

2014–2017 年济宁市大气污染物 对流感发病的影响及预警*

李 鹏¹ 于天召¹ 葛康峰¹ 郭瑞瑞¹ 林源慧² 张 璟¹ 王文军^{1△}

(¹ 济宁医学院公共卫生学院; ² 济宁医学院口腔医学院, 济宁 272013)

摘 要 **目的** 探讨济宁市大气污染物对流行性感冒(流感)发病的影响规律,建立模型确定大气污染物对其发病的作用强度和作用特点,为相关部门制定流感防控措施提供依据。**方法** 收集 2014–2017 年济宁市每日流感发病数据、每日空气质量指数以及每日 6 种大气污染物 PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、CO、O₃ 的浓度数据,采用时间分层病例交叉分析与分布滞后非线性模型相结合,建立每日污染物浓度与每日流感发病数模型,计算各种大气污染物对流感发病的作用强度(RR)及作用特点(滞后时间)。**结果** 2014–2017 年济宁市确诊上报流感病例 1981 例。其中男性 1049 例,女性 932 例。不同种类的污染物(PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、CO 和 O₃)对不同年龄段人群(0 岁~、3 岁~、15 岁~)的发病作用和滞后天数不同,流感发病风险随大气污染物浓度的升高而增大。**结论** 大气污染物浓度改变,可增加流感发病风险,可根据其对不同人群的作用强度、作用特点,制定干预措施,在流感高发季节提前进行预防。

关键词 流感;大气污染物;滞后效应;预警模型

中图分类号:R122.7 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-9760(2021)06-153-05

Impact of air pollutants on influenza incidence in Jining city from 2009 to 2017 and its early warning

LI Peng¹, YU Tianzhao¹, GE Kangfeng¹, GUO Ruirui¹, LIN Yuanhui², ZHANG Jing¹, WANG Wenjun^{1△}

(¹ School of Public Health, Jining Medical University;

² School of Stomatology, Jining Medical University, Jining 272013, China)

Abstract: Objective To study the rule of air pollutants on influenza (flu) in Jining city, to establish a model to determine the intensity and characteristics of the impact of air pollutants on flu, and to provide the basis for the relevant departments for flu control measures. **Methods** Data of daily flu incidence, air quality index, and six air pollutants concentrations (PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂, CO, and O₃) was collected from 2009 to 2017 in Jining city. Time-stratified case-crossover analysis and distributed lag nonlinear model (DLNM) were used to establish a model of the daily flu incidence and daily air pollutants concentration to calculate the relative risk (RR) and lag days of six air pollutants on flu onset. **Results** From 2014 to 2017, 1981 flu cases were reported among which 1049 were males and 932 were females. Different air pollutants (PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂, CO, and O₃) had different impacts in three age groups (0y~, 3y~, 15y~) with different lag structures. The risk of flu onset increased with air pollutants concentration increasing. **Conclusion** Increased concentration of air pollutants can increase the risk of flu onset. Interventions can be made according to the modes and characteristics of air pollutants in different age groups. Measures can be taken in advance to prevent and control flu during the high-incidence seasons.

Keywords: Influenza; Air pollutants; Lag effect; Early warning model

* [基金项目] 山东省高等学校科技计划项目(J16LD53)

△ [通信作者] 王文军, E-mail: wwjun1973@163.com

流行性感(简称流感, influenza)是流感病毒引起的一种常见的急性呼吸道传染病,具有耐低温,传染性强,传播迅速等特点^[1]。流感发病率受气候、大气污染物、受感人群等多种因素影响,是我国乃至全球高度关注的公共卫生问题^[2]。20 世纪以来,作为一种世界范围内流行的传染病,流感曾 4 次席卷全球,其中 3 次被认为是从中国开始爆发的^[3]。每一次流感大爆发都给中国乃至世界造成不可磨灭的损失。目前普遍认为影响人体健康的大气污染物,主要包括 PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、CO、O₃,这 6 种大气污染物常作为评价环境空气质量的参考指标,按照其对人体健康影响大小排序,依次为 PM_{2.5}、SO₂、NO_x^[4]。已有研究表明大气污染物与人体呼吸系统疾病密切相关^[5],易诱发鼻炎、咳嗽、哮喘等呼吸系统疾病^[6]。本文通过对 2014–2017 年济宁市流感发病的流行病学特征进行分析,探讨大气污染物对流感发病的影响,为济宁市今后流感流行的预警预测提供依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源

