

孕期大气细颗粒物PM_{2.5}暴露及对早产的影响研究

程雁鹏 冯永亮 段小丽 赵楠 王君 李春霞 郭朋鸽 解冰洁 张芳
温海秀 李玫 王颖 王素萍 张亚玮

030001 太原,山西医科大学公共卫生学院流行病学教研室(程雁鹏、冯永亮、王君、李春霞、郭朋鸽、解冰洁、张芳、温海秀、李玫、王颖、王素萍); 100012 北京,中国环境科学研究院环境基准与风险评估国家重点实验室(段小丽); 耶鲁大学公共卫生学院环境健康科学系(赵楠、张亚玮)

通信作者:王素萍, Email: spwang88@163.com; 张亚玮, Email: yawei.zhang@yale.edu
DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.04.027

【摘要】 目的 探讨空气中粒径 $\leq 2.5 \mu\text{m}$ 的颗粒物(PM_{2.5})对早产的影响情况。方法 以受孕日期在2013年1月1日至12月31日之间、山西医科大学第一医院妇产科分娩的太原市区1 882例产妇产妇作为研究对象。按照WHO对早产的定义,将研究对象分为早产组和足月产组,关联性分析时再将早产组分为轻度早产组、早期早产和极早早产组。收集其一般人口学特征资料、健康状况、分娩情况、家庭准确住址等资料;收集太原市8个监测点2013年1月1日至2014年10月10日PM_{2.5}日平均浓度,根据反距离加权法计算孕妇孕期每天PM_{2.5}暴露浓度,通过多因素非条件logistic回归模型分析PM_{2.5}对早产的影响情况。结果 1 839例产妇的早产发生率为8.21%(151/1 839)。调整孕妇年龄、孕妇文化程度、孕前BMI等因素后结果显示,在分娩前第2周PM_{2.5}浓度暴露值每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$,早产风险增加8.7%(OR=1.087, 95%CI: 1.001~1.182),轻度早产风险增加9.9%(OR=1.099, 95%CI: 1.007~1.200)。分娩前第2周孕妇处于PM_{2.5}高水平环境($\geq 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$)中,早产风险增加0.8%(OR=1.008, 95%CI: 1.000~1.017),轻度早产风险增加1.0%(OR=1.010, 95%CI: 1.001~1.018)。结论 孕妇在孕晚期尤其是在分娩前半个月,PM_{2.5}高浓度暴露会导致早产风险增加。

【关键词】 空气污染; 早产; 反距离加权法

基金项目: 山西医科大学十人计划项目; 山西省青年科技研究基金(2013021033-2); 山西省普通高校特色重点学科建设项目; 国家自然科学基金(81473061)

Ambient PM_{2.5} during pregnancy and risk on preterm birth Cheng Yanpeng, Feng Yongliang, Duan Xiaoli, Zhao Nan, Wang Jun, Li Chunxia, Guo Pengge, Xie Bingjie, Zhang Fang, Wen Haixiu, Li Mei, Wang Ying, Wang Suping, Zhang Yawei

Department of Epidemiology, School of Public Health, Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China (Cheng YP, Feng YL, Wang J, Li CX, Guo PG, Xie BJ, Zhang F, Wen HX, Li M, Wang Y, Wang SP); State Key Lab of Environmental Criteria and Risk Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China (Duan XL); Division of Environmental Health Sciences, School of Public Health, Yale University (Zhao N, Zhang YW)

Corresponding authors: Wang Suping, Email: spwang88@163.com; Zhang Yawei, Email: yawei.zhang@yale.edu

【Abstract】 Objective To investigate the association between ambient fine particulate matter with aerodynamic diameter less than $2.5 \mu\text{m}$ (PM_{2.5}) and the risk on preterm birth. **Methods** A total of 1 882 pregnant women with local residency of Taiyuan city and underwent delivery at the First Hospital of Shanxi Medical University with the dates of conception between January 1 and December 31, 2013, were enrolled in the study. Information on general demographics, home address and history on pregnancy, lifestyle and related environmental factors were collected through in-person interview. Birth outcomes and maternal complications were abstracted from medical records. Data on the amount of daily average PM_{2.5} from 8 monitor points in Taiyuan city, between March 1, 2012 and December

