y, et al. PINK1-dependent recruitment of Parkin to mitochondria in mitophagy [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2010, 107 (1): 378–383.
- [21] Guria A, Tran DD, Ramachandran S, et al. Identification of mRNAs that are spliced but not exported to the cytoplasm in the absence of THOC5 in mouse embryo fibroblasts [J]. RNA, 2011, 17 (6): 1048–1056.

Association between ambient air PM_{2.5} and acute respiratory tract infectious disease in Wuqing District, Tianjin

LI Ping¹, SUN Mei-qing¹, LI Peng-hui², WEI Pei-nan¹, DING Zhan-lin¹, WANG Hong¹, YU Guang-ping¹, FENG Zhe¹

1. Wuqing District Center for Disease Control and Prevention, Tianjin 301700, China;

2. School of Environmental Science and Safety Engineering, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China

Corresponding author: WEI Pei-nan, E-mail: weipeinan123@163.com

Abstract: **Objective** To explore the association between ambient air PM_{2.5} and acute respiratory tract infectious disease.

Methods We collected the data concerning concentration of main pollutants in ambient air, meteorological indexes, and incidence and medical records regarding 11 types of acute respiratory tract infectious diseases in Wuqing District of Tianjin in 2015–2017. Statistical methods like Spearman correlation analysis and factor analysis were used to determine the association of each type of disease with PM_{2.5} concentration. **Results** The monthly average concentration of PM_{2.5} in Wuqing District during 2015–2017 was 41.00–

137.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, with the median being 62.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The PM_{2.5} concentration was lower in April–September [53.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (46.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 63.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)] each year, but higher from October each year to March of the next [74.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (61.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 94.25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)], showing statistically significant differences ($U=43.000$, $P<0.001$). No statistically significant difference was found in the monthly average concentration of PM_{2.5} in 2015–2017 ($H=1.435$, $P=0.488$). There were statistically significant differences in the incidence data of pneumonia ($t=2.850$, $P=0.007$), upper respiratory tract infection ($U=30.000$, $P<0.001$), acute inflammation of the pharynx ($U=79.000$, $P=0.009$) and acute tracheitis ($t=3.529$, $P=0.001$) in April–September each year and from October each year to March of the next as well as in the incidence data of pertussis ($H=6.751$, $P=0.034$), pneumonia ($F=16.671$, $P<0.001$) and acute lower respiratory tract infection ($H=16.727$, $P<0.001$) in 2015–2017. Univariate analysis using Spearman correlation coefficient showed that the following studied diseases were significantly correlated with PM_{2.5} concentration: varicella ($r=0.375$, $P=0.024$), upper respiratory tract infection ($r=0.503$, $P=0.002$), acute inflammation of the pharynx ($r=0.385$, $P=0.020$) and acute tracheitis ($r=0.575$, $P<0.001$). Multivariate analysis of the factors influencing the above-mentioned four diseases indicated that the factor loadings of monthly average concentration of PM_{2.5} were 0.865, 0.841, 0.807 and 0.841 respectively. The correlation coefficients between the above-mentioned four diseases and factor score of common factor including monthly average PM_{2.5} concentration were also statistically significant respectively ($P<0.05$). Univariate analysis showed that acute tracheitis was related to the monthly average concentration of PM_{2.5} in the previous month ($r=0.591$, $P<0.001$), whereas multivariate analysis presented acute tracheitis was also correlated with factor score of common factor including monthly average PM_{2.5} concentration ($r=0.360$, $P=0.031$), with a significant lag effect. **Conclusions** The increment of ambient air PM_{2.5} concentration can increase the incidence of acute respiratory infectious diseases, including varicella, upper respiratory tract infection, acute inflammation of the pharynx and acute tracheitis. Government departments should take measures to reduce environmental air pollution and carry out health education for public prevention of acute respiratory infectious diseases.

Key words: ambient air; PM_{2.5}; respiratory tract; infectious disease; factor analysis

PM_{2.5}指环境空气中空气动力学当量直径小于等于 2.5 μm 的颗粒物,也称细颗粒物^[1]。PM_{2.5}可能携带细菌、真菌和病毒在内的各类微生物,与多种感染性疾病的发生紧密相关。室外环境空气污染对人体健康影响的研究表明,PM_{2.5}浓度与呼吸系统疾病发病情况呈正相关^[2-5]。有的文献还特别指出 PM_{2.5} 是环境空气的主要污染物之一,儿童急性呼吸系统疾病与 PM_{2.5} 等指标的污染水平有着显著的关联^[6,7],甚至环境空气污染可能是造成学龄前儿童 DNA 损伤的主要原因^[8]。PM_{2.5}污染水平与老年人呼吸系统健康也有直接的关系^[9]。但是,对 PM_{2.5}浓度与急性呼吸道感