1.1.1 病例资料 通过中华人民共和国法定传染病网络直报系统,获得济宁市 2014 年 1 月 1 日–2017 年 12 月 31 日确诊上报的流感病例,收集病例的年龄、性别、发病日期、疾病名称等信息。

1.1.2 污染物数据 通过中华人民共和国生态环境部数据中心收集济宁市 2014 年 1 月 1 日–2017 年 12 月 31 日每日空气质量指数(air quality index, AQI)及每日大气污染物数据,包括每日 PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂ 及 CO 的 24h 平均浓度, O₃ 日最大 8h 平均浓度及 AQI。

1.2 方法

每日大气污染物对每日流感发病影响分析:采用双向时间分层病例交叉设计与 DLNM 模型相结合^[7],对济宁市每日流感病例发病数与每日 PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、CO 和 O₃ 浓度之间的关系进行研究。对照选择及滞后时间设定同气温效应分析,将 6 种大气污染浓度分别作为直线变量引入模型,建立单一污染物模型,具体如下。

$$\log[E(Y_t)] = \alpha + \beta_i Z_{i,t,l} + NS(dow_t) + NS(T_t) + \lambda(strata_t)$$

模型中 Y_t 表示观察日 t 的流感新发病人数; $E(Y_t)$ 表示观察日 t 当天的预期发病人数; α 表示截

距; $Z_{i,t,l}$ 表示第 i 种污染物,由 DLNM 得到的滞后 l 天的浓度矩阵; β_i 表示第 i 种污染物浓度矩阵的回归系数; NS 表示自然立方样条函数; dow_t 表示观察日 t 对应的露点温度; T_t 表示观察日 t 对应的平均气温; $strata_t$ 表示观察日 t 匹配的当年当月同一星期几产生的分层变量; λ 表示 $strata_t$ 的回归系数。

根据我国《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中的二类区域浓度限值,对各大气污染物浓度进行评价^[8]。

1.3 统计学方法

采用 Excel 2010 建立每日流感发病数与大气污染物逐日数据库。R3.4.3 软件完成所有数据分类汇总整理及变量间的简单相关分析。采用 DLNM 软件包建立每日流感发病数与不同滞后天大气污染物浓度交叉矩阵。所有统计分析均采用双侧检验,以 $P < 0.05$ 为有统计学意义。

2 结果

2.1 济宁市流感发病的流行病学特征

2014–2017 年济宁市流感患病人数共 1981 例,其中男性 1049 例(52.95%),女性 932 例(47.05%)。0 岁~患者 193 例(9.74%),3 岁~患者 550 例(占 27.76%),15 岁~患者 1238 例(62.49%)。见表 1。

表 1 流感病例不同性别、年龄构成

变量	病例数	构成比/%
性别		
男	1049	52.95
女	932	47.05
年龄/岁		
0~	193	9.74
3~	550	27.76
15~	1238	62.49

2.2 大气污染物对流感发病的影响

2.2.1 2014–2017 年济宁市大气污染物状况

2014–2017 年济宁市 AQI 优、良、轻度污染、重度污染的天数分别为 62d(3.4%)、1468d(81.5%)、214d(11.9%)、57d(3.2%),空气质量以良为主。

2014–2017 年大气污染物 PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、CO、NO₂ 的每日平均浓度分别是 74 μg/m³、131 μg/m³、50 μg/m³、1.2 mg/m³、44 mg/m³,超标总天数依次为 518d、432d、20d、1d、48d。其中,SO₂ 浓度均数逐年降低,达标率逐年上升,2017 年达标率为