31, 2013 were also collected. Individual exposure during pregnancy were calculated using the inverse-distance weighting method, based on home address. Multivariate unconditional logistic regression model was used to examine the associations among $PM_{2.5}$ exposure, risk of preterm birth and related clinical subtypes. **Results** The overall incidence of preterm birth was 8.21% (151/1 839) in 1 839 pregnant women. Exposure to ambient $PM_{2.5}$ during the second week prior to delivery was associated with an increased risk of preterm birth ($OR=1.087$, 95% CI : 1.001–1.182 per $10 \mu g/m^3$ increase) and mild preterm birth ($OR=1.099$, 95% CI : 1.007–1.200 per $10 \mu g/m^3$). Compared to data from the China Environmental Air Quality Standard, higher level of exposure ($\geq 75 \mu g/m^3$) of $PM_{2.5}$ during the second week before delivery was associated with an increased risk of preterm birth ($OR=1.008$, 95% CI : 1.000–1.017) but the association was mainly seen for mild preterm birth ($OR=1.010$, 95% CI : 1.001–1.018). **Conclusions** Results from our study showed that exposure to high level of $PM_{2.5}$ during late pregnancy would increase the risk of preterm birth. Future large studies are needed to examine the association by preterm clinical subtypes and to elucidate potential underlying mechanisms.

【Key words】 Air pollution; Preterm birth; Inverse-distance weighting

Fund programs: Ten Talents Program of Shanxi Medical University; Youth Foundation of Shanxi Province (2013021033–2); Key Construction Project of Common University's Specialist Disciplines in Shanxi Province; National Natural Science Foundation of China (81473061)

空气中粒径 $\leq 2.5 \mu m$ 的颗粒物($PM_{2.5}$)可以直接深入细支气管和肺泡对人体健康造成威胁。Dominici等^[1]2006年报道 $PM_{2.5}$ 浓度每增加 $10 \mu g/m^3$ 心力衰竭风险上升1.28%,呼吸系统疾病风险也会随之上升。有报道称,早产是引起新生儿发病率及死亡率上升的主要原因^[2],除畸形儿导致的新生儿死亡之外,高达25%新生儿死亡由早产引起^[3]。在国内,孕期 $PM_{2.5}$ 暴露与早产之间的研究尚处于起步阶段,通过反距离加权法计算 $PM_{2.5}$ 暴露与早产之间关联性的研究较少。国外越来越多研究关注孕期 $PM_{2.5}$ 暴露对早产等不良妊娠结局的影响,计算暴露值方法不一,如使用最近的监测点代替孕妇暴露情况、土地利用回归模型(Land Use Regression, LUR)估算暴露值等。这些研究显示, $PM_{2.5}$ 暴露可以增加早产风险。如Ha等^[4]的报道显示, $PM_{2.5}$ 高暴露影响早产的时间段在孕中期,而Hyder等^[5]研究结果显示是在孕晚期暴露影响早产。 $PM_{2.5}$ 暴露影响早产是在孕早期、孕中期还是孕晚期,对于预防早产至关重要。本研究通过反距离加权法计算 $PM_{2.5}$ 暴露浓度,了解孕妇个体不同孕期 $PM_{2.5}$ 暴露情况,采用多因素非条件logistic回归模型调整多种混杂因素,获得 $PM_{2.5}$ 暴露与早产之间的关系。

对象与方法

1. 研究对象:采用回顾性研究方法,连续收集受孕日期(即末次月经日期后的第一天)在2013年1月1日至12月31日间、在山西省太原市山西医科大学第一医院妇产科分娩的孕妇,共1 882例。纳入标准:①知情同意、自愿参加;②家庭居住地位于太原市市区;③活产。排除标准:未满20周岁、流产、死

产死胎、出生缺陷以及人为因素提前要求分娩的孕妇。本研究经山西医科大学伦理委员会批准,所有研究对象均签署知情同意书。

2. 研究方法:

