

上海市闵行区大气污染与早产的相关性

顾怡勤¹, 陈仁杰², 陈丽¹, 应圣洁¹

1. 上海市闵行区疾病预防控制中心环境与职业卫生科, 上海 201101
2. 复旦大学公共卫生学院环境卫生教研室, 上海 200032

摘要:

[目的] 母亲孕期大气污染暴露可能引起一系列不良妊娠结局。本研究拟探讨上海市闵行区大气污染与新生儿早产的关联及其影响因素。

[方法] 收集上海市闵行区 2015—2016 年的全部新生儿分娩和产妇相关资料, 同时收集同期的大气污染和气象资料。采用病例对照研究设计, 建立非条件 logistic 回归模型, 分析不同孕期各个大气污染物对新生儿早产的影响。采用分层分析的方法, 探讨不同个体特征对大气污染与早产关系的影响。

[结果] 研究期间闵行区 6 家接产医院总分娩新生儿 29 324 人, 其中早产儿 1 402 例, 早产发生率 4.8%; 早产儿中位数孕周为 35.0 周。研究期间, PM_{2.5} 和 NO₂ 的年平均浓度分别为 50.4、44.3 μg/m³, 超过了国家标准。在孕早期, 各大气污染物对早产的影响均不存在统计学意义。在孕中期, PM_{2.5} 和 CO 对早产存在影响; 其日平均浓度每升高 1 个四分位数间距 (20.8 μg/m³ 和 0.2 mg/m³), 早产的发生率将会分别升高 11.2% (95%CI: 6.7%~15.6%) 和 15.6% (95%CI: 12.0%~19.1%)。在孕晚期, 各污染物的影响均有统计学意义; PM_{2.5}、SO₂、NO₂、O₃ 和 CO 的日平均浓度每升高 1 个四分位数间距 (分别为 20.3、7.2、17.2、43.7 μg/m³ 和 0.2 mg/m³), 早产的发生率将会分别升高 14.6% (95%CI: 3.3%~25.8%)、6.3% (95%CI: 2.3%~10.3%)、13.8% (95%CI: 5.8%~21.7%)、29.8% (95%CI: 21.9%~37.8%) 和 9.5% (95%CI: 2.4%~16.6%)。分层分析结果显示, 在孕中期或孕晚期暴露于各大气污染物导致女胎、多胎、二孩及以上和 35 岁及以上高龄产妇发生早产的风险较高。

[结论] 上海市闵行区孕妇在孕中期和孕晚期暴露于大气污染可增加发生早产的风险。

关键词: 大气污染; 早产; 孕期; 病例对照研究

Associations between ambient air pollution and preterm birth in Minhang District, Shanghai GU Yi-qin¹, CHEN Ren-jie², CHEN Li¹, YING Sheng-jie¹ (1. Department of Environmental and Occupational Health, Shanghai Minhang District Center for Disease Control and Prevention, Shanghai, 201101, China; 2. School of Public Health, Fudan University, Shanghai 200032, China)

Abstract:

[Objective] Maternal exposure to air pollution during pregnancy has been linked to adverse birth outcomes. This study aims to explore the associations between ambient air pollution and preterm birth in Minhang District, Shanghai and the potential effect modifiers.

[Methods] We collected data about all newborns delivered in 2015 and 2016 and their mothers in Minhang District, as well as air pollution and weather conditions in the same area and same years. In this case-control study, unconditional logistic regression models were established to analyze the associations between different ambient air pollutants and preterm birth. Stratification analyses were conducted to explore the potentially different impacts of air pollution in relation to individual characteristics.

[Results] During the study period, 6 hospitals in Minhang District recorded 29 324 live births, of which there were 1 402 preterm births (4.8%). The annual average levels of PM_{2.5} (50.4 μg/m³) and NO₂ (44.3 μg/m³) exceeded the National Air Quality Standard. In the first trimester, various air pollutants showed no significant impacts on preterm births. In the second trimester, PM_{2.5} and CO showed significant effects with 11.2% (95%CI: 6.7%-15.6%) and 15.6% (95%CI: 12.0%-19.1%) increments of preterm births respectively in association with an interquartile range increase in their concentrations (PM_{2.5}: 20.8 μg/m³, CO: 0.2 mg/m³). In the third trimester, all air pollutants were significantly associated with increased preterm births; an interquartile range increase in the