100.0%。 NO_2 的浓度均数变化不大,达标率较平稳。 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 达标率虽逐年上升,但在总体上仍低于其它污染物。 CO 达标率除 2015 年外,均为 100.0%。 O_3 的日最大 8h 平均浓度为 $106 \mu\text{g}/\text{m}^3$,超标的天数为 280d,年达标率 78.9%~83.3%。详见表 2。

表 2 2014-2017 年济宁市主要空气污染物年份评价

污染物	年份	浓度($\mu\text{g}/\text{m}^3$, CO 为 mg/m^3)				达标率/%
		min	max	$\bar{x}$	s	
SO_2	2014	14	269	72	38	95.6
	2015	14	166	57	27	99.2
	2016	10	154	42	25	99.7
	2017	6	81	27	13	100.0
NO_2	2014	15	108	47	17	97.0
	2015	9	106	44	17	95.3
	2016	9	107	42	18	96.7
	2017	12	114	41	17	98.1
PM_{10}	2014	29	517	155	75	56.2
	2015	34	594	140	69	65.2
	2016	30	529	115	69	77.6
	2017	27	758	113	63	82.7
$\text{PM}_{2.5}$	2014	24	334	88	46	46.6
	2015	19	368	81	45	58.6
	2016	15	370	70	49	72.4
	2017	14	259	57	37	80.5
CO	2014	1.0	4.0	1.3	0.5	100.0
	2015	1.0	5.0	1.3	0.5	99.7
	2016	1.0	4.0	1.2	0.5	100.0
	2017	0.0	4.0	1.1	0.5	100.0
O_3	2014	9	255	108	58	79.5
	2015	8	258	102	56	81.6
	2016	9	223	100	52	83.3
	2017	13	272	115	58	78.9

2.2.2 $\text{PM}_{2.5}$ 对全人群和不同年龄段人群流感日发病人数的滞后效应 日平均浓度每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$,对全人群和 15 岁~人群流感日发病人数的最大 RR 值分别为 1.03(1.00,1.05)、1.04(1.02,1.07),都出现在暴露后 11d;对 0 岁~人群最大 RR 是 1.06(1.03,1.09),出现在暴露后 14d;3 岁~人群 RR 值最大为 1.03(1.02,1.07),出现在暴露后 13d。详见表 3。

2.2.3 PM_{10} 对全人群和不同年龄段人群流感日发病人数的滞后效应 日平均浓度每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$,对全人群的最大 RR 值出现在暴露后 4d 为 1.01(1.00,1.03)和 11d 为 1.01(1.00,1.03),对 0 岁~、3 岁~和 15 岁~人群的最大 RR 值分别出现在暴露后 14d 为 1.03(1.02,1.06)、12d 为 1.02(1.00,

1.04)和 11d 为 1.02(1.00,1.04)。详见表 4。

2.2.4 SO_2 对全人群和不同年龄段人群流感日发病人数的滞后效应 日平均浓度每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$,对全人群、0 岁~、3 岁~和 15 岁~人群最大 RR 分别是 1.05(1.01,1.09)、1.04(0.99,1.10)、1.084(1.03,1.14)和 1.06(1.02,1.11),暴露天数分别是 11、8、2 和 4d。详见表 5。

2.2.5 NO_2 对全人群和不同年龄段人群流感日发病人数的滞后效应 日平均浓度每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$,对全人群、3 岁~和 15 岁~人群最大 RR 值分别为 1.06(1.00,1.13)、1.13(1.05,1.22)和 1.12(1.04,1.21),分别在暴露后 11d、12d 和 11d。其中 0 岁~人群在暴露当日作用最为明显,RR 最大值为 1.10(1.00,1.19)。详见表 6。

2.2.6 O_3 对全人群和不同年龄段人群流感日发病人数的滞后效应 日最大 8h 平均浓度每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$,对全人群、0 岁~和 3 岁~人群最大 RR 分别是 1.02(0.99,1.05)、1.15(1.08,1.22)和 1.07(1.02,1.12),分别出现在暴露后 9d、1d 和 6d。对 15 岁~人群最大 RR 出现在暴露后 2d 和 9d,为 1.02(0.99,1.06)。详见表 7。