染性疾病具体病种的关联性探讨的较少。本研究分析 PM_{2.5}污染水平对急性呼吸道感

1 资料与方法

1.1 资料来源 天津市武清区 2015–2017 年的环境空气主要污染物浓度监测数据来源于天津市环境监测中心,包括月均 PM_{2.5}、月均 PM₁₀、月均 SO₂、月均 NO₂、月 CO 24 h 平均浓度 P₉₅ 共 5 个指标。同期的气象指标数据由中央气象局提供,包括月均高温、月均低温、月多云天数、月雪天数、月雨天数、月阴天数、月雾天数和月风 ≥ 3 级天数共 8 个指标。肺结核、百日咳、猩红热和水痘的发病率资料由“中国疾病预防控制中心信息系

统”提供(天津市已于 2007 年 10 月 1 日起将水痘纳入法定管理)。其他非法定疾病肺炎、上感、急性咽部炎症(包括咽喉炎、咽炎和咽峡炎)、急性气管炎、鼻炎鼻窦炎、急性扁桃体炎和急性下呼吸道感染的就诊构成比资料由“天津市武清区基层医疗机构统一平台”三年共 2 507 117 条门诊日志人次数提供。

1.2 统计学分析 应用 SPSS 16.0 建立数据库并进行数据统计分析,用 *W* 检验对所有变量进行正态性检验,符合正态分布的指标两组均数比较用 *t* 检验,三组均数比较用方差分析,非正态分布的指标均数比较用秩和检验。用 Spearman 相关分析对每个研究病种的月发病率或就诊构成比(以下统称“发病数据”)与月均 PM_{2.5}浓度进行单因素分析,筛选出与月均 PM_{2.5}浓度相关系数有统计学意义的病种,再将筛选出的每个病种的发病数据与其他 12 个空气及气象指标逐一进行单因素分析,找出与筛选病种相关系数有统计学意义的其他影响因素。再对每个筛选病种的所有影响因素进行因子分析,因子提取法为主成分法,因子提取数量按特征值大于 1 确定,采用最大方差法进行正交旋

转,将在各个因子上的负荷均小于 0.60、共同度小于 0.20、在两个及以上因子上均有 0.60 以上负荷、在某个因子上的变量小于 3 个的变量全部删除,确定月均 PM_{2.5}浓度的因子载荷系数及其因子综合得分。载荷系数越接近 1 越说明月均 PM_{2.5}浓度在共线的这一组指标中的相对重要性。然后将相关病种的月发病数据与含月均 PM_{2.5}浓度的因子综合得分再次进行 Spearman 相关分析,观察疾病发病与综合指标的关联是否也有统计学意义,从而解决了月均 PM_{2.5}浓度与其他影响因素的共线性问题。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结 果

2.1 基本情况

2.1.1 各指标数据的分布情况 通过对武清区2015-2017 年 11 种急性呼吸道感染性疾病发病数据、5 个环境空气主要污染物浓度指标和 8 个气象指标进行 *W* 正态性检验,只有肺结核、肺炎、急性气管炎、急性扁桃体炎的月发病数据以及月均 NO₂ 浓度、月多云天数 6 个变量呈正态分布($P>0.05$)。见表 1。