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2019.18776

基金项目

闵行区自然科学研究课题 (2017MHZ37)

作者简介

顾怡勤 (1974—), 女, 本科, 硕士, 副研究员。
E-mail: elinor_gu@126.com

通信作者

顾怡勤, E-mail: elinor_gu@126.com

伦理审批 已获取

利益冲突 无申报

收稿日期 2018-11-20

录用日期 2018-12-12

文章编号 2095-9982(2019)02-0106-06

中图分类号 R122.2

文献标志码 A

引用

顾怡勤, 陈仁杰, 陈丽, 等. 上海市闵行区大气污染与早产的相关性 [J]. 环境与职业医学, 2019, 36 (2): 106-111.

本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2019.18776

Funding

This study was funded.

Correspondence to

GU Yi-qin, E-mail: elinor_gu@126.com

Ethics approval Obtained

Competing interests None declared

Received 2018-11-20

Accepted 2018-12-12

To cite

GU Yi-qin, CHEN Ren-jie, CHEN Li, et al. Associations between ambient air pollution and preterm birth in Minhang District, Shanghai [J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2019, 36(2): 106-111.

Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2019.18776

concentrations of $PM_{2.5}$ ($20.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), SO_2 ($7.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), NO_2 ($17.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), CO ($43.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$), and O_3 ($0.2 \text{mg}/\text{m}^3$) corresponded to increments of 14.6% (95%CI: 3.3%-25.8%), 6.3% (95%CI: 2.3%-10.3%), 13.8% (95%CI: 5.8%-21.7%), 29.8% (95%CI: 21.9%-37.8%), and 9.5% (95%CI: 2.4%-16.6%) in preterm birth, respectively. The results of stratification analyses showed exposure to air pollutants during the second and third trimesters would lead to higher risks of preterm births for female fetus, multiple birth, and pregnant women with second or more deliveries and older than 35 years.

[Conclusion] Maternal exposure to air pollution in the second and third trimesters would increase the risk of preterm birth in Minhang District of Shanghai.

Keywords: air pollution; preterm birth; pregnancy; case-control study

大气污染是人们日益关注的公共卫生问题,国内外很多学者开展了大气污染与不良妊娠结局之间关系的研究。大量研究证据表明,母亲孕期大气污染暴露可能引起一系列不良妊娠结局,如早产、低出生体重、出生缺陷等^[1]。不同污染物暴露与不良妊娠结局之间的关系比较复杂,孕期污染物实际暴露不同,对妊娠结局的影响也有差异^[2]。早产是导致新生儿死亡或引发婴儿期肺部和神经系统疾患的主要原因^[3]。导致早产发生的危险因素众多,既有母体的遗传、健康状况和生活习惯等因素,也有孕期的感染、出血、胎膜早破等因素,还有胎儿自身的遗传和发育因素。近年来,世界范围内大量研究结果显示,大气中的二氧化氮(NO_2)、颗粒物(PM)、二氧化硫(SO_2)等污染物的孕期暴露与早产可能有关,我国的台湾、北京、太原也开展了这方面的研究,发现大气中的 NO_2 、 PM_{10} 、 SO_2 等污染物浓度升高是早产的危险因素^[4-6]。本文采用病例对照研究方法,通过对上海市闵行区2015—2016年大气污染、气象、早产等资料的分析,探讨早、中、晚孕期不同大气污染物对早产的影响。

1 资料与方法

1.1 资料来源

研究对象为2015—2016年在闵行区6家接产医院分娩的孕妇及其新生儿。早产为自末次月经的第1日开始计算,妊娠满28周至不满37足周的分娩者^[7]。出生监测数据来源于闵行区疾病预防控制中心出生监测信息系统,该系统通过“上海市出生医学网络直报系统”收集闵行区2015—2016年所有接产医院的新生儿个案信息,包含了新生儿监测信息(婴儿性别、出生孕周、出生体重、胎次、胎数等)和新生儿父母亲基本资料(父母亲年龄、文化程度、职业等)。本研究已获上海市闵行区疾病预防控制中心伦理委员会批准并签署知情同意。