2.2.7 CO 对全人群和不同年龄段人群流感日发病人数的滞后效应 日平均浓度每增加 $0.1 \text{mg}/\text{m}^3$,对全人群、0 岁~、3 岁~和 15 岁~人群最大 RR 分别是 1.01(0.99,1.04)、1.04(1.01,1.07)、1.02(1.00,1.05)和 1.02(1.00,1.05),分别出现在暴露后 11d、5d、9d 和 11d。详见表 8。

表 3 0~14d 滞后 $\text{PM}_{2.5}$ 日平均浓度每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 对流感发病的 RR(95%CI)

滞后/d	全人群	0 岁~	3 岁~	15 岁~
lag0	0.99(0.98,1.01)	0.98(0.95,1.02)	1.00(0.98,1.03)	0.99(0.97,1.02)
lag1	1.00(0.98,1.02)	0.93(0.90,0.97)	0.98(0.96,1.01)	1.02(0.99,1.05)
lag2	0.99(0.97,1.01)	1.05(1.01,1.08)*	1.01(0.99,1.04)	0.96(0.94,0.99)
lag3	1.00(0.98,1.02)	0.93(0.90,0.96)	1.01(0.98,1.03)	1.01(0.98,1.04)
lag4	1.02(1.00,1.04)*	1.01(0.97,1.04)	1.02(0.99,1.04)	1.03(1.00,1.05)*
lag5	0.99(0.97,1.02)	1.05(1.02,1.09)*	1.00(0.97,1.02)	0.98(0.96,1.01)
lag6	1.00(0.98,1.02)	0.99(0.96,1.03)	1.02(0.99,1.04)	0.99(0.96,1.02)
lag7	0.98(0.96,1.00)	0.97(0.94,1.01)	0.99(0.96,1.02)	0.97(0.95,1.00)
lag8	1.00(0.98,1.02)	1.00(0.96,1.03)	0.99(0.97,1.02)	1.01(0.98,1.03)
lag9	1.01(0.99,1.03)	1.00(0.97,1.04)	1.02(0.99,1.05)	1.01(0.98,1.03)
lag10	0.99(0.96,1.01)	0.96(0.93,1.00)	1.00(0.97,1.03)	0.98(0.96,1.01)
lag11	1.03(1.00,1.05)*	1.03(1.00,1.07)*	0.99(0.96,1.02)	1.04(1.02,1.07)*
lag12	0.99(0.97,1.01)	0.99(0.96,1.03)	1.01(0.98,1.04)	0.98(0.96,1.01)
lag13	1.02(1.00,1.04)*	1.00(0.97,1.04)	1.03(1.00,1.06)*	1.01(0.99,1.04)
lag14	1.01(0.99,1.03)	1.06(1.03,1.09)*	1.01(0.99,1.04)	1.00(0.98,1.02)

注:* 为 $P<0.05$

表 4 0~14d 滞后 PM₁₀ 日平均浓度每增加 10μg/m³ 对流感发病的 RR(95%CI)

