

doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2021.10.016

View this article at: <https://dx.doi.org/10.3978/j.issn.2095-6959.2021.10.016>

合肥市 2015—2017 年围产儿出生缺陷与大气污染的相关性

王佩茹¹, 刘杰², 姜同灿¹, 涂成城¹, 陈红波¹

(1. 安徽医科大学附属妇幼保健院妇产科, 合肥 230001; 2. 安徽医科大学公共卫生学院, 合肥 230001)

[摘要] 目的: 探究合肥地区大气污染与出生缺陷在早孕期的相关性, 为有效开展出生缺陷防控工作提供依据。方法: 通过中国妇幼卫生监测数据直报系统获取合肥市2015年10月至2017年9月分娩的48 131例围产儿数据, 其中出生缺陷儿1 530例; 调取合肥市10个空气监测站获得的大气污染物数据, 通过Spearman相关分析出生缺陷与各污染物浓度之间的相关性。结果: 研究期间出生缺陷发生率为31.79‰, 发生率前六位依次是先天性心脏病(9.49‰)、外耳其他畸形(2.87‰)、多指(趾)(2.16‰)、唇裂合并腭裂(1.56‰)、唐氏综合征(1.04‰)、先天性脑积水(0.91‰)。孕1个月二氧化氮(nitrogen dioxide, NO₂)、孕4个月可吸入颗粒物(particulate matter less than 10 μm in aerodynamic diameter, PM₁₀)及一氧化碳(carbon monoxide, CO)与先天性心脏病发生具有相关性。孕4个月PM₁₀、孕6个月CO与外耳其他畸形发生具有相关性。孕3个月CO、孕6个月臭氧(ozone, O₃)与唇裂合并腭裂的发生具有相关性。孕5个月NO₂与先天性脑积水发生具有相关性。结论: 部分孕月暴露于大气污染物与部分出生缺陷的发生具有相关性。

[关键词] 出生缺陷; 空气污染; 预防

Correlation of perinatal birth defects and air pollution in Hefei between 2015 and 2017

WANG Peiru¹, LIU Jie², JIANG Tongcan¹, TU Chengcheng¹, CHEN Hongbo¹

(1. Department of Obstetrics and Gynecology, Maternal and Child Health Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230001;

2. School of Public Health, Anhui Medical University, Hefei 230001, China)

Abstract **Objective:** To explore the correlation between air pollution and birth defects during early pregnancy in Hefei area, and provide a basis for effective prevention and control of birth defects. **Methods:** The data on 48 131 perinatal births delivered from October 2015 to September 2017 in Hefei were collected by using the direct report system of China's Maternal and Child Health Monitoring Data, including 1 530 cases of birth defects. We also collected data on ambient air pollution during the same period from 10 monitoring sites in Hefei to analyze the correlation between birth defects and the concentration of each pollutant by using Spearman correlation analysis. **Results:** The incidence of birth defects during the study period was 31.79‰, and the top six perinatal birth defects were congenital heart disease (9.49‰), external ear deformity (2.87‰), polydactyly (toe) (2.16‰), cleft lip and palate (1.56‰),

收稿日期 (Date of reception): 2020-07-09

通信作者 (Corresponding author): 陈红波, Email: chenhongbo@ahmu.edu.cn

Down's syndrome (1.04‰), and congenital hydrocephalus (0.91‰). The incidence of congenital heart disease was related to the exposure to nitrogen dioxide (NO_2) during the first month of pregnancy, particulate matter less than $10\text{ }\mu\text{m}$ in aerodynamic diameter (PM_{10}) and carbon monoxide (CO) during the fourth month of pregnancy. The incidence of external ear deformity was correlated with exposure to PM_{10} during the fourth month, CO during the sixth month of pregnancy. The incidence of cleft lip and palate was correlated with exposure to CO during the third month, and ozone (O_3) during the sixth month of pregnancy. The incidence of congenital hydrocephalus was correlated with exposure to NO_2 during the fifth month of pregnancy. **Conclusion:** Exposure to air pollutants during part of pregnancy is associated with the incidences of some birth defects.