表 1 研究疾病月发病数据、环境空气主要污染物浓度、气象指标基本情况

变量	<i>W</i> 值	<i>P</i> 值	$\bar{x}\pm s$	<i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)
肺结核发病率(1/10 万)	0.971	0.462	1.56±0.57	1.42(1.15,1.85)
百日咳发病率(1/10 万)	0.932	0.028	0.28±0.21	0.27(0.09,0.42)
猩红热发病率(1/10 万)	0.857	<0.001	0.56±0.46	0.49(0.18,0.77)
水痘发病率(1/10 万)	0.926	0.020	5.20±2.78	4.64(3.18,7.38)
肺炎就诊构成比(%)	0.966	0.325	0.13±0.06	0.14(0.07,0.18)
上感就诊构成比(%)	0.911	0.007	7.65±2.04	7.31(6.18,9.03)
急性咽部炎症就诊构成比(%)	0.829	<0.001	0.50±0.15	0.46(0.40,0.55)
急性气管炎就诊构成比(%)	0.963	0.272	0.86±0.30	0.86(0.62,1.10)
急性鼻炎鼻窦炎就诊构成比(%)	0.722	<0.001	3.70×10 ⁻³ ±4.90×10 ⁻³	2.20×10 ⁻³ (0.00,0.01)
急性扁桃体炎就诊构成比(%)	0.945	0.070	0.14±0.04	0.13(0.11,0.18)
急性下呼吸道感染就诊构成比(%)	0.888	0.002	0.01±0.01	0.01(0.00,0.02)
月均 PM _{2.5} (μg/m ³)	0.849	<0.001	67.58±23.31	62.00(51.00,76.00)
月均 PM ₁₀ (μg/m ³)	0.932	0.028	101.03±35.55	94.00(69.50,124.75)
月均 SO ₂ (μg/m ³)	0.849	<0.001	24.53±13.51	19.50(15.25,34.75)
月均 NO ₂ (μg/m ³)	0.974	0.536	45.61±13.80	45.50(34.25,56.75)
月 CO 24 h 平均浓度 P ₉₅ (mg/m ³)	0.790	<0.001	2.44±1.40	2.00(1.60,2.87)
月均高温(℃)	0.880	0.001	18.42±10.99	20.50(7.00,29.75)
月均低温(℃)	0.908	0.006	8.44±10.63	9.50(-2.50,19.25)
月多云天数(d)	0.949	0.095	9.25±2.94	10.00(7.25,11.00)
月雪天数(d)	0.597	<0.001	0.67±1.29	0.00(0.00,1.00)
月雨天数(d)	0.881	0.001	5.44±5.10	5.00(1.00,10.00)
月阴天数(d)	0.928	0.021	3.33±2.18	3.00(2.00,5.00)
月雾天数(d)	0.550	<0.001	1.14±2.39	0.00(0.00,1.75)
月风≥3 级天数(d)	0.805	<0.001	17.47±12.74	20.00(3.00,30.00)

2.1.2 PM_{2.5} 污染状况 2015-2017 年武清区月均 PM_{2.5} 浓度范围为 41.00~137.00 μg/m³, 中位数为 62.00 μg/m³, 污染水平每年 4-9 月份较低, 10 月-翌年 3 月份较高, 其差异有统计学意义 ($P<0.001$)。每年的月均 PM_{2.5} 浓度中位数分别为 61.00、63.50 和 59.50 μg/m³, 都超过了国家二级标准 (年平均 35 μg/m³)^[1], 最低超标 0.70 倍。三年的月均 PM_{2.5} 浓度峰值分别为 2015 年 12 月份的 136.00 μg/m³、2016 年 12 月份的 137.00 μg/m³ 和 2017 年 1 月份的

106.00 μg/m³。三年间的月均 PM_{2.5} 浓度差异无统计学意义。见表 2、表 3。

2.2 研究病种的发病时间分布情况 2015-2017 年研究病种三年间百日咳、肺炎和急性下呼吸道感染的发病率差异有统计学意义 ($P<0.05$)。见表 2。2015-2017 年研究病种每年 4-9 月份发病数据较低, 10 月-翌年 3 月份发病数据较高的是肺炎、上感、急性咽部炎症和急性气管炎, 它们在两时间段的发病数据差异均具有统计学意义 ($P<0.05$)。见表 3。