滞后/d	全人群	0岁~	3岁~	15岁~
lag0	1.00(0.98,1.01)	0.98(0.96,1.00)	1.00(0.98,1.02)	1.00(0.98,1.01)
lag1	1.00(0.98,1.01)	0.96(0.93,0.98)	0.98(0.96,1.00)	1.01(0.99,1.03)
lag2	0.99(0.98,1.00)	1.03(1.01,1.05)*	1.01(0.99,1.02)	0.97(0.96,0.99)
lag3	1.00(0.99,1.02)	0.95(0.93,0.97)	1.01(0.99,1.03)	1.01(0.99,1.03)
lag4	1.01(1.00,1.03)*	1.01(0.99,1.03)	1.01(0.99,1.03)	1.01(1.00,1.03)*
lag5	1.00(0.99,1.01)	1.03(1.01,1.05)*	1.00(0.98,1.02)	0.99(0.98,1.01)
lag6	1.00(0.98,1.01)	0.99(0.97,1.01)	1.02(1.00,1.04)*	0.99(0.97,1.01)
lag7	0.99(0.97,1.00)	0.99(0.97,1.01)	0.98(0.96,1.00)	0.99(0.97,1.01)
lag8	1.00(0.99,1.02)	0.98(0.96,1.01)	1.00(0.98,1.02)	1.01(0.99,1.02)
lag9	1.00(0.99,1.02)	1.00(0.98,1.02)	1.01(0.99,1.02)	1.00(0.98,1.01)
lag10	1.00(0.98,1.01)	0.98(0.96,1.01)	1.00(0.98,1.02)	1.00(0.98,1.01)
lag11	1.01(1.00,1.03)*	1.00(0.98,1.02)	0.99(0.97,1.01)	1.02(1.00,1.04)*
lag12	1.00(0.99,1.02)	1.01(0.99,1.03)	1.02(1.00,1.03)*	1.00(0.98,1.01)
lag13	1.01(1.00,1.02)*	0.99(0.97,1.01)	1.01(0.99,1.03)	1.01(1.00,1.03)*
lag14	1.01(0.99,1.02)	1.04(1.02,1.06)*	1.01(0.99,1.02)	1.00(0.99,1.02)

注: * 为 $P<0.05$ 表 5 0~14d 滞后 SO₂ 日平均浓度每增加 10μg/m³ 对流感发病的 RR(95%CI)

滞后/d	全人群	0岁~	3岁~	15岁~
lag0	1.00(0.96,1.04)	0.97(0.92,1.02)	1.01(0.96,1.06)	1.00(0.96,1.04)
lag1	1.00(0.97,1.04)	1.03(0.97,1.09)	1.02(0.97,1.07)	1.00(0.96,1.04)
lag2	1.00(0.96,1.04)	0.93(0.88,0.99)	1.08(1.03,1.14)*	0.98(0.94,1.02)
lag3	1.00(0.97,1.04)	0.97(0.92,1.03)	0.98(0.93,1.02)	1.01(0.97,1.06)
lag4	1.04(1.01,1.08)*	1.03(0.98,1.09)	1.02(0.97,1.07)	1.06(1.02,1.11)*
lag5	0.98(0.94,1.02)	0.99(0.93,1.05)	0.98(0.93,1.03)	0.97(0.92,1.01)
lag6	1.01(0.97,1.05)	1.02(0.97,1.08)	1.03(0.98,1.09)	1.01(0.96,1.05)
lag7	0.98(0.94,1.02)	0.94(0.89,0.99)	1.00(0.95,1.05)	0.97(0.93,1.02)
lag8	0.99(0.96,1.03)	1.04(0.99,1.10)	1.00(0.96,1.05)	0.98(0.94,1.02)
lag9	1.01(0.98,1.05)	0.95(0.90,1.00)	1.06(1.02,1.11)*	1.01(0.96,1.05)
lag10	0.96(0.93,1.00)	0.97(0.91,1.03)	0.95(0.91,1.00)	0.97(0.92,1.01)
lag11	1.05(1.01,1.09)*	1.01(0.95,1.07)	1.04(0.99,1.09)	1.06(1.02,1.11)*
lag12	1.00(0.97,1.04)	0.94(0.88,0.99)	1.02(0.97,1.07)	1.00(0.96,1.04)
lag13	1.02(0.98,1.06)	0.99(0.93,1.04)	0.99(0.94,1.05)	1.04(1.00,1.09)*
lag14	1.00(0.97,1.04)	1.01(0.96,1.06)	1.03(0.98,1.08)	0.99(0.95,1.03)

注: * 为 $P<0.05$ 表 6 0~14d 滞后 NO₂ 日平均浓度每增加 10μg/m³ 对流感发病的 RR(95%CI)