(1)诊断与暴露标准:采用统一调查问卷对纳入样本的孕妇进行面对面问卷调查,调查员均经过严格培训。问卷内容包括一般人口学特征资料、健康状况、分娩情况、家庭准确住址、疾病既往史等。诊断标准:按照Blencowe等^[6]在《柳叶刀》杂志中对早产的定义(孕期不满37周或者259 d分娩),将孕妇分为病例组与对照组。病例组根据文献[2]分为轻度早产、早期早产、极早早产。本研究中极早早产只有1例,因此在统计分析时将早期早产和极早早产合并为一组。暴露标准:根据GB 3095—1996《中国环境空气质量标准》日均限值 $75 \mu g/m^3$,将孕妇孕期 $PM_{2.5}$ 暴露高于、低于限值定义为高暴露组、低暴露组。

(2)大气污染相关数据信息:坐标采集:通过百度坐标拾取系统,将每个孕妇的家庭地址信息转化成精确的地理坐标数据(经度、纬度)。同样的方法记录检测范围可以覆盖整个太原市区的8个监测站坐标(南寨、涧河、尖草坪、桃园、坞城、小店、金胜、晋源)。大气数据采集:通过太原市环境监测中心的太原市空气质量指数日报系统,收集2013年1月1日至2014年10月20日太原市 $PM_{2.5}$ 日平均浓度(2013年12月31日受孕的孕妇于2014年10月20日分娩,是本研究人群中分娩时间最晚的孕妇)。暴露浓度计算使用反距离加权法,由SAS 9.3计算。计算公式:

$$d_y = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} \quad (1)$$

$$z_j = \sum_{i=1}^n (W_y Z_i) \quad (2)$$

$$w_{ij} = 1/d_{ij}^{\kappa} \quad (3)$$

首先使用公式1计算空间位置距离, P_i (任一孕妇家庭住址) 和 P_j (8个监测点) 对应的坐标是 (x_i, y_i) 、 (x_j, y_j) , d_{ij} 即为两点之间的距离; 使用公式2计算孕妇家庭住址所在点的 $PM_{2.5}$ 浓度, 其中 n 代表样本个数, w_{ij} 代表权重, 也就是 P_j 的 $PM_{2.5}$ 值 Z_j 受 P_i 的 $PM_{2.5}$ 值 Z_i 的影响程度, 它与 P_j 到周围已知点的距离 d_{ij} 成反比, 即公式3, 其中 $\kappa > 0$, 是距离的幂, 实际应用中常取2^[7]。由此可以综合8个监测点的 $PM_{2.5}$ 检测水平后计算出任意坐标点的 $PM_{2.5}$ 暴露值。然后再根据孕期每天 $PM_{2.5}$ 暴露值计算出不同孕期分组的 $PM_{2.5}$ 平均暴露浓度。不同孕期分组: 全孕期、孕早期、孕中期、孕晚期、孕期不同孕周、孕月。

(3) 质量控制: 统一培训调查员, 对问卷及时核查, 定期由专人对数据清理及进一步校对。

3. 统计学分析: 采用EpiData 3.1软件对问卷进行录入。通过SAS 9.3软件进行数据清理、暴露值计算以及统计学分析。使用单因素分析 χ^2 检验筛选出差异有统计学意义的变量 ($P < 0.05$), 然后进行多因素非条件 logistic 回归分析, 为了避免逐步法在筛选变量时将专业上必须纳入模型中的变量剔除出去, 本研究筛选变量的方法是将在单因素分析时发现差异有统计学意义的变量全部纳入 logistic 回归模型, 观察 $PM_{2.5}$ 暴露浓度对早产的影响情况。为避免不同孕期分组的 $PM_{2.5}$ 暴露值之间存在共线性的影响, 本研究在分析时将不同孕期暴露水平分别与调整变量纳入 logistic 回归模型进行分析。