大气污染物数据来源于国家环境空气监测系

统徐汇上师大监测站(距离闵行区1.5 km以上),包括2015—2016年每日大气污染情况,包括细颗粒物($PM_{2.5}$)、 SO_2 、 NO_2 、一氧化碳(CO)、臭氧(O_3)等污染物浓度的日平均值。

气象数据来源于上海市气象局,包括同期逐日平均气温及相对湿度,用于调整气象因素的混杂作用。

1.2 研究方法

按照病例对照研究方法,以全部早产儿为病例(设为1),以全部非早产儿为对照(设为0)。由于是非匹配的设计,应变量是二元分类变量,因而使用非条件logistic回归进行分析。控制的协变量有:新生儿性别、产次、胎数、Apgar评分(产后1、5、10 min的3次平均值)、母亲分娩年龄、母亲受教育程度、出生季节、孕期平均温度和湿度^[8]。由于孕晚期或出生前数周内的气象条件可影响早产的发生,本研究控制孕晚期的平均温、湿度作为主分析,以调整分娩前一周或一月的平均温、湿度作为敏感性分析^[9-10]。采用自然样条平滑函数调整温、湿度的非线性混杂作用,自由度分别为6和3。分别分析孕早期(孕期前3个月)、孕中期(孕期第4至6个月)和孕晚期(孕期第7个月至分娩)各类污染物浓度每升高1个四分位数间距,导致早产发生率增加的百分比,包含估计的均值和95%可信区间(95%CI)。采用R软件进行上述非条件logistic回归分析。

2 结果

2.1 新生儿基本信息

表1显示,研究期间闵行区6家接产医院孕妇总分娩新生儿29324人,其中早产儿1402例,早产发生率为4.8%。新生儿中,男孩(52.6%)略多于女孩,双胞胎或多胞胎的发生率为1.8%,有47.1%为第二孩及以上;产妇平均年龄为28.4岁。早产儿中,男孩的比例(58.8%)较高,双胞胎或多胞胎的发生率明显偏高(20.0%),二孩及以上的比例较高(52.0%),母亲生育

年龄略高 (29.0 岁)。早产儿的 Apgar 评分相对于新生儿, 其均值较小但标准差较大 (9.6 ± 0.8 vs 9.8 ± 0.2); 早产儿与新生儿母亲的受教育程度结构基本一致。早产儿孕周在 27~36 周之间, 平均为 34.7 周, 中位数为 35.0 周。早产儿在冬季 (27.0%) 和夏季 (26.0%) 较多, 在春季 (22.9%) 和秋季 (24.1%) 较少。

2.2 研究期间污染物浓度及气象因素分布特征

研究期间, 上海市大气污染物中 $PM_{2.5}$ 和 NO_2 的年平均质量浓度分别为 50.4 、 $44.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 超过了国家二级标准限值 (分别为 35.0 、 $40.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$)。 SO_2 、 O_3 的年平均质量浓度分别为 15.6 、 $98.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, CO 为 $0.8 \text{mg}/\text{m}^3$; 均符合国家标准的要求。2015—2016 年上海市闵行区平均温度和相对湿度分别 17.2°C 和 74.1% 。除 O_3 之外的污染物之间存在明显的共线性 (Pearson $r=0.7\sim 0.8$, $P<0.05$), O_3 与其他污染物呈现微弱的负相关关系 ($r=-0.1\sim -0.3$, $P<0.05$)。

两组新生儿中各孕期暴露于温、湿度的水平近似。经两样本组间比较的 t 检验, 除孕中期的 $PM_{2.5}$ 和孕晚期的 $PM_{2.5}$ 、 NO_2 、 O_3 之外 ($P<0.05$), 各孕期的污染物暴露在早产儿组和非早产儿组的差异均无统计

学意义。见表 2。

表 1 上海市闵行区 2015—2016 年间新生儿基本情况
Table 1 General information of newborns in Minhang District of Shanghai from 2015 to 2016