滞后/d	全人群	0岁~	3岁~	15岁~
lag0	1.03(0.98,1.08)	1.10(1.01,1.19)*	1.00(0.94,1.07)	1.02(0.96,1.09)
lag1	0.99(0.94,1.05)	0.85(0.78,0.94)	0.93(0.88,1.00)	1.06(0.99,1.13)
lag2	1.01(0.95,1.06)	1.08(0.98,1.18)	1.05(0.99,1.11)	0.95(0.89,1.02)
lag3	1.02(0.97,1.08)	0.89(0.80,0.98)	1.04(0.98,1.11)	1.05(0.98,1.13)
lag4	1.05(0.99,1.12)	1.04(0.94,1.15)	1.09(1.02,1.16)*	1.05(0.98,1.13)
lag5	0.99(0.93,1.05)	1.07(0.97,1.19)	0.99(0.93,1.06)	0.97(0.90,1.05)
lag6	1.00(0.94,1.06)	0.94(0.85,1.04)	1.04(0.97,1.12)	0.99(0.92,1.06)
lag7	0.96(0.91,1.02)	0.97(0.87,1.07)	0.97(0.90,1.04)	0.95(0.88,1.02)
lag8	0.96(0.90,1.02)	0.95(0.86,1.05)	0.96(0.90,1.03)	0.97(0.90,1.05)
lag9	1.01(0.95,1.08)	0.98(0.89,1.07)	1.04(0.96,1.12)	1.00(0.93,1.07)
lag10	0.97(0.91,1.03)	0.98(0.88,1.09)	0.97(0.89,1.05)	0.96(0.90,1.04)
lag11	1.06(1.00,1.13)*	1.02(0.92,1.13)	0.96(0.89,1.03)	1.12(1.04,1.21)*
lag12	1.03(0.97,1.10)	0.93(0.84,1.03)	1.13(1.05,1.22)*	1.01(0.93,1.08)
lag13	1.03(0.96,1.10)	0.99(0.90,1.09)	1.03(0.95,1.12)	1.05(0.97,1.13)
lag14	1.02(0.96,1.07)	1.01(0.93,1.10)	1.08(1.00,1.16)*	0.99(0.92,1.06)

注: * 为 $P<0.05$ 表 7 0~14d 滞后 O₃ 日最大 8h 平均浓度每增加 10μg/m³ 对流感发病的 RR(95%CI)

滞后/d	全人群	0岁~	3岁~	15岁~
lag0	0.98(0.95,1.01)	0.92(0.87,0.96)	0.95(0.91,1.00)	1.00(0.97,1.04)
lag1	1.01(0.98,1.04)	1.15(1.08,1.22)*	1.02(0.97,1.07)	0.98(0.94,1.02)
lag2	1.01(0.98,1.04)	0.92(0.87,0.98)	1.00(0.96,1.04)	1.02(0.99,1.06)
lag3	0.99(0.96,1.02)	0.99(0.94,1.04)	0.95(0.91,1.00)	1.00(0.97,1.04)
lag4	1.01(0.98,1.04)	1.00(0.95,1.05)	1.06(1.01,1.11)*	1.00(0.96,1.03)
lag5	0.98(0.95,1.01)	0.97(0.93,1.02)	0.94(0.89,0.98)	0.99(0.96,1.03)
lag6	1.01(0.98,1.05)	1.05(1.00,1.10)*	1.07(1.02,1.12)*	1.00(0.97,1.04)
lag7	0.98(0.95,1.01)	0.98(0.92,1.03)	0.90(0.86,0.94)	1.01(0.97,1.04)
lag8	0.99(0.96,1.03)	1.08(1.02,1.14)*	1.01(0.97,1.06)	0.97(0.94,1.01)
lag9	1.02(0.99,1.05)	0.95(0.90,1.01)	1.05(1.00,1.10)*	1.02(0.99,1.06)
lag10	0.97(0.94,1.00)	0.95(0.90,1.00)	0.88(0.84,0.93)	0.99(0.96,1.03)
lag11	1.01(0.98,1.04)	0.99(0.94,1.04)	1.03(0.98,1.08)	1.01(0.97,1.05)
lag12	0.97(0.94,1.00)	0.95(0.90,0.99)	0.94(0.89,0.99)	0.98(0.94,1.01)
lag13	1.01(0.97,1.04)	1.05(1.00,1.10)*	1.02(0.97,1.07)	1.00(0.96,1.03)
lag14	0.99(0.96,1.02)	1.01(0.96,1.06)	0.89(0.85,0.93)	1.02(0.99,1.05)