结 果

1. 一般情况: 受孕日期在2013年1月1日至12月31日、在山西医科大学第一医院妇产科分娩的太原市区产妇共1882例, 剔除地址缺失、必要信息缺失并无法补回的样本6例(2例无坐标, 4例无编号)、年龄 < 20 岁的妊娠母亲13例、出生缺陷22例、死亡2例。有效样本量为1839例(有效率为97.71%)。孕妇年龄20~47岁, 平均 (29.52 ± 4.12) 岁; BMI = 13.67~35.16 (21.40 ± 3.12) kg/m²; 文化程度大专、本科及以上居多, 占53.73%。分娩方面单胎活产占97.50%。1839例样本中, 早产151例, 发生率为8.21% (151/1839), 其中轻度早产133例, 占88.08% (133/151); 极早早产和早期早产18例, 占11.92% (18/151)。

2. 大气细颗粒物 $PM_{2.5}$ 暴露与早产发生情况: 根据2013年与2014年在山西医科大学第一医院妇产科分娩的太原市区产妇分娩情况, 以及2013年与2014年太原市全年的 $PM_{2.5}$ 暴露情况, 2014年 $PM_{2.5}$ 暴露情况较2013年低; 2014年早产发生率较2013年低, 见图1。

3. 早产相关影响因素分析: 经过单因素 χ^2 检验, 早产与足月产儿在孕妇年龄、孕妇文化程度、孕前BMI、家庭月收入、分娩情况、孕前健康教育、孕期工作、妊娠期高血压疾病方面的差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表1。