Keywords birth defects; air pollution; prevention

出生缺陷也称先天性异常^[1],是指胚胎或胎儿在发育过程由遗传因素、不良环境因素或2种因素交互作用及其他不明原因所致的结构、功能、代谢等方面的异常,严重影响出生人口素质,因此有效开展出生缺陷防控工作已成为各级政府高度重视的公共卫生事业之一。越来越多的流行病学研究^[2]表明:孕期暴露于大气污染会对胚胎、胎儿产生严重不良影响。合肥市作为安徽省省会城市,随着城镇化进程的加快及快速的经济转型发展,经济在与日俱增的同时,空气污染问题也日益严重,雾霾发生天数位居全国前列^[3]。为此,本研究分析安徽省合肥市2015—2017年围产儿出生缺陷和大气污染情况,探究二者之间是否具有相关性,为制订干预方案提供理论依据,以降低出生缺陷发生率。

1 对象与方法

1.1 对象

1.1.1 围产儿资料

围产儿资料来源于安徽医科大学职业卫生与环境卫生学系课题组,在中国妇幼卫生监测数据直报系统登录合肥市妇幼保健系统获得。按照妇幼保健年报统计标准,以上年的10月初到本年的9月底为1个统计年度。收集末次月经及分娩日期均于2015年10月至2017年9月在合肥市监测医院上报的所有孕期居住于合肥市区且住院分娩的孕妇及围产儿,包括活产、死产、死胎、7 d内死亡和治疗性引产等,共48 131例,其中出生缺陷1 530例。

1.1.2 大气监测资料

由合肥疾病预防控制中心提供合肥市10个空气监测站所监测的6种大气污染物日监测数据,包括二氧化硫(sulfur dioxide, SO_2)、二氧化氮(nitrogen dioxide, NO_2)、可吸入颗粒物(particulate matter less than $10\text{ }\mu\text{m}$ in aerodynamic diameter, PM_{10})、一氧化碳(carbon monoxide, CO)、细颗粒

物(particulate matter less than $2.5\text{ }\mu\text{m}$ in aerodynamic diameter, $\text{PM}_{2.5}$)、臭氧(ozone, O_3)。其中 SO_2 , NO_2 , PM_{10} , CO, $\text{PM}_{2.5}$ 均为每日24 h平均浓度, O_3 为日最大8 h平均浓度。以日均浓度代表合肥市区每个研究对象孕期每天的暴露浓度,再分别计算出各污染物月平均暴露浓度。

1.2 监测方法

合肥市各监测医院统一参照《中国妇幼卫生监测工作手册》中的《中国出生缺陷医院监测方案》制定的23类主要出生缺陷的定义、临床特征、诊断标准对各出生缺陷进行诊断,并填写医疗机构出生缺陷儿登记卡和围产儿季报表,并按季度进行上报。

1.3 统计学处理

采用Excel软件建立数据库,采用SPSS 23.0进行统计处理。符合正态分布的污染物浓度采用均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,出生缺陷与各污染物浓度之间的相关性采用Spearman秩相关。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 孕妇基本情况

2015年10月至2017年9月合肥市监测医院共监测围产儿48 131例,其中出生缺陷儿1 530例,其中9例缺陷儿合并2种出生缺陷,出生缺陷发生率31.79‰。

2.2 围产儿主要出生缺陷种类及顺位

研究期间,发生率前十位依次是先天性心脏病(9.49‰)、外耳其他畸形(2.87‰)、多指(趾)(2.16‰)、唇裂合并腭裂(1.56‰)、唐氏综合征(1.04‰)、先天性脑积水(0.91‰)、肢体