表 2 研究病种月发病数据及 PM_{2.5} 浓度情况

年度	月份	月发病率(1/10 万)				月就诊构成比(%)							月均 PM _{2.5} (μg/m ³)
		肺结核	百日咳	猩红热	水痘	肺炎	上感	急性咽部炎症	急性气管炎	急性鼻炎鼻窦炎	急性扁桃体炎	急性下呼吸道感染	
2015	1	1.35	0.27	0.45	4.96	0.18	9.32	0.54	0.92	0.01	0.09	0.02	93.00
	2	0.99	0.36	0.09	4.06	0.15	10.01	0.44	0.90	2.05×10 ⁻³	0.13	0.03	80.00
	3	1.26	0.63	0.18	3.16	0.18	8.05	0.45	0.87	1.39×10 ⁻³	0.10	0.02	72.00
	4	3.07	0.27	0.45	7.04	0.10	8.87	0.83	1.36	0.00	0.07	0.00	76.00
	5	1.44	0.36	0.18	7.49	0.08	7.58	0.96	1.17	0.00	0.16	0.00	44.00
	6	0.99	0.27	0.63	5.60	0.07	6.57	0.89	0.84	0.02	0.23	0.00	50.00
	7	1.81	0.45	0.27	2.80	0.06	5.67	0.42	0.42	0.01	0.18	0.02	48.00
	8	0.99	0.45	0.00	1.35	0.14	7.28	0.45	0.54	4.01×10 ⁻³	0.14	0.02	45.00
	9	0.81	0.18	0.27	1.90	0.12	7.35	0.42	0.70	0.00	0.11	0.03	42.00
	10	1.62	0.00	0.63	3.25	0.14	7.41	0.42	0.68	0.00	0.08	0.03	48.00
	11	1.35	0.00	0.63	4.96	0.12	9.08	0.50	0.90	0.00	0.15	0.03	89.00
	12	1.35	0.00	0.90	9.93	0.12	9.61	0.59	1.11	2.35×10 ⁻³	0.13	0.02	136.00
	$\bar{x}\pm s$	1.42±0.59	-	-	-	0.12±0.04	-	-	0.87±0.26	-	0.13±0.05	-	-
	$M(P_{25}, P_{75})$	-	0.27(0.05, 0.43)	0.36(0.18, 0.63)	4.51(2.89, 6.68)	-	7.82(7.30, 9.26)	0.47(0.43, 0.78)	-	1.72×10 ⁻³ (0.00, 4.86×10 ⁻³)	-	0.02(4.16×10 ⁻³ , 0.03)	61.00(45.75, 86.75)
2016	1	0.80	0.00	0.62	7.88	0.17	10.28	0.57	1.35	1.59×10 ⁻³	0.18	0.02	71.00
	2	1.15	0.27	0.09	3.98	0.20	11.61	0.55	1.52	0.01	0.19	0.01	51.00
	3	0.80	0.00	0.18	4.78	0.11	9.44	0.49	1.22	2.58×10 ⁻³	0.13	0.03	79.00
	4	1.33	0.00	0.27	3.54	0.05	6.45	0.31	0.88	2.60×10 ⁻³	0.12	0.01	57.00
	5	2.30	0.09	0.53	8.58	0.05	5.69	0.33	0.64	2.69×10 ⁻³	0.11	0.01	52.00
	6	2.12	0.18	0.71	4.07	0.06	5.40	0.37	0.59	0.00	0.10	0.03	64.00
	7	2.39	0.18	0.18	3.01	0.02	5.64	0.38	0.62	1.35×10 ⁻³	0.15	0.02	63.00
	8	1.15	0.18	0.09	1.68	0.05	7.05	0.47	0.99	2.42×10 ⁻³	0.12	0.01	55.00
	9	1.77	0.44	0.35	1.33	0.05	6.13	0.50	0.82	0.01	0.18	0.01	63.00
	10	1.50	0.27	0.53	4.51	0.06	6.36	0.58	0.90	1.27×10 ⁻³	0.14	0.02	73.00
	11	1.86	0.27	0.71	5.84	0.09	7.77	0.54	1.04	0.01	0.17	0.01	98.00
	12	2.48	0.09	1.24	9.73	0.14	9.34	0.51	1.12	4.62×10 ⁻³	0.23	0.01	137.00
	$\bar{x}\pm s$	1.64±0.60	-	-	-	0.09±0.06	-	-	0.97±0.30	-	0.15±0.04	-	-
	$M(P_{25}, P_{75})$	-	0.18(0.02, 0.27)	0.44(0.18, 0.69)	4.29(3.14, 7.37)	-	6.75(5.80, 9.41)	0.50(0.37, 0.55)	-	2.59×10 ⁻³ (1.41×10 ⁻³ , 0.01)	-	0.01(0.01, 0.02)	63.50(55.50, 77.50)
2017	1	1.31	0.18	0.26	4.47	0.17	8.85	0.61	1.40	0.01	0.23	3.67×10 ⁻³	106.00
	2	1.05	0.44	0.18	4.91	0.23	7.34	0.47	0.85	0.00	0.14	0.00	76.00
	3	2.02	0.35	0.88	3.86	0.23	7.02	0.45	0.89	1.32×10 ⁻³	0.15	0.00	61.00
	4	1.84	0.79	1.23	5.52	0.15	6.05	0.38	0.67	0.00	0.12	0.00	54.00
	5	1.75	0.35	1.23	13.93	0.17	5.28	0.38	0.58	0.01	0.12	0.00	63.00
	6	1.40	0.09	0.96	7.62	0.19	4.92	0.35	0.50	1.37×10 ⁻³	0.11	0.00	47.00
	7	1.23	0.35	0.79	4.64	0.19	5.05	0.39	0.36	0.01	0.20	0.01	51.00
	8	2.02	0.79	0.18	2.28	0.19	6.32	0.44	0.42	0.00	0.12	3.80×10 ⁻³	41.00
	9	0.53	0.53	0.26	2.89	0.18	7.10	0.39	0.67	0.00	0.11	0.00	58.00
	10	1.84	0.09	0.53	4.64	0.16	6.57	0.39	0.61	1.30×10 ⁻³	0.10	0.00	61.00
	11	2.54	0.44	1.05	7.97	0.17	8.21	0.46	0.72	0.01	0.12	0.00	58.00
	12	1.75	0.35	2.28	9.03	0.29	14.62	0.79	1.30	0.01	0.18	9.5×10 ⁻⁴	71.00
	$\bar{x}\pm s$	1.61±0.53	-	-	-	0.19±0.04	-	-	0.75±0.32	-	0.14±0.04	-	-
	$M(P_{25}, P_{75})$	-	0.35(0.22, 0.50)	0.83(0.26, 1.18)	4.78(4.01, 7.89)	-	6.80(0.55, 0.80)	0.42(0.38, 0.46)	-	1.34×10 ⁻³ (0.00, 0.01)	-	0.00(0.00, 2.99×10 ⁻³)	59.50(51.75, 69.00)
三年平均	$\bar{x}\pm s$	1.56±0.57	-	-	-	0.13±0.06	-	-	0.86±0.30	-	0.14±0.04	-	-
	$M(P_{25}, P_{75})$	-	0.27(0.09, 0.42)	0.49(0.18, 0.77)	4.64(3.18, 7.38)	-	7.31(6.18, 9.03)	0.46(0.39, 0.55)	-	2.20×10 ⁻³ (2.20×10 ⁻³ , 0.01)	-	0.01(0.00, 0.02)	62.00(51.00, 76.00)
	F 值	0.490	-	-	-	16.671	-	-	1.793	-	0.735	-	-
	H 值	-	6.751	3.327	0.957	-	3.707	3.002	-	1.501	-	16.727	1.435
	P 值	0.617	0.084	0.189	0.620	<0.001	0.157	0.223	0.182	0.472	0.487	<0.001	0.488