基本情况 General information	新生儿 Newborns	早产儿 Preterm births
总数 (Total number)	29324	1402
男孩比例 (Boys, %)	52.6	58.8
两胎或多胎比例 (%) Two or multiple births	1.8	20.0
二孩及以上比例 (%) Second or more deliveries	47.1	52.0
母亲生产年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁) Maternal age of production (Years)	28.4 ± 5.0	29.0 ± 5.0
Apgar 评分 ($\bar{x} \pm s$) Apgar score	9.8 ± 0.2	9.6 ± 0.8
母亲受教育程度 Maternal education		
初中及以下 (%) Middle school or less	26.6	26.3
高中或相似教育程度 (%) High school or at same level	23.8	23.4
大学本科或相似教育程度 (%) Undergraduate or at same level	45.2	46.4
研究生 (%) Graduate	4.4	3.9

表 2 上海市闵行区 2015—2016 年早产儿和非早产儿各孕期暴露于大气污染和气象因素的水平 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Levels of air pollution and meteorological factors exposure during different pregnancy periods for preterm and non-preterm births in Minhang District of Shanghai from 2015 to 2016

污染物 Pollutant	孕早期 (First trimester)			孕中期 (Second trimester)			孕晚期 (Third trimester)		
	早产儿 Preterm births	非早产儿 Non-preterm births	P	早产儿 Preterm births	非早产儿 Non-preterm births	P	早产儿 Preterm births	非早产儿 Non-preterm births	P
$PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	51.4 ± 11.2	52.7 ± 11.3	0.61	53.4 ± 12.3	49.1 ± 10.1	0.04	51.1 ± 11.9	45.6 ± 9.2	0.03
SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16.1 ± 6.3	15.4 ± 6.2	0.35	15.1 ± 6.3	14.8 ± 5.9	0.46	16.4 ± 5.9	14.1 ± 5.2	0.09
NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	44.3 ± 10.1	45.7 ± 10.6	0.69	46.4 ± 9.8	44.3 ± 10.2	0.31	46.3 ± 11.2	42.3 ± 10.3	0.02
CO (mg/m^3)	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.72	0.9 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.12	0.8 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.16
O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	101.1 ± 22.0	99.4 ± 26.3	0.74	101.2 ± 24.1	100.3 ± 25.9	0.79	101.9 ± 26.8	95.2 ± 24.1	0.03
温度 (Temperature, $^\circ\text{C}$)	16.1 ± 7.2	16.8 ± 7.1	0.78	18.0 ± 7.3	17.6 ± 7.1	0.82	18.0 ± 7.3	16.8 ± 6.2	0.46
湿度 (Humidity, %)	73.1 ± 5.3	73.3 ± 4.6	0.85	74.1 ± 4.2	74.3 ± 4.8	0.81	74.2 ± 4.3	74.3 ± 4.9	0.86

2.3 不同孕期污染物暴露与早产的关系

表 3 总结了各孕期的污染物暴露对早产的影响。在孕早期各大气污染物对早产均不存在影响。在孕中期, $PM_{2.5}$ 和 CO 对早产存在影响, 其日平均浓度每升高 1 个四分位数间距 ($20.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $0.2 \text{mg}/\text{m}^3$), 早产的发生率 (百分比均值及其 95%CI) 将会分别升高 11.2% (95%CI: 6.7%~15.6%) 和 15.6% (12.0%~19.1%)。在孕晚期, 各污染物的影响均有统计学意义, 其中 O_3 的影响最强; $PM_{2.5}$ 、 SO_2 、 NO_2 、 O_3 和 CO 的日平均浓度每升高 1 个四分位数间距 (分别为 20.3 、 7.2 、

17.2 、 $43.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $0.2 \text{mg}/\text{m}^3$), 早产的发生率将会分别升高 14.6% (3.3%~25.8%)、6.3% (2.3%~10.3%)、13.8% (5.8%~21.7%)、29.8% (21.9%~37.8%) 和 9.5% (2.4%~16.6%)。选用孕前一周和孕前一月的温、湿度纳入模型的敏感性分析显示, 孕早期空气污染物暴露对早产的影响仍不具有统计学意义, 孕中期和孕晚期各污染物暴露对早产的影响无明显变化。