短缩(0.89‰)、小耳包括无耳(0.81‰)、脐膨出(0.66‰)、唇裂(0.60‰; 表1)。

2.3 合肥市大气主要污染物情况

按每一年4个季度分别列出各大气污染物的日均浓度情况。由此看出, 第1、4季度中SO₂、NO₂、PM₁₀、CO、PM_{2.5}这5种污染物日平均浓度相对较高; 第2、3季度中O₃日最大8 h平均浓度相对较高(表2)。

2.4 大气污染物与出生缺陷的相关性分析

将末次月经按时间先后依次排序, 统计出各研究对象的受孕月份以及该月份下所发生的前

六顺位出生缺陷例数。将各研究对象在妊娠各月的污染物浓度进行Spearman相关分析, 结果显示在不同的孕月, 各污染物对不同出生缺陷的产生有影响。NO₂、PM₁₀、CO分别在孕1个月、孕4个月、孕4个月与先天性心脏病发生呈正相关, 其等级相关系数(rank correlation coefficient, r_s)分别是0.437、0.349、0.430($P<0.05$)。PM₁₀、CO分别在孕4个月、孕6个月与外耳其他畸形发生呈正相关, 其 r_s 分别是0.377、0.342($P<0.05$)。CO、O₃分别在孕3个月、孕6个月与唇裂合并腭裂的发生呈正相关, 其 r_s 分别是0.470、0.562($P<0.05$)。NO₂在孕5个月与先天性脑积水发生呈正相关, 其 r_s 是0.467($P<0.05$)。

表1 合肥市2015—2017年围产儿出生缺陷常见类别及顺位
Table1 Common categories and rank of perinatal birth defects in Hefei from 2015 to 2017

缺陷类型	例数	构成比/%	发生率/‰	顺位
先天性心脏病	457	29.69	9.49	1
外耳其他畸形	138	8.97	2.87	2
多指(趾)	104	6.76	2.16	3
唇裂合并腭裂	75	4.87	1.56	4
唐氏综合征	50	3.25	1.04	5
先天性脑积水	44	2.86	0.91	6
肢体短缩	43	2.79	0.89	7
小耳包括无耳	39	2.53	0.81	8
脐膨出	32	2.08	0.66	9
唇裂	29	1.88	0.60	10
尿道下裂	28	1.82	0.58	11
并指	27	1.75	0.56	12
马蹄内翻足	25	1.62	0.52	13
脊柱裂	21	1.36	0.44	14
无脑畸形	16	1.04	0.33	15
直肠肛门闭锁或狭窄	16	1.04	0.33	15
腭裂	12	0.78	0.25	16
先天性膈疝	12	0.78	0.25	16
脑膨出	9	0.58	0.19	17
腹裂	7	0.45	0.15	18
食道闭锁或狭窄	3	0.19	0.06	19
其他	352	22.87	7.31	—

表2 合肥市2015—2017年不同季度各污染物浓度

Table 2 Concentrations of pollutants in different seasons in Hefei from 2015 to 2017

季度	SO ₂ /(μg·m ⁻³)	NO ₂ /(μg·m ⁻³)	PM ₁₀ /(μg·m ⁻³)	CO/(mg·m ⁻³)	PM _{2.5} /(μg·m ⁻³)	O ₃ /(μg·m ⁻³)
第1季度	23.413 ± 5.31	35.715 ± 9.73	103.160 ± 32.31	1.061 ± 0.24	89.419 ± 31.62	63.228 ± 28.26
第2季度	16.753 ± 5.22	33.090 ± 10.11	100.497 ± 32.34	0.928 ± 0.14	64.256 ± 20.11	78.927 ± 34.99
第3季度	11.615 ± 4.36	24.415 ± 6.97	78.562 ± 19.04	0.865 ± 0.13	49.274 ± 13.62	76.802 ± 34.55
第4季度	21.403 ± 7.08	38.977 ± 10.69	113.132 ± 32.62	1.178 ± 0.21	86.265 ± 29.37	55.972 ± 28.89