4. 早产与 $PM_{2.5}$ 暴露的关联程度: 调整孕妇年龄、孕前BMI、家庭月收入、孕妇文化程度、孕前健康

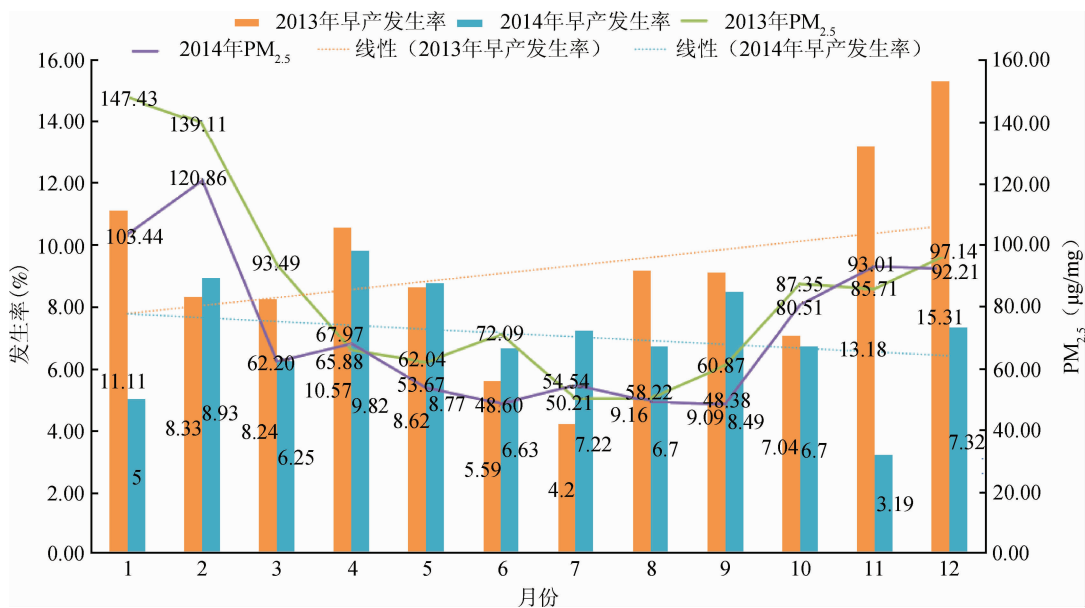


图1 2013年和2014年山西省太原市 $PM_{2.5}$ 月均值及同期产妇早产月发生率

表1 影响早产发生的单因素分析

变 量	足月产孕妇组 (n=1 688)	早产孕妇组 (n=151)	χ^2 值	P值	变 量	足月产孕妇组 (n=1 688)	早产孕妇组 (n=151)	χ^2 值	P值
孕妇年龄组(岁)					孕期每周运动时间(h)				
<25	151(8.94)	25(16.56)	10.912	0.004	<7	449(26.60)	48(31.78)	2.181	0.336
25~	1 376(81.52)	108(71.52)			7~	921(54.56)	74(49.01)		
≥35	161(9.54)	18(11.92)			>14	318(18.84)	29(19.21)		
孕妇文化程度					孕期工作				
高中、中专及以下	757(44.85)	94(62.25)	16.890	<0.001	否	820(48.58)	90(59.60)	6.739	0.009
大专、本科及以上	931(55.15)	57(37.75)			是	868(51.42)	61(40.40)		
孕妇孕前BMI(kg/m ²)					家里安装抽油烟机				
<18.5	296(17.54)	20(13.25)	11.039	0.004	否	842(49.88)	80(52.98)	0.532	0.466
18.5~	982(58.18)	76(50.33)			是	846(50.12)	71(47.02)		
≥23.9	410(24.28)	55(36.42)			怀孕季节				
家庭月收入(元)					春	306(18.13)	36(23.84)	3.296	0.348
<3 000	502(29.74)	64(42.38)	10.402	<0.001	夏	451(26.72)	35(23.18)		
≥3 000	1 186(70.26)	87(57.62)			秋	505(29.92)	42(27.81)		
初次分娩					冬	426(25.23)	38(25.17)		
否	768(45.50)	75(49.67)	0.971	0.324	分娩季节				
是	920(54.50)	76(50.33)			春	457(27.07)	42(27.81)	2.280	0.516
分娩情况					夏	501(29.68)	37(24.51)		
单胎	1 663(98.52)	130(86.09)	82.734*	<0.001	秋	451(26.72)	42(27.81)		
多胎	25(1.48)	21(13.91)			冬	279(16.53)	30(19.87)		
产前检查次数					患有妊娠期糖尿病				
<10	908(53.79)	75(49.67)	0.947	0.331	否	1 286(76.18)	109(72.19)	1.211	0.271
≥10	780(46.21)	76(50.33)			是	402(23.82)	42(27.81)		
接受过孕前健康教育					患有妊娠期高血压疾病				
否	1 054(62.44)	115(76.16)	11.262	<0.001	否	1 571(93.07)	94(62.25)	153.656	<0.001
是	634(37.56)	36(23.84)			是	117(6.93)	57(37.75)		

注：*通过连续校正 χ^2 公式计算所得；括号外数据为人数，括号内数为构成比(%)

教育、分娩情况、妊娠期高血压疾病、孕期工作情况后,结果显示,在分娩前第2周PM_{2.5}浓度暴露值每增加10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,发生早产的风险将会增加8.7%(OR=1.087, 95%CI: 1.001~1.182),发生轻度早产的风险将会增加9.9%(OR=1.099, 95%CI: 1.007~1.200),见表2。

5. 早产与PM_{2.5}暴露水平的关联程度: 经过调整变量后, logistic 回归分析显示, 分娩前第2周孕妇处于PM_{2.5}高暴露环境中, 发生早产的风险将会增加0.8%(OR=1.008, 95%CI: 1.000~1.017), 发生轻度早产的风险将会增加1.0%(OR=1.010, 95%CI: 1.001~1.018), 见表3。

讨 论

目前大气污染与早产关系日益受到研究者关注。有学者分析了WHO对22个国家2004—2008年PM_{2.5}暴露与不良妊娠关系进行调查的结果, 结果显示, 中国孕妇生活区PM_{2.5}浓度达到36.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 就开始对早