2.4 早产影响因素

表 4 总结了母婴不同特征分层对大气污染与早产关系的影响。在孕早期, 各大气污染物对早产的影响

在任一分层均无统计学意义。对于性别而言，在孕中期，大气污染物对女胎的影响较强；但在孕晚期，除SO₂、O₃外的其余大气污染物对男胎的影响较大。对于胎数而言，大气污染物对多胎（双胞胎及以上）引起早产的影响更强。对于产次而言，孕中期的大气污染物暴露对早产的影响，在第一产和第二或更多产之间差异较小；但孕晚期的暴露对第二产或更多产的影响要强于对第一产的影响（O₃除外）。对于产妇年龄而言，各大气污染物暴露对35岁及以上高龄产妇发生早产的影响明显较大（孕中期SO₂的影响例外）。

表3 不同孕期污染物浓度每升高1个四分位数间距导致早产发生率增加的百分比（均值及其95%可信区间）

Table 3 Percentage increase (mean and 95% confidence interval) in incidence of preterm birth per IQR increase of air pollutant concentrations in different pregnancy periods

污染物 Pollutant	孕早期 (First trimester)		孕中期 (Second trimester)		孕晚期 (Third trimester)	
	IQR*	百分比估计值 (Percentage estimates)	IQR*	百分比估计值 (Percentage estimates)	IQR*	百分比估计值 (Percentage estimates)
PM _{2.5}	18.2	-11.6 (-27.6, 4.4)	20.8	11.2 (6.7, 15.6)	20.3	14.6 (3.3, 25.8)
SO ₂	7.1	3.8 (-6.8, 14.3)	8.2	-9.2 (-24.5, 6.1)	7.2	6.3 (2.3, 10.3)
NO ₂	15.8	-11.4 (-31.3, 8.6)	16.9	5.2 (-2.2, 12.5)	17.2	13.8 (5.8, 21.7)
CO	0.2	-5.8 (-16.6, 5.1)	0.2	15.6 (12.0, 19.1)	0.2	9.5 (2.4, 16.6)
O ₃	39.1	9.3 (-5.3, 23.9)	39.3	-7.2 (-19.6, 5.1)	43.7	29.8 (21.9, 37.8)

[注] 采用非条件logistic回归模型分析数据，同时调整新生儿性别、产次、胎数、Apgar评分（产后1、5、10 min的3次平均）、母亲分娩年龄、母亲受教育程度、出生季节、孕期平均温度和湿度。*：除CO单位为mg/m³外，其余污染物的单位为μg/m³。

[Note] Unconditioned logistic regression model is used to analyze the data, adjusting for newborn sex, parity, gravidity, Apgar score (the average of scores at 1, 5, and 10 min), maternal age, maternal education attainment, season of birth, and temperature and humidity averaged during pregnancy. *: Units in μg/m³, except for CO (mg/m³).

表4 不同母婴特征下各孕期污染物浓度每升高1个四分位数间距，导致早产发生率增加的百分比（均值及其95%可信区间）

Table 4 Percentage increase in incidence of preterm birth per an IQR increase of air pollutant concentrations in different pregnancy periods (mean and 95% confidence interval)