3 讨论

出生缺陷是导致围产儿死亡的重要原因, 出生缺陷发生率也是衡量妇幼保健工作质量的重要指标。与合肥市2013年10月至2015年9月围产儿出生缺陷发生率(21.26‰)相比^[4], 2015年10月至2017年9月出生缺陷发生率(31.79‰)明显升高。分析原因可能是: 1)近年来各地区均加强出生缺陷监管工作, 积极主动开展三级预防; 2)随着产前诊断技术的完善, 疾病诊断率提高; 3)孕龄妇女主动通过互联网及大数据平台获取有效信息。

研究^[5-6]显示: 合肥市先天性心脏病发生率在近年来始终位居首位, 与国内绝大多数地区类似。而随着胎儿超声心动图等辅助技术的推广, 小儿外科、产科等多学科协作诊治模式的运用, 诊断先天性心脏病、提供全方位的后续治疗方案也越来越游刃有余。我国自2009年开始向广大农村人口推广免费孕期补充叶酸项目, 以减少围产儿神经管畸形的发生、提高优生优育意识。因此, 也有不少学者关注到孕期补充叶酸与先天性心脏病之间的关系。Feng等^[7]对1995—2013年围产期孕妇补充叶酸与发生先天性心脏病关系进行了荟萃分析, 结果显示补充叶酸有助于降低先天性心脏病的发生风险。而2015年挪威一项20年近60万的出生队列研究^[8]中, 有1 153例重症先天性心脏病, 研究结果并未发现围产期服用叶酸与降低先天性心脏病相关。同时有研究^[9]表明: 孕期发生妊娠期糖尿病、高同型半胱氨酸血症、感染风疹病毒、微小病毒B19、暴露于化学试剂及空气污染物等均是诱发先天性心脏病的高危因素。而近年来对先天性脑积水的研究^[10]则认为遗传机制是主要原因, 尤其是X-连锁脑积水是最常见的遗传形式。外耳畸形及多指(趾)发生率较前两年相比基本持平^[4], 始终保持在较高水平, 这可能是因为这些缺陷对新生儿的存活情况影响不大, 可在后期施行畸形矫正手术得以恢复, 这就使得较多的孕

妇在得知胎儿可能患有该类畸形时仍愿意继续妊娠。目前, 已有较多研究关注到先天性耳畸形与男性围产儿、孕妇孕期合并急慢性疾病、多产次以及孕妇低文化程度、孕期暴露于环境因素等密切相关^[11], 但很少研究具体与某一特定孕周、某种污染物之间的相关性。

黄暄等^[12]根据2014—2017年近四年合肥市空气质量数据分析得出, 影响空气质量的主要污染物是PM_{2.5}、PM₁₀, 而合肥市空气污染物主要来源于本地区家用燃料燃烧、工业活动、机动车尾气的不合理排放以及道路、建筑施工场地等产生的粉尘。PM₁₀可通过呼吸道进入人体循环系统影响体内脱氧核糖核酸(deoxyribonucleic acid, DNA)合成, 导致胎儿先天畸形^[13]。因此, 孕龄妇女需避免接触此类污染物来源。本研究结果显示合肥市空气污染较严重的是冬季, 这可能是因为合肥地区冬季温度相对较低, 污染物反应速率低, 而能源消耗需求量大。同时, 合肥历史上形成的部分电厂、钢铁厂选址不合理造成每年冬春季污染物随风侵袭下风口的大片居民, 而SO₂、NO₂是电厂的主要污染成分, 新生儿在出生前以及出生后暴露于高水平的SO₂、NO₂会通过氧化应激、免疫功能紊乱、胎儿DNA改变等多种机制诱发哮喘^[14]。这可能也恰好解释了合肥不是盆地、重工业并不是特别多, 但儿童哮喘发病率却位居全国前列^[15]。赵瑾珠^[16]发现出生缺陷的分布有明显季节聚集性, 在冬季受孕的妇女发生围产儿出生缺陷比例明显高于其他季节受孕的妇女, 且受孕季节仅对男性胎儿的出生缺陷发生率有影响, 这可能与男性性染色体没有同位基因互补有关。