表 3 研究病种两时间段发病数据及 PM_{2.5} 浓度情况

月 份	月发病率(1/10 万)				月就诊构成比(%)							月均 PM _{2.5} (μg/m ³)
	肺结核	百日咳	猩红热	水痘	肺炎	上感	急性咽喉炎症	急性气管炎	急性鼻炎鼻窦炎	急性扁桃体炎	急性下呼吸道感染	
10 月-翌年 3 月	$\bar{x} \pm s$	1.50±0.51	—	—	—	—	—	1.02±0.26	—	0.15±0.04	—	—
	$M(P_{25}, P_{75})$	—	0.27	0.58	4.84	8.97	0.50	—	2.20×10 ⁻³	—	0.02	74.50
		(0.00, 0.35)	(0.18, 0.88)	(4.04, 7.90)	—	(7.40, 9.71)	(0.45, 0.57)	—	(1.29×10 ⁻³ , 0.01)	—	(7.2×10 ⁻⁴ , 0.02)	(61.00, 94.25)
4-9 月	$\bar{x} \pm s$	1.61±0.64	—	—	—	—	—	0.71±0.26	—	0.14±0.04	—	—
	$M(P_{25}, P_{75})$	—	0.31	0.31	3.80	6.23	0.40	—	1.90×10 ⁻³	—	0.01	53.00
		(0.18, 0.45)	(0.18, 0.73)	(2.18, 7.15)	—	(5.58, 7.15)	(0.38, 0.48)	—	(0.00, 0.01)	—	(0.00, 0.02)	(46.50, 63.00)
两时间段比较	χ^2 值	-0.551	—	—	—	2.850	—	3.529	—	0.762	—	—
	U 值	—	110.000	139.000	110.500	—	30.000	79.000	—	—	124.000	43.000
	P 值	0.585	0.099	0.466	0.103	0.007	<0.001	0.009	0.001	0.415	0.223	<0.001

2.3 研究病种与影响因素的单因素分析 应用 Spearman 相关分析筛选出与月均 PM_{2.5} 浓度相关系数 $P<0.05$ 的水痘、上感、急性咽喉炎症和急性气管炎四个病种。另外,水痘还与月均 PM₁₀ 浓度、月均 NO₂ 浓度、月均高温、月均低温、月雨天数和月雾天数指标相关,上感还与月均 PM₁₀ 浓度、月均 SO₂ 浓度、月均 NO₂ 浓度、月 CO 24 h 平均浓度 P_{95} 、月均高温、月均低温、月雪天数和月雨天数相关,急性咽喉炎症还与月均 PM₁₀ 浓度、月均 SO₂ 浓度、月均高温、月均低温、月雪天数和月雨天数相关,急性气管炎还与月均 PM₁₀ 浓度、月均 SO₂ 浓度、月均 NO₂ 浓度、月 CO 24 h 平均浓度 P_{95} 、月均高温、月均低温、月雪天数和月雨天数相关。见表 4。