污染物 (Pollutant)	特征 (Characteristics)	孕早期 (First trimester)	孕中期 (Second trimester)	孕晚期 (Third trimester)
PM _{2.5}	男胎 (Male fetus)	-12.3 (-33.6, 9.0)	7.7 (1.7, 13.6)	14.3 (0.5, 28.1)
	女胎 (Female fetus)	-10.4 (-35.0, 14.2)	15.9 (9.1, 22.7)	13.8 (-3.9, 31.4)
	单胎 (Single birth)	-12.1 (-29.5, 5.2)	-12.0 (-30.6, 6.6)	11.6 (-0.8, 24.1)
	多胎 (Multiple birth)	-12.3 (-63.6, 39.1)	11.1 (6.3, 15.8)	29.0 (5.8, 52.2)
	1次生产 (First delivery)	-13.3 (-36.2, 9.6)	12.1 (5.9, 18.3)	10.2 (-6.0, 26.4)
	≥2次生产 (Second or more deliveries)	-10.0 (-32.4, 12.4)	11.0 (4.6, 17.4)	17.9 (2.0, 33.7)
	<34岁 (<34 years old)	-11.7 (-28.8, 5.5)	10.4 (5.7, 15.1)	7.5 (-4.7, 19.7)
	≥35岁 (≥35 years old)	-11.5 (-57.8, 34.7)	17.8 (4.4, 31.3)	53.8 (23.1, 84.6)
SO ₂	男胎 (Male fetus)	-1.7 (-15.8, 12.3)	3.0 (-2.3, 8.3)	-8.6 (-28.8, 11.7)
	女胎 (Female fetus)	12.9 (-3.2, 29.1)	10.7 (4.6, 16.8)	10.3 (2.20, 18.4)
	单胎 (Single birth)	4.3 (-7.2, 15.9)	-6.0 (-21.3, 9.3)	-11.4 (-27.9, 5.2)
	多胎 (Multiple birth)	-20.4 (-52.6, 11.8)	5.9 (1.6, 10.1)	34.9 (-21.5, 91.2)
	1次生产 (First delivery)	-3.5 (-19.3, 12.2)	9.4 (3.8, 14.9)	-7.0 (-28.7, 14.7)
	≥2次生产 (Second or more deliveries)	10.1 (-4.3, 24.5)	3.6 (-2.1, 9.3)	12.5 (4.3, 20.6)
	<34岁 (<34 years old)	1.7 (-9.6, 12.9)	6.2 (2.0, 10.4)	-11.4 (-27.8, 5.0)
	≥35岁 (≥35 years old)	17.7 (-13.5, 49.0)	7.8 (-4.4, 19.9)	9.9 (1.9, 17.9)
NO ₂	男胎 (Male fetus)	-10.9 (-37.5, 15.6)	-0.6 (-10.5, 9.3)	21.3 (10.8, 31.7)
	女胎 (Female fetus)	-10.3 (-41.0, 20.3)	12.6 (1.5, 23.8)	3.1 (-9.2, 15.4)
	单胎 (Single birth)	-10.6 (-32.6, 11.4)	-36.5 (-68.1, -5.0)	10.6 (1.7, 19.4)
	多胎 (Multiple birth)	-36.9 (-101.9, 28.2)	4.2 (-3.7, 12.1)	55.8 (30.4, 81.1)
	1次生产 (First delivery)	-20.9 (-49.7, 7.8)	7.6 (-2.6, 17.8)	8.7 (-2.5, 20)
	≥2次生产 (Second or more deliveries)	-2.9 (-30.7, 25.0)	4.1 (-6.5, 14.7)	18.2 (6.9, 29.4)
	<34岁 (<34 years old)	-12.3 (-33.6, 9.1)	4.2 (-3.6, 12.0)	9.9 (1.4, 18.5)
	≥35岁 (≥35 years old)	-5.2 (-62.2, 51.8)	14.8 (-7.7, 37.2)	35.0 (13.1, 56.9)

续表 4

污染物 (Pollutant)	特征 (Characteristics)	孕早期 (First trimester)	孕中期 (Second trimester)	孕晚期 (Third trimester)
CO	男胎 (Male fetus)	-5.5 (-19.8, 8.7)	13.9 (9.2, 18.6)	16.3 (7.1, 25.6)
	女胎 (Female fetus)	-5.6 (-22.5, 11.4)	18.0 (12.6, 23.4)	-2.5 (-13.8, 8.8)
	单胎 (Single birth)	-5.1 (-16.9, 6.8)	-1.9 (-17.6, 13.7)	3.6 (-4.2, 11.4)
	多胎 (Multiple birth)	-20.8 (-55.4, 13.8)	16.0 (12.3, 19.8)	30.6 (15.5, 45.6)
	1次生产 (First delivery)	-8.5 (-24.0, 7.0)	15.1 (10.2, 20.0)	0.8 (-9.4, 11.1)
	≥ 2次生产 (Second or more deliveries)	-3.1 (-18.2, 12.1)	16.8 (11.7, 22.0)	16.3 (6.4, 26.2)
	<34岁 (<34 years old)	-6.5 (-18.2, 5.1)	14.7 (11.0, 18.5)	3.1 (-4.6, 10.7)
	≥ 35岁 (≥ 35 years old)	0.2 (-30.5, 30.8)	22.3 (11.6, 33.0)	44.0 (24.8, 63.3)
	O ₃	男胎 (Male fetus)	9.8 (-9.6, 29.2)	-3.7 (-20.0, 12.7)
女胎 (Female fetus)		8.2 (-14.2, 30.6)	-12.5 (-31.7, 6.7)	40.8 (28.3, 53.3)
单胎 (Single birth)		10.7 (-5.3, 26.8)	-7.3 (-20.7, 6.1)	-14.6 (-38.7, 9.6)
多胎 (Multiple birth)		12.2 (-31.0, 55.4)	20.9 (1.9, 40.0)	34.5 (25.8, 43.2)
1次生产 (First delivery)		12.5 (-8.5, 33.6)	-8.2 (-25.4, 9.0)	31.3 (20.1, 42.6)
≥ 2次生产 (Second or more deliveries)		6.8 (-13.6, 27.1)	-7.3 (-25.2, 10.7)	28.8 (17.5, 40.1)
<34岁 (<34 years old)		5.2 (-34.7, 45.1)	-6.9 (-20.0, 6.3)	29.2 (20.6, 37.7)
≥ 35岁 (≥ 35 years old)		10.0 (-5.7, 25.7)	-12.3 (-49.4, 24.8)	38.9 (15.9, 61.8)