目前我国主要采用以医院为基础的监测, 但受到不同地区各个医院诊断水平的影响, 监测结果会有偏差, 同时监测系统在上报时缺乏孕妇暴露信息的收集, 这样就限制了影响因素的深入研究^[17]。由于妊娠状态体内各种激素水平在短期内快速变化, 而使得个体免疫降低、易诱发感染

性疾病,从而可能导致出生缺陷^[18]。环境流行病学研究^[19]表明:孕期妇女暴露于空气污染物会增加出生缺陷风险这一观点已得到广泛认同,但具体到某种污染物以及主要毒性成分对各种妊娠结局的作用机制尚未明确,其中包括血流动力学反应,污染物使组织细胞发生氧化应激反应,或产生特定毒性。先前多数研究^[20]认为孕前后3个月暴露于大气污染物对胎儿发育畸形起着至关重要的影响,因此研究多集中于此窗口期。但本文对孕妇从孕1个月至分娩前的污染物进行分析,细化各个孕月以探究不同污染物在不同妊娠月份对出生缺陷的影响。本研究结果显示部分出生缺陷与不同污染物具有相关性,这可能是因为不同的污染物有不同的致病机制。2007—2014年台湾地区一项关于782例患有先天性心脏病的新生儿的病例对照研究^[21]结果显示:孕早期暴露于PM_{2.5}与发生房间隔缺损、肺动脉瓣狭窄呈显著正相关。黄彦红等^[22]通过Spearman相关分析发现PM₁₀浓度与先天性心脏病及血管瘤具有相关性,这与本研究结果基本一致。Zhou等^[23]一项对美国四个州新生儿腭裂与PM_{2.5}、O₃相关性的研究表明,PM_{2.5}是发生腭裂的危险因素,而并未发现腭裂与O₃的相关性。Lin等^[24]通过对台湾地区肢体缺陷儿做logistics回归分析发现孕早期暴露SO₂和O₃都会增加肢体缺陷的发生。西安市一项病例交叉研究^[25]发现:在多污染物模型中控制气象因素后,孕早期PM_{2.5}暴露水平与出生缺陷还可能存在负相关。Padula等^[26]研究结果也同样显示,当PM_{2.5}暴露水平为10.94~14.82 μg/m³时,先天性脑积水发生风险降低,这可能是由于胚胎对PM_{2.5}敏感,而在早期造成流产。不同地区、不同人群势必会造成结果上的一些差异,但总体上还是反映出空气污染物暴露会增加出生缺陷风险。

本研究通过回顾性资料调取分析了出生缺陷与大气污染的相关性,为出生缺陷的防范提供了理论依据。本研究结果显示在部分妊娠月份暴露于某种污染物与发生特定的出生缺陷之间的相关性,但未涉及机制,这在后续的研究中有待完善。出生缺陷防控工作需要全社会共同参与,各司其职,各级政府部门做好健康知识宣传、三级预防工作,孕龄妇女通过大数据平台获取有效信息提高自我保健意识、加强孕期产检,医院不断提高诊疗水平以提供有效的产前筛查和诊断,共同努力建设完善的监测系统。同时通过了解各季度污染物的情况,主动避免有害因素对胎儿的影响,对指导孕龄妇女选择适宜时机备孕具有重要意义。