表 4 与月均 PM_{2.5} 浓度单因素分析有意义的病种与其他指标的相关分析

环境因素	水痘		上感		急性咽喉炎症		急性气管炎	
	r 值	P 值	r 值	P 值	r 值	P 值	r 值	P 值
月均 PM _{2.5} 浓度	0.375	0.024	0.503	0.002	0.385	0.020	0.575	<0.001
月均 PM ₁₀ 浓度	0.409	0.013	0.594	<0.001	0.349	0.037	0.619	<0.001
月均 SO ₂ 浓度	0.175	0.308	0.679	<0.001	0.412	0.013	0.608	<0.001
月均 NO ₂ 浓度	0.397	0.017	0.527	0.001	0.284	0.093	0.445	0.007
月 CO 24 h 平均浓度 P_{95}	0.292	0.084	0.407	0.014	0.246	0.148	0.504	0.002
月均高温	-0.417	0.011	-0.834	<0.001	-0.540	0.001	-0.745	<0.001
月均低温	-0.480	0.003	-0.800	<0.001	-0.515	0.001	-0.737	<0.001
月多云天数	-0.079	0.646	0.255	0.134	0.132	0.442	0.205	0.231
月雪天数	0.268	0.114	0.633	<0.001	0.407	0.014	0.545	0.001
月雨天数	-0.395	0.017	-0.673	<0.001	-0.393	0.018	-0.634	<0.001
月阴天数	0.045	0.796	-0.318	0.059	-0.221	0.195	-0.300	0.075
月雾天数	0.383	0.021	0.312	0.064	0.266	0.116	0.277	0.101
月风≥3 级天数	0.062	0.718	0.083	0.632	-0.142	0.409	-0.012	0.944

2.4 对筛选病种的影响因素进行因子分析 根据单因

素分析的结果,对水痘、上感、急性咽喉炎症和急性气管炎的所有影响因素进行多因素的因子分析,最终各提取出 1 个主因子,月均 PM_{2.5} 浓度均在被提取的公因子之中且载荷系数均在 0.80 以上,分别为 0.865、0.841、0.807 和 0.841。然后,将每个筛选病种的月发病数据与该因子得分再做 Spearman 相关分析,相关系数依然均有统计学意义。见表 5。

考虑到有的疾病潜伏期比较长和就诊的滞后效应等医学常识,将 11 种研究病种月发病数据与前一月月均 PM_{2.5} 浓度用同样的方法进行了分析,结果单因素分析相关系数有统计学意义的病种为上感($r=0.406, P=0.014$)和急性气管炎($r=0.591, P<0.001$)。上感还与前一月月均 PM₁₀、月均 SO₂、月均 NO₂、月 CO 24 h 平均浓度 P_{95} 、月均高温、月均低温、月雪天数、月雨天数和月雾天数相关;急性气管炎还与前一月月均 PM₁₀、月均 SO₂、月均 NO₂、月 CO 24 h 平均浓度 P_{95} 、月均高温、月均低温、月雪天数、月雨天数和月雾天数相关。对两个病种的所有影响因素分别进行因子分析,最终各提取出 2 个主因子,月均 PM_{2.5} 浓度均在被提取的公因子之中且载荷系数均在 0.70 以上,分别为 0.737 和 0.723。然后,将两病种的就诊构成比与各自含月均 PM_{2.5} 浓度的公因子的得分再做 Spearman 相关分析,相关系数只有急性气管炎具有统计学意义($r=0.360, P=0.031$),具有明显的滞后效应。见表 5。

表 5 对相关病种的影响因素进行因子分析的结果

病种	KMO 值	Bartlett's 球形检验		因子 1 方差 贡献率(%)	因子 2 方差 贡献率(%)	累计因子方差 贡献率(%)	含月均 PM _{2.5} 浓度 的因子载荷系数	与因子得分 Spearman 相关分析	
		χ^2 值	P 值					r 值	P 值
水痘与当月	0.727	327.855	<0.001	73.382	—	73.382	0.865	0.499	0.002
上感与当月	0.747	410.188	<0.001	70.342	—	70.342	0.841	0.715	<0.001
急性咽喉炎症与当月	0.709	325.083	<0.001	73.100	—	73.100	0.807	0.483	0.003
急性气管炎与当月	0.747	410.188	<0.001	70.342	—	70.342	0.841	0.695	<0.001
上感与前一月	0.766	447.838	<0.001	44.825	35.115	79.939	0.737	0.182	0.287
急性气管炎与前一月	0.763	467.241	<0.001	41.745	31.224	72.969	0.723	0.360	0.031