表2 早产与PM_{2.5}暴露的关联分析

PM _{2.5} 暴露每增加10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	早产 OR值(95%CI)	轻度早产 OR值(95%CI)	极早早产和早期早产 OR值(95%CI)
孕 期			
全部	0.869(0.608~1.240)	0.888(0.604~1.306)	0.850(0.322~2.244)
早	0.985(0.782~1.241)	0.932(0.723~1.202)	1.224(0.696~2.153)
中	0.929(0.804~1.073)	0.891(0.762~1.042)	1.199(0.806~1.783)
晚	0.971(0.779~1.209)	0.907(0.710~1.158)	1.298(0.791~2.129)
孕 周			
1	1.098(0.989~1.218)	1.089(0.974~1.217)	1.163(0.890~1.519)
2	0.955(0.886~1.029)	0.955(0.882~1.033)	0.935(0.750~1.164)
3	1.012(0.943~1.086)	1.024(0.971~1.103)	0.899(0.723~1.118)
4	0.998(0.932~1.067)	0.998(0.928~1.072)	0.997(0.834~1.192)
怀 孕 月 份			
1	1.019(0.928~1.120)	1.012(0.917~1.115)	1.060(0.796~1.412)
2	1.016(0.914~1.129)	1.047(0.939~1.168)	0.747(0.511~1.093)
3	0.987(0.896~1.086)	0.965(0.871~1.070)	1.235(0.956~1.595)
4	0.951(0.767~1.091)	0.918(0.770~1.096)	1.013(0.758~1.354)
5	1.030(0.868~1.222)	1.029(0.866~1.221)	1.123(0.820~1.536)
6	0.851(0.718~1.008)	0.852(0.719~1.338)	0.803(0.542~1.188)
分 娩 前			
第一周	0.945(0.870~1.027)	0.948(0.868~1.035)	0.921(0.750~1.131)
第二周	1.087(1.001~1.182)	1.099(1.007~1.200)	1.049(0.828~1.330)
第三周	0.954(0.875~1.040)	0.956(0.873~1.046)	0.931(0.732~1.184)
第四周	1.036(0.963~1.115)	1.012(0.937~1.094)	1.163(0.967~1.398)

注：*以正常分娩孕妇作为参照的调整后的OR值, 调整变量为孕妇年龄、孕前BMI、家庭月收入、孕妇文化程度、孕前教育、分娩情况、妊娠期高血压疾病、孕期工作情况

表3 早产与PM_{2.5}暴露水平的关联分析

PM _{2.5} (μg/m ³)	对照 例数	早产		轻度早产		极早早产和早期早产		
		病例数	OR值 ^a (95%CI)	病例数	OR值 ^a (95%CI)	病例数	OR值 ^a (95%CI)	
孕期								
全部								
<75	655	64	1.000	56	1.000	8	1.000	
≥75	1 033	87	0.986(0.952 ~ 1.022)	77	0.988(0.951 ~ 1.027)	10	0.984(0.931 ~ 1.084)	
早								
<75	730	69	1.000	59	1.000	10	1.000	
≥75	958	82	0.999(0.976 ~ 1.022)	74	0.993(0.968 ~ 1.019)	8	1.020(0.964 ~ 1.080)	
中								
<75	806	79	1.000	71	1.000	8	1.000	
≥75	882	72	0.993(0.978 ~ 1.007)	62	0.989(0.973 ~ 1.004)	10	1.018(0.979 ~ 1.060)	
晚								
<75	1 020	86	1.000	77	1.000	9	1.000	
≥75	668	65	0.997(0.975 ~ 1.019)	56	0.990(0.966 ~ 1.015)	9	1.026(0.977 ~ 1.079)	
孕周								
1								
<75	829	68	1.000	58	1.000	10	1.000	
≥75	859	83	1.009(0.999 ~ 1.020)	75	1.009(0.997 ~ 1.020)	8	1.015(0.988 ~ 1.043)	
2								
<75	913	78	1.000	68	1.000	10	1.000	
≥75	775	73	0.995(0.988 ~ 1.003)	65	0.995(0.988 ~ 1.003)	8	0.993(0.972 ~ 1.015)	
3								
<75	876	79	1.000	68	1.000	11	1.000	
≥75	812	72	1.001(0.994 ~ 1.008)	65	1.002(0.995 ~ 1.010)	7	0.989(0.968 ~ 1.011)	
4								
<75	888	72	1.000	61	1.000	11	1.000	
≥75	800	79	1.000(0.993 ~ 1.007)	72	1.000(0.993 ~ 1.007)	7	1.000(0.982 ~ 1.018)	
怀孕月份								
1								
<75	776	67	1.000	58	1.000	9	1.000	
≥75	912	84	1.002(0.993 ~ 1.011)	75	1.005(0.994 ~ 1.016)	9	1.006(0.977 ~ 1.035)	
2								
<75	713	69	1.000	58	1.000	11	1.000	
≥75	975	82	1.002(0.991 ~ 1.012)	75	0.996(0.986 ~ 1.007)	7	0.971(0.935 ~ 1.009)	
3								
<75	697	68	1.000	60	1.000	8	1.000	
≥75	991	83	0.999(0.989 ~ 1.008)	73	1.002(0.989 ~ 1.015)	10	1.021(0.996 ~ 1.048)	
4								
<75	796	75	1.000	68	1.000	7	1.000	
≥75	891	76	1.000(0.990 ~ 1.011)	65	1.001(0.990 ~ 1.013)	11	1.001(0.973 ~ 1.031)	
5								
<75	826	83	1.000	74	1.000	9	1.000	
≥75	861	68	0.998(0.987 ~ 1.010)	59	0.996(0.984 ~ 1.008)	9	1.012(0.980 ~ 1.044)	
6								
<75	883	89	1.000	80	1.000	9	1.000	
≥75	804	62	0.992(0.981 ~ 1.003)	53	0.993(0.982 ~ 1.005)	9	0.978(0.941 ~ 1.017)	
分娩前								
第一周								
<75	1 163	106	1.000	93	1.000	13	1.000	
≥75	525	45	0.994(0.986 ~ 1.003)	40	0.995(0.986 ~ 1.003)	5	0.992(0.981 ~ 1.012)	
第二周								
<75	1 171	99	1.000	87	1.000	12	1.000	
≥75	517	52	1.008(1.000 ~ 1.017)	46	1.010(1.001 ~ 1.018)	6	1.005(0.981 ~ 1.029)	
第三周								
<75	1 126	96	1.000	86	1.000	10	1.000	
≥75	562	55	0.993(0.984 ~ 1.004)	47	0.995(0.987 ~ 1.005)	8	0.993(0.969 ~ 1.017)	
第四周								
<75	1 139	97	1.000	89	1.000	8	1.000	
≥75	549	54	1.004(0.996 ~ 1.011)	44	1.001(0.993 ~ 1.009)	10	1.015(0.997 ~ 1.034)	