参考文献

1. 中国卫生部. 中国出生缺陷防治报告(2012)[R]. 北京, 2012. Ministry of Health of the People's Republic of China. China Birth Defect Prevention Report (2012)[R]. Beijing, 2012.
2. Choi G, Stingone JA, Desrosiers TA, et al. Maternal exposure to outdoor air pollution and congenital limb deficiencies in the National Birth Defects Prevention Study[J]. Environ Res, 2019, 179(Pt A): 108716.
3. Yang J, Zhou M, Yin P, et al. Mortality as a function of dust-haze in China: a multi-city time-series study[J]. Lancet, 2016, 388: 19-28.
4. 姚慈将. 某市空气污染暴露与出生缺陷相关性的时间序列研究[D]. 合肥: 安徽医科大学, 2016. YAO Cijiang. Time-series study on the correlation with birth defects and air pollution exposure in a city[D]. Hefei: Anhui Medical University, 2016.
5. 林梅芳, 陈枫, 丁月华, 等. 158194例围产儿出生缺陷监测分析[J]. 中国卫生统计, 2019, 36(5): 748-750. LIN Meifang, CHEN Feng, DING Yuehua, et al. Analysis of 158194 cases of perinatal birth defects monitoring[J]. Chinese Journal of Health Statistics, 2019, 36(5): 748-750.
6. 张玉, 曾定元, 农铮, 等. 2013-2017年柳州地区出生缺陷监测结果分析[J]. 现代预防医学, 2019, 46(2): 249-252. ZHANG Yu, ZENG Dingyuan, NONG Zheng, et al. Analysis on dynamic prevalence of birth defects in Liuzhou city from 2013 to 2017[J]. Modern Preventive Medicine, 2019, 46(2): 249-252.
7. Feng Y, Wang S, Chen R, et al. Maternal folic acid supplementation and the risk of congenital heart defects in offspring: a meta-analysis of epidemiological observational studies[J]. Sci Rep, 2015, 5: 8506.
8. Leirgul E, Gildestad T, Nilsen RM, et al. Periconceptional folic acid supplementation and infant risk of congenital heart defects in Norway 1999-2009[J]. Paediatr Perinat Epidemiol, 2015, 29(5): 391-400.
9. 徐晶磊, 邱海燕, 吴军华, 等. 先天性心脏病非遗传致病因素及预后的研究进展[J]. 浙江医学, 2019, 41(18): 2029-2032. XU Jinglei, QIU Haiyan, WU Junhua, et al. Research progress on non-genetic pathogenic factors and prognosis of congenital heart disease[J]. Zhejiang Medical Journal, 2019, 41(18): 2029-2032.
10. 詹潮鸿, 张向阳, 肖格磊. 脑积水发病机制的研究进展[J]. 中南大学学报(医学版), 2019, 44(10): 1188-1195. ZHAN Chaohong, ZHANG Xiangyang, XIAO Gelei. Advances in research on the pathogenesis of hydrocephalus[J]. Journal of Central South University (Medical Sciences), 2019, 44(10): 1188-1195.
11. Zhu Y, Zhang C, Liu D, et al. Maternal ambient air pollution exposure preconception and during early gestation and offspring congenital orofacial defects[J]. Environmental Research, 2015, 140: 714-720.
12. 黄暄, 陈婷, 黄婧. 合肥市空气质量评价及其影响指标分析[J]. 电脑知识与技术, 2018, 14(32): 191-194.