3 讨 论

近些年,特别在发展中国家,随着重工业的发展,人为造成的室外空气污染是一个日益严峻的问题^[10-11]。根据北京、上海、沈阳 3 个城市的数据研究,

单污染物模型中,PM_{2.5} 与三地的呼吸系统病死率相关且有统计学意义,经粗颗粒物(PM₁₀~PM_{2.5})调整模型后,上述相关仍有统计学意义,可见 PM_{2.5} 在健康效应较其他颗粒污染物可能起更重要的作用^[12]。有的研

究指出 $\text{PM}_{2.5}$ 每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 呼吸系统疾病门诊量广州市、贵阳市分别增加 2.847% ^[13]、 0.64% ^[14], 儿童呼吸系统疾病门诊广州市、石家庄市分别增加 2.12% ^[15]、 0.26% ^[16], 呼吸系统疾病死亡超额危险度增加 0.31% ($95\% \text{ CI}: 0.10\% \sim 0.52\%$)^[17]。李惠娟等^[18]以 2015 年 62 个环保重点监测城市为样本对 $\text{PM}_{2.5}$ 污染引发的健康风险及经济损失进行评价, 其造成的经济损失占城市 GDP 总和的 1.53% ($95\% \text{ CI}: 0.52\% \sim 2.35\%$), 人均 1 970 元 ($95\% \text{ CI}: 667 \sim 3\ 018$ 元)。本文从具体的病种角度探讨了 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度与部分急性呼吸道感染性疾病的发病数据的相关性。

本研究发现武清区环境空气 $\text{PM}_{2.5}$ 污染水平较高, 每年 4–9 月份较低, 10 月–翌年 3 月份较高, 与国内一些采暖期显著高于非采暖期的研究结果类似^[2,4]。提示武清区环境空气 $\text{PM}_{2.5}$ 污染程度严重, 每年的 10 月–翌年 3 月份是防治 $\text{PM}_{2.5}$ 污染的关键时期。

研究发现 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度增加对急性呼吸道感染性疾病水痘、上感、急性咽部炎症和急性气管炎的发病数据存在明显的正相关, 不但单因素分析有意义, 而且多因素的因子分析中 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度在公因子中的相对重要性均较强, 与含月均 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的因子得分进行相关性分析相关系数均有统计学意义。本文 Spearman 相关分析中水痘、肺炎的发病数据与 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度间的相关显著性, 与两种在采暖期和非采暖期的发病数据差异显著性存在不一致的情况, 是否由于数据收集时间的原因或者存在其他未知的一些混杂因素, 仍需在未来研究中进一步证实。本研究结果 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度与上感、急性咽部炎症、急性气管炎呈正相关, 与李继忠等^[19]的研究结果一致。郑扬等^[20]发现 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的升高能增加毛细支气管炎感染发生率, 也与本研究 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的升高能增加急性气管炎发病情况的结论一致。本研究还发现急性气管炎与前一月的 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度在单因素和与因子得分相关性分析上都存在着明显的关联, 可能是因为急性气管炎一般都在上感没有彻底治愈的情况下发生的, 这样从上感发病到急性气管炎发生有着较长的时间, 造成了明显的滞后效应, 这与姜彩霞等^[21]的研究结果 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度对呼吸系统疾病就诊量的影响以滞后第 10 d 的效应最强较为近似。上感虽然单因素分析与前一月的 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度关联显著, 但与因子得分进行相关性分析不显著, 考虑与上感的平均潜伏期仅为 1~3 d, 造成的滞后效应不明显有关。从发病的时间分布来看, 确实有上感、急性咽部炎症和急性气管炎三个病种在 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度较高的 10 月–翌年 3 月份高发。

众所周知, 疾病的发病实际上受传染源、传播途径、易感人群及环境、社会等多种因素的影响, 本研究仅仅是对室外环境空气污染物 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度与急性呼吸道感染性疾病的关系进行了阐述, 提示其在各病种发病的影响因素中所占的比例。

目前国内外关于 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度对急性呼吸道感染性疾病具体病种发病影响的研究较少, 亟需进一步加强此方面的研究, 通过改进统计方法, 合理化资料收集时间、调整污染物成份等方式减少系统误差。