注：^a调整后的OR值，调整变量为孕妇年龄、孕前BMI、家庭月收入、孕妇文化程度、孕前教育、分娩情况、妊娠期高血压疾病、孕期工作情况

产产生影响^[8]。还有研究显示,孕中期PM_{2.5}浓度暴露水平每增加一个四分位数间距的量,早产发生风险增加12%^[4];全孕期PM_{2.5}暴露浓度每增加10 μg/m³,早产的风险增加10%^[9]。

本研究结果显示,PM_{2.5}暴露情况与早产之间可能存在一定关系,太原市区孕妇全孕期平均暴露浓度为(51.2~100.9) μg/m³,PM_{2.5}年均浓度高达71.9 μg/m³,远高于36.5 μg/m³。同时发现早产发生主要和孕晚期高浓度PM_{2.5}暴露密切相关,分娩前第2周PM_{2.5}浓度暴露每增加10 μg/m³,早产风险增加8.7%,轻度早产风险增加9.9%,早产发生风险随孕晚期PM_{2.5}暴露浓度升高而增大,与曾强等^[10]研究结果相一致,即PM_{2.5}高浓度暴露诱发早产风险增加。但就目前研究所见,早产发生风险增加究竟与孕期哪个阶段PM_{2.5}高浓度暴露有关?结论尚不一致。如Pereira等^[11]发现,早产发生风险增加与孕早期PM_{2.5}高浓度暴露有关;而Pereira等^[12]研究却发现早产发生风险增加与孕早期、孕中期、孕晚期及全孕期PM_{2.5}高浓度暴露都有关。本研究反距离加权法研究发现早产发生风险增加主要与孕晚期(尤其是分娩前半个月)PM_{2.5}高浓度暴露相关,所得结果与Hyder等^[5]利用地面监测和卫生监测方法研究所得结果一致。按照GB 3095—1996《中国环境空气质量标准》,本研究以PM_{2.5}浓度日均限值75 μg/m³为界,将孕妇分为PM_{2.5}高浓度暴露组和低浓度暴露组,调整孕妇年龄、孕前BMI、家庭月收入、孕妇文化程度等混杂变量后,也观察到孕妇在分娩前第2周处于PM_{2.5}高浓度暴露环境时,早产风险增加0.8%,轻度早产风险增加1.0%,提示孕妇在孕晚期,尤其是临产前半个月,处于PM_{2.5}高水平环境中将会增加胎儿早产风险。提示孕妇在孕晚期阶段所处环境的空气质量对其妊娠结局影响重大,应该引起重视。