[注] 采用非条件 logistic 回归模型分析数据, 同时调整新生儿性别、产次、胎数、Apgar 评分 (产后 1、5、10 min 的 3 次平均)、母亲分娩年龄、母亲受教育程度、出生季节、孕期平均温度和湿度。

[Note] Unconditioned logistic regression model is used to analyze the data, adjusting for newborn sex, parity, gravidity, Apgar score (the average of scores at 1, 5, and 10 min), maternal age, maternal education attainment, season of birth, and temperature and humidity averaged during pregnancy.

3 讨论

本研究发现上海市闵行区大气污染可增加新生儿早产的发生风险, 不同孕期暴露、性别、胎数、产次、母亲年龄可影响大气污染与早产的关系, 各孕期不同污染物暴露对早产的影响不尽相同。总的来说, 各大气污染物在孕早期对早产均不存在影响; 在孕中期, PM_{2.5} 和 CO 对早产存在影响; 在孕晚期, 各污染物均有影响, 其中 O₃ 的影响最强。妊娠期大气污染物对早产的影响不容忽视, 但早产发生风险增加与孕期哪个阶段暴露有关, 目前的研究结论并不一致。由于大气污染物组成成分和地区差异性, 人群敏感性的不同, 以及统计分析方法的不一致性, 使得文献报道的研究结果并不完全一致。但 Ha 等^[11] 采用贝叶斯多层回归分析方法, 通过对美国佛罗里达州 2004—2005 年间出生的 423 719 名新生儿的母亲妊娠期暴露于 PM_{2.5} 研究发现, 孕中期 PM_{2.5} 暴露每增加 1 个四分位数间距, 早产和极早产风险分别上升 12% 和 22%, 与本研究结果基本一致。

大气污染引起早产的机制目前还不十分确切。有研究表明, 气体污染物可以通过简单的扩散方式进入胎盘; 颗粒物被吸入肺泡后通过血液循环达到全身器官, 抑制或破坏某些酶的活性, 使酶和蛋白质的代

谢紊乱从而影响胎儿的生长发育^[12]。大气污染物可能是通过引起胎儿丘脑-垂体-肾上腺轴的启动, 刺激子宫收缩、胎膜早破, 引起早产^[13]。

本文还分析了母婴不同特征分层对大气污染与早产关系的影响, 结果显示孕中期、孕晚期, 在女胎、多胎、母亲年龄 ≥ 35 岁的大多数情况下, 早产的发生随着大气污染物的浓度增加而上升。在孕早期, 各大气污染物对早产的影响在任一分层均无统计学意义。上海徐汇区的研究显示, 母亲年龄的增加、多胎等会增加新生儿早产的发生^[14]; 我国广西、河南的研究中均认为, 双胎是早产的危险因素之一^[15-16]; 成都的某项研究认为, 早产孕妇比对照组的年龄大^[17], 与本研究一致。

本研究存在一定局限性。第一, 由于缺乏个体水平的大气污染暴露资料, 直接利用了附近一个环境监测站的资料, 缺乏充分的代表性, 且暴露测量偏倚在所难免; 第二, 在大气污染流行病学研究中, 常采用双污染物或多污染物模型控制其他污染物的混杂作用, 但是广泛存在的污染物暴露测量误差和污染物之间的共线性问题给双污染物或多污染物的结果解释带来了挑战, 故本文未进行双污染物或多污染物模型的研究。第三, 本研究仅控制了医院常