参考文献

- [1] 中华人民共和国环境保护部. GB 3095–2012, 环境空气质量标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012: 2–3.
- [2] 崔国权, 康真, 吕嵩, 等. 哈尔滨市 $\text{PM}_{2.5}$ 污染水平对人群呼吸系统疾病影响[J]. 中国公共卫生, 2013, 29(7): 1046–1048.
- [3] 段振华, 高绪芳, 杜慧兰, 等. 成都市空气 $\text{PM}_{2.5}$ 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.
- [4] 何晓庆, 王祚懿, 盛微, 等. 金华市大气 $\text{PM}_{2.5}$ 对儿童呼吸系统疾病门诊量的影响研究[J]. 实用预防医学, 2019, 26(3): 271–273.
- [5] 李慧婷, 李朝奎, 毛建华, 等. 基于 GIS 的 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度空间变化及对呼吸系统疾病的影响研究[J]. 中国卫生统计, 2016, 33(1): 85–87.
- [6] Xia X, Zhang A, Liang S, et al. The association between air pollution and population health risk for respiratory infection: a case study of Shenzhen, China[J]. Int J Environ Res Public Health, 2017, 14(9): 950.
- [7] Xu A, Mu Z, Jiang B, et al. Acute effects of particulate air pollution on ischemic heart disease hospitalizations in Shanghai, China[J]. Int J Environ Res Public Health, 2017, 14(2): 168.
- [8] 徐东, 邹拓逃, 陆世杰, 等. 大气污染对学龄前儿童 DNA 损伤的影响[J]. 实用预防医学, 2016, 23(2): 181–183.
- [9] 赵春善, 许丽华. 吉林市采暖期与非采暖期室外 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度状况及对社区老年人呼吸系统疾病的影响[J]. 中国老年学杂志, 2018, 38(4): 967–969.
- [10] Yamamoto SS, Phalkey R, Malik AA. A systematic review of air pollution as a risk factor for cardiovascular disease in South Asia: limited evidence from India and Pakistan[J]. Int J Hyg Environ Health, 2014, 217(2–3): 133–144.
- [11] Lin CI, Tsai CH, Sun YL, et al. Instillation of particulate matter 2.5 induced acute lung injury and attenuated the injury recovery in ACE2 knockout mice. [J]. Int J Biol Sci, 2018, 14(3): 253–265.
- [12] Chen R, Li Y, Ma Y, et al. Coarse particles and mortality in three Chinese cities: the China Air Pollution and Health Effects Study (CAPES)[J]. Sci Total Environ, 2011, 409(23): 4934–4948.
- [13] 蒋琴琴, 施洁, 杨铁骥, 等. 广州市 2015 年大气 $\text{PM}_{2.5}$ 与呼吸系统疾病日门诊量的关系[J]. 中国热带医学, 2017, 17(6): 594–597.
- [14] 郑龙超, 何平, 张爱华. 贵阳市大气 $\text{PM}_{2.5}$ 对呼吸系统门诊量影响分析[J]. 职业与健康, 2017, 33(11): 1545–1548.
- [15] 王大虎, 石同幸, 吕嘉韵, 等. 2013–2015 年广州市大气 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度对儿童呼吸系统门诊量影响分析[J]. 医学动物防制, 2017, 33(12): 1230–1234.
- [16] 丁亚萍, 虞明星, 郝海燕, 等. 石家庄市空气 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度与儿童呼吸系统疾病门诊量的关系[J]. 中华疾病控制杂志, 2018, 22(7): 672–676.
- [17] 曾婕, 刘春聪, 陈剑宇, 等. 成都市 $\text{PM}_{2.5}$ 水平与人群呼吸系统疾病死亡的时间序列研究[J]. 江苏预防医学, 2017, 28(2): 144–146, 168.
- [18] 李惠娟, 周德群, 魏永杰. 我国城市 $\text{PM}_{2.5}$ 污染的健康风险及经济损失评价[J]. 环境科学, 2018, 39(8): 3467–3475.
- [19] 李继忠, 边毓尧, 郭文有, 等. $\text{PM}_{2.5}$ 与呼吸系统疾病发病率关系流行病学调查研究[J]. 陕西医学杂志, 2018, 47(6): 805–808.
- [20] 郑扬, 刘长云, 朱峰, 等. 毛细支气管炎住院患儿病毒检出与空气污染相关因素分析[J]. 潍坊医学院学报, 2018, 40(4): 277–280.
- [21] 姜彩霞, 朱冰, 张龙. 2013–2014 年杭州市大气 $\text{PM}_{2.5}$ 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.