由于客观研究条件所限,本研究样本仅选取了2013年受孕孕妇作为研究对象,然而2013年年末怀孕的孕妇分娩时间大约在2014年10月左右,根据图1可以发现2014年PM_{2.5}暴露水平较2013年低,致使不同孕妇暴露水平不均衡,这可能会掩盖或降低PM_{2.5}与早产之间的关联程度。为平衡由于年份不同而造成PM_{2.5}暴露水平差异过大的现象,进一步研究需要扩大样本量。

利益冲突 无

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[J]. JAMA, 2006, 295(10): 1127-1134. DOI: 10.1001/jama.295.10.1127.

[2] 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. DOI: 10.3969/j.issn.1003-6946.2005.11.001.

Xu ZH, Xu AQ, Zeng WY. The definition and classification of preterm birth [J]. J Pract Obstetr Gynecol, 2005, 21(11): 643-644. DOI: 10.3969/j.issn.1003-6946.2005.11.001.

[3] Beck S, Wojdyla D, Say L, et al. The worldwide incidence of preterm birth: a systematic review of maternal mortality and morbidity [J]. Bull World Health Organ, 2010, 88(1): 31-38. DOI: 10.2471/BLT.08.062554.

[4] 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. DOI: 10.1016/j.envres.2014.08.002.

[5] Hyder A, Lee HJ, Ebisu K, et al. PM_{2.5} exposure and birth outcomes: use of satellite- and monitor-based data [J]. Epidemiology, 2014, 25(1): 58-67. DOI: 10.1097/EDE.000000000000027.

[6] Blencowe H, Cousens S, Oestergaard MZ, et al. National, regional, and worldwide estimates of preterm birth rates in the year 2010 with time trends since 1990 for selected countries: a systematic analysis and implications [J]. Lancet, 2012, 379(9832): 2162-2172. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60820-4.

[7] 王玉璟. 空间插值算法的研究及其在空气质量监测中的应用 [D]. 开封: 河南大学, 2010.

Wang YJ. Research of spatial interpolation algorithm and its application in air quality monitoring [D]. Kaifeng: Henan University, 2010.

[8] Fleischer NL, Meriardi M, van Donkelaar A, et al. Outdoor air pollution, preterm birth, and low birth weight: analysis of the world health organization global survey on maternal and perinatal health [J]. Environ Health Perspect, 2014, 122(6): 425-430. DOI: 10.1289/ehp.1306837.

[9] Zhu XX, Liu Y, Chen YY, et al. Maternal exposure to fine particulate matter (PM_{2.5}) and pregnancy outcomes: a meta-analysis [J]. Environ Sci Pollut Res, 2015, 22(5): 3383-3396. DOI: 10.1007/s11356-014-3458-7.

[10] 曾强,李国星,潘小川. 大气污染与不良妊娠结局关系的研究进展 [J]. 中华流行病学杂志, 2014, 35(10): 1172-1176. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2014.10.022.

Zeng Q, Li GX, Pan XC. Research progress on the association of ambient air pollution and adverse birth outcomes: a review [J]. Chin J Epidemiol, 2014, 35(10): 1172-1176. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2014.10.022.

[11] Pereira G, Belanger K, Ebisu K, et al. Fine particulate matter and risk of preterm birth in Connecticut in 2000-2006: a longitudinal study [J]. Am J Epidemiol, 2014, 179(1): 67-74. DOI: 10.1093/aje/kwt216.

[12] Pereira G, Evans KA, Rich DQ, et al. Fine particulates, preterm birth, and membrane rupture in Rochester, NY [J]. Epidemiology, 2016, 27(1): 66-73. DOI: 10.1097/EDE.0000000000000366.

(收稿日期: 2015-10-09)

(本文编辑: 万玉立)