注: * 为 $P<0.05$ 表 8 0~14d 滞后 CO 日平均浓度每增加 0.1mg/m³ 对流感发病的 RR(95%CI)

滞后/d	全人群	0岁~	3岁~	15岁~
lag0	1.01(0.99,1.03)	0.98(0.95,1.01)	1.01(0.99,1.03)	1.01(0.99,1.03)
lag1	1.00(0.98,1.02)	0.96(0.93,0.99)	0.98(0.96,1.01)	1.01(0.99,1.04)
lag2	0.99(0.97,1.01)	1.03(1.00,1.06)*	1.01(0.99,1.03)	0.97(0.94,0.99)
lag3	1.01(0.99,1.03)	0.97(0.94,1.00)	1.02(0.99,1.04)	1.02(1.00,1.05)*
lag4	1.01(0.99,1.03)	1.00(0.97,1.03)	1.02(0.99,1.04)	1.01(0.99,1.03)
lag5	1.01(0.99,1.03)	1.04(1.01,1.07)*	1.00(0.98,1.03)	1.00(0.98,1.03)
lag6	0.99(0.97,1.01)	1.00(0.97,1.04)	0.99(0.96,1.02)	0.99(0.96,1.01)
lag7	0.99(0.97,1.01)	0.95(0.92,0.99)	0.99(0.96,1.01)	0.99(0.96,1.02)
lag8	0.98(0.96,1.01)	0.97(0.94,1.00)	0.97(0.95,1.00)	1.00(0.97,1.02)
lag9	1.01(0.99,1.03)	1.01(0.98,1.04)	1.02(1.00,1.05)*	1.00(0.97,1.02)
lag10	1.00(0.98,1.02)	1.02(0.98,1.05)	0.98(0.95,1.01)	1.00(0.98,1.03)
lag11	1.01(0.99,1.04)	1.00(0.97,1.03)	0.99(0.96,1.02)	1.02(1.00,1.05)*
lag12	1.00(0.98,1.03)	1.00(0.97,1.03)	1.02(0.99,1.05)	1.00(0.97,1.03)
lag13	1.01(0.99,1.03)	1.01(0.98,1.04)	1.02(0.99,1.05)	1.01(0.98,1.03)
lag14	1.00(0.98,1.02)	1.01(0.98,1.03)	1.01(0.98,1.03)	1.00(0.98,1.02)

注: * 为 $P<0.05$

3 讨论

山东省是以燃煤火力发电为主,煤炭的大量燃烧会造成大气污染物的大量排放^[9]。相关研究指出,山东省城市 PM_{2.5}、PM₁₀ 浓度最高的季节是冬季^[10],与流感发病高峰为冬春季大致吻合。推测气候和大气污染物对流感日发病存在相关性影响。原因可能为 PM_{2.5}、PM₁₀ 为颗粒物,可以作为流感病毒传播的载体^[11],同时 PM_{2.5}、PM₁₀ 可以阻挡太阳光及紫外线,增加了病毒的传播机会及在外界环境中存活的时间。2013 年世卫组织首次指出 PM_{2.5} 是主要的环境致癌物,长期吸入会对人体呼吸系统造成严重影响,且浓度愈高死亡风险愈高。SO₂、NO_x 为刺激性气体,会影响呼吸系统,诱发咳

嗽、哮喘等呼吸道症状,造成肺部结构的永久性损伤^[12],当进入呼吸道以后,能够对呼吸道黏膜产生侵袭性,损害上皮细胞及肺泡的微结构,增加病毒感染的概率和人体的易感性。CO 能与氧气竞争性结合血红蛋白,可增强机体的缺氧状态,降低了体液免疫和细胞免疫功能及应激性。因此,颗粒物和污染物可以降低人群的免疫机能,增大流感发病的风险。