- HUANG Xuan, CHEN Ting, HUANG Jing. Air quality evaluation and forecast in Hefei city and analysis of its influencing factors[J]. Computer Knowledge and Technology, 2018, 14(32): 191-194.
13. Vinikoor-Imler LC, Davis JA, Meyer RE, et al. Early prenatal exposure to air pollution and its associations with birth defects in a state wide birth cohort from North Carolina[J]. Birth Defects Res A Clin Mol Teratol, 2013, 97(10): 696.
 14. Veras MM, de Oliveira Alves N, Fajersztajn L, et al. Before the first breath: prenatal exposures to air pollution and lung development[J]. Cell Tissue Res, 2017, 367(3): 445-455.
 15. 陶天乐. 合肥市秋冬季PM_{2.5}污染特征及防控对策[J]. 资源节约与环保, 2018(2): 28-30.
 - TAO Tianle. Characteristics of PM_{2.5} pollution in autumn and winter in Hefei and its prevention and control countermeasures[J]. Resources Economization & Environmental Protection, 2018(2): 28-30.
 16. 赵瑾珠. 孕期空气污染物暴露对先天性心脏病的影响研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2018.
 - ZHAO Jinzhu. The relationship between air pollutants exposure during pregnancy and congenital heart defects[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2018.
 17. 赵一鸣, 史慧静. 出生缺陷监测进展[J]. 实用预防医学, 2019, 26(1): 125-127.
 - ZHAO Yiming, SHI Huijing. Advances in birth defects monitoring[J]. Practical Preventive Medicine, 2019, 26(1): 125-127.
 18. 何贤静, 吴爱辉, 李乐, 等. 新生儿先天性畸形的调查分析[J]. 河北医药, 2020, 42(6): 939-942.
 - HE Xianjing, WU Aihui, LI Le, et al. The investigation and analysis of congenital malformation of newborns[J]. Hebei Medical Journal, 2020, 42(6): 939-942.
 19. Saenen ND, Plusquin M, Bijmens E, et al. In utero fine particle air pollution and placental expression of genes in the brain-derived neurotrophic factor signaling pathway: an ENVIRONAGE birth cohort study[J]. Environ Health Perspect, 2015, 123(8): 834-840.
 20. Gianicolo EA, Mangia C, Cervino M, et al. Congenital anomalies among live births in a high environmental risk area--a case-control study in Brindisi (southern Italy)[J]. Environ Res, 2014, 128(1): 9-14.
 21. Huang CC, Chen BY, Pan SC, et al. Prenatal exposure to PM_{2.5} and congenital heart diseases in Taiwan[J]. Sci Total Environ, 2019, 655: 880-886.
 22. 黄彦红, 李静, 董爽, 等. 沈阳市2006—2010年三种大气污染与出生缺陷关系[J]. 中国公共卫生, 2017, 33(7): 1129-1131.
 - HUANG Yanhong, LJ Jing, DONG Shuang, et al. Associations of three air pollutants with birth defects in Shenyang city, 2006-2010[J]. Chinese Journal of Public Health, 2017, 33(7): 1129-1131.
 23. Zhou Y, Gilboa SM, Herdt ML, et al. Maternal exposure to ozone and PM_{2.5} and the prevalence of orofacial clefts in four US states[J]. Environ Res, 2017, 153: 35-40.
 24. Lin YT, Lee YL, Jung CR, et al. Air pollution and limb defects: a matched-pairs case-control study in Taiwan[J]. Environ Res, 2014, 132: 273-280.
 25. 章琦, 相晓妹, 宋辉, 等. 西安市2013-2015年产妇孕前期和孕早期空气污染物暴露对出生缺陷影响的病例交叉研究[J]. 中华流行病学杂志, 2017, 38(12): 1677-1682.
 - ZHANG Qi, XIANG Xiaomei, SONG Hui, et al. Relationship between exposure to air pollutants during pre-pregnancy or early pregnancy and birth defects in Xi'an, 2013-2015: a case crossover study[J]. Chinese Journal of Epidemiology, 2017, 38(12): 1677-1682.
 26. Padula AM, Tager IB, Carmichael SL, et al. Traffic-related air pollution and selected birth defects in the San Joaquin Valley of California[J]. Birth Defects Res A Clin Mol Teratol, 2013, 97(11): 730-735.

本文引用: 王佩茹, 刘杰, 姜同灿, 涂成城, 陈红波. 合肥市2015—2017年围产儿出生缺陷与大气污染的相关性[J]. 临床与病理杂志, 2021, 41(10): 2329-2334. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2021.10.016

Cite this article as: WANG Peiru, LIU Jie, JIANG Tongcan, TU Chengcheng, CHEN Hongbo. Correlation of perinatal birth defects and air pollution in Hefei between 2015 and 2017[J]. Journal of Clinical and Pathological Research, 2021, 41(10): 2329-2334. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2021.10.016