规收集到的危险因素(如新生儿性别、产次、胎数、Apgar评分、母亲生产年龄、母亲教育程度),但限于人财物力,没有控制孕妇吸烟等母体行为混杂因素,以及孕期和胎儿自身的混杂因子,因而本研究结果存在一定的残余混杂。最后,研究现场局限于闵行区,研究时间跨度为两年,样本量不够大,也给结果外推性带来了挑战。

综上,本研究显示,上海市闵行区孕妇在孕中期和孕晚期暴露于大气污染可增加发生早产的风险;并且大气污染对女胎、多胎、多产次和高龄产妇的影响较强。研究结果可为本地区制定大气污染健康危害防护措施提供依据。

参考文献

- [1] HANSEN C, NELLER A, WILLIAMS G, et al. Maternal exposure to low levels of ambient air pollution and preterm birth in Brisbane, Australia [J]. BJOG, 2006, 113 (8): 935-941.
- [2] 陈宇, 米白冰, 赵亚玲, 等. 孕期室外空气污染与早产关系的Meta分析[J]. 中华流行病学杂志, 2016, 37 (6): 880-885.
- [3] MARTIN JA, HAMILTON BE, VENTURA SJ, et al. Births: final data for 2000 [J]. Natl Vital Stat Rep, 2002, 50 (5): 1-101.
- [4] TRAI SS, YU HS, CHANG CC, et al. Increased risk of preterm delivery in women residing near thermal power plants in Taiwan [J]. Arch Environ Health, 2004, 59 (9): 478-483.
- [5] XU X, DING H, WANG X. Acute effects of total suspended particles and sulfur dioxides on preterm delivery: a community-based cohort study [J]. Arch Environ Health, 1995, 50 (6): 407-415.
- [6] 张燕萍, 张志琴, 武永春, 等. 太原市空气污染对早产的急性影响[J]. 环境与健康杂志, 2008, 25 (3): 196-197.
- [7] 徐志红, 徐爱群, 曾蔚越. 早产的定义和分类[J]. 实用妇产科杂志, 2005, 21 (11): 643-644.
- [8] QIAN Z, LIANG S, YANG S, et al. Ambient air pollution and preterm birth: A prospective birth cohort study in Wuhan, China [J]. Int J Hyg Environ Health, 2016, 219 (2): 195-203.
- [9] VICEDO-CABRERA AM, OLSSON D, FORSBERG B. Exposure to seasonal temperatures during the last month of gestation and the risk of preterm birth in Stockholm [J]. Int J Environ Res Public Health, 2015, 12 (4): 3962-3978.
- [10] SCHIFANO P, ASTA F, DADVAND P, et al. Heat and air pollution exposure as triggers of delivery: A survival analysis of population-based pregnancy cohorts in Rome and Barcelona [J]. Environ Int, 2016, 88: 153-159.
- [11] HA S, HU H, ROUSSOS-ROSS D, et al. The effects of air pollution on adverse birth outcomes [J]. Environ Res, 2014, 134: 198-204.
- [12] 郑林媚, 洪新如, 孙庆华. 空气污染对胎儿生长发育的影响及作用机制[J]. 中国优生与遗传杂志, 2011, 19 (3): 1-3.
- [13] 张美云, 金银龙. 空气污染对早产和低出生体重影响的流行病学研究现状[J]. 环境与健康杂志, 2008, 25 (3): 270-273.
- [14] 王飞, 阚海东, 顾海雁, 等. 上海市徐汇区2006—2012年新生儿早产的危险因素分析[J]. 中国儿童保健杂志, 2017, 25 (2): 170-173.
- [15] 黄志碧, 姜岳明, 韦业平. 3245例新生儿早产危险因素研究[J]. 中国初级卫生保健, 2002, 16 (6): 37-39.
- [16] 张莉. 早产的危险因素及干预措施[J]. 中国社区医师(医学专业), 2013, 15 (9): 189.
- [17] 党群, 胡盈. 109例孕妇早产的影响因素调查研究[J]. 陕西医学杂志, 2016, 45 (8): 1098-1099.

(英文编辑: 汪源; 编辑: 丁瑾瑜; 校对: 汪源)