本文结果显示,大气污染物对于流感发病的影响存在滞后效应。且随日平均浓度升高 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ (CO 为升高 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$),6 种大气污染物对流感滞后作用各不相同。 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 、CO 和 O_3 对 0 岁~人群滞后作用最大,分别出现在暴露后 14d、14d、5d 和 1d。提示空气污染物浓度高时应减少 0 岁~年龄段人群雾霾天气外出次数和时间,加强防护措施(如戴口罩),降低流感患病风险。在暴露后相应天数父母应该加强对孩子身体状况的关注。 SO_2 和 NO_2 对 3 岁~人群滞后作用最大,分别出现在暴露后 2d 和 12d。提示政府有关部门应加强环境保护,推广使用天然气和光电等清洁能源,制定有关汽车尾气排放的制度规定。火力发电厂应采取措施减少含硫含氮气体排放。其他污染物对不同年龄的作用效果不仅与污染物的种类有关系,而且与不同年龄段对该污染物的抵抗能力有关系。

综上所述,流感的发病规律受大气污染物等因素的影响,提示相关医疗卫生机构应该针对本地区人口构成及主要污染源的情况,提前做好相应的预防控制措施。有关部门应积极引导农民使用清洁燃料,降低大气污染物的排放,加强流感的宣传力度,提高农民对于流感的认识,提倡绿色能源的普及,工厂应合理安排工人工作休息时间。

利益冲突:所有作者均申明不存在利益冲突。

参考文献:

[1] 余云芳,张谨,马静,等. 2011-2015 年宜昌市流感流行特征及病原学分析[J]. 公共卫生与预防医学, 2016,27(4):38-41.

[2] 杨娟,冯录召,余宏杰,等. 积极应对季节性流感: 2016 年全国季节性流感防控研讨会会议纪要[J]. 中国预防医学杂志,2016,17(9):641-645. DOI: 10.16506/j.1009-6639.2016.09.001.

[3] 李群伟. 瘟疫-流行史及影响流行的因素[J]. 泰山医学院学报,2004(03):236-240. DOI: 10.3969/j.issn.1004-7115.2004.03.040.

[4] 李海平. 大气主要污染物及其与人群健康的关系[J]. 江苏预防医学,2020,31(6):635-636,647. DOI: 10.13668/j.issn.1006-9070.2020.06.012.

[5] 段肖肖,刘思秀. $\text{PM}_{2.5}$ 致病机制的研究进展[J]. 复旦学报(医学版),2020,47(4):605-614. DOI: 10.3969/j.issn.1672-8467.2020.04.023.

[6] 张慧. 空气污染与健康居民就诊量的关系研究-基于 stata 的面板数据分析[J]. 邢台学院学报,2018,33(2):34-38.

[7] 王文军,张璟,张春菊,等. 济宁市日平均气温对麻疹发病影响的病例交叉研究[J]. 预防医学论坛,2018,24(2):81-83. DOI: 10.16406/j.pmt.issn.1672-9153.2018.02.001.

[8] 环境保护部,国家质量监督检验检疫总局. GB3095-2012 环境空气质量标准[S]. 北京:中国环境科学出版社,2012.

[9] 熊天琦. 山东省燃煤电厂大气污染现状与减排潜力研究[D]. 济南:济南大学,2016.

[10] 武苗苗. 山东省城市区域空气污染的时空变化特征研究[D]. 上海:华东师范大学,2016.

[11] 张璟,邓豪,段雯华,等. 大气污染物对呼吸系统疾病入院影响的病例交叉研究[J]. 中国热带医学,2020,20(6):519-522. DOI: 10.13604/j.cnki.46-1064/r.2020.06.06.

[12] 梁海旭,王海滨. 我国大气污染物对人群健康效应影响及时空分布规律[J]. 慢性病学杂志,2019,20(8):1159-1163. DOI: 10.16440/j.cnki.1674-8166.2019.08.014.

(收稿日期 2021-03-26)

(本文编辑:石俊强)