

重庆市0~5岁儿童出生缺陷空间地理分布及其与土壤化学元素关系的研究

董燕 钟朝晖 李红 李杰 王应雄 彭斌 张茂忠 黄巧 闫菊 徐飞龙

【摘要】 目的 探讨出生缺陷发生率与土壤化学元素含量的相关性,为筛选致病因子及其防治提供科学依据。方法 用MapInfo 7.0软件绘制33个研究区出生缺陷发生率和11种土壤化学元素含量水平的空间分布地图,将两变量地图叠加进行空间相关性分析;采用SAS 8.0软件做两者的单因子、多因子及主成分分析,并综合评价两者的关联程度。结果 出生缺陷发生率空间分布图与土壤化学元素铜(Cu)、铬(Cr)、碘(I)、硒(Se)、锌(Zn)含量异常的分布图呈一定程度的负相关,与铅(Pb)含量水平呈一定程度正相关;主成分回归方程提示:Cu(0.002)、砷(As)(-0.07)、镉(Cd)(0.05)、Cr(-0.001)、Zn(0.001)、I(-0.03)、Pb(0.08)、氟(F)(-0.002)元素含量的高低可能是影响出生缺陷患病率的重要因素。结论 出生缺陷发生率与土壤中Cu、Cr、I、Se、Zn、Pb的含量水平在空间地理分布上具有相关性,其中元素Cr、I、Pb可能是出生缺陷发生的原因之一。

【关键词】 出生缺陷;土壤;化学元素;地理信息系统;空间分布

Spatial distribution of birth defects among children aged 0 to 5 years and its relationship with soil chemical elements in Chongqing DONG Yan¹, ZHONG Zhao-hui¹, LI Hong², LI Jie², WANG Ying-xiong³, PENG Bin⁴, ZHANG Mao-zhong⁵, HUANG Qiao¹, YAN Ju¹, XU Fei-long⁴. 1 Department of Epidemiology, School of Public Health and Management, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China; 2 Institute of Science and Technology for Population and Family Planning; 3 Faculty of Basic Medical Sciences, 4 Department of Statistics, School of Public Health and Management, Chongqing Medical University; 5 Bureau of Geological Prospecting, Geological Brigade in Southeast of Sichuan
Corresponding author: ZHONG Zhao-hui, Email: zzhxb@qq.com

The work was supported by grants from the Chongqing Science and Technology Committee (No. 2011ggc503) and the Chongqing Population and Family Planning Research Institute of Science and Technology (No. [2010]22).

【Abstract】 Objective To explore the correlation between the incidence of birth defects and the contents of soil elements so as to provide a scientific basis for screening the related pathogenic factors that inducing birth defects for the development of related preventive and control strategies. **Methods** MapInfo 7.0 software was used to draw the maps on spatial distribution regarding the incidence rates of birth defects and the contents of 11 chemical elements in soil in the 33 studied areas. Variables on the two maps were superposed for analyzing the spatial correlation. SAS 8.0 software was used to analyze single factor, multi-factors and principal components as well as to comprehensively evaluate the degrees of relevance. **Results** Different incidence rates of birth defects showed in the maps of spatial distribution presented certain degrees of negative correlation with anomalies of soil chemical elements, including copper, chrome, iodine, selenium, zinc while positively correlated with the levels of lead. Results from the principal component regression equation indicating that the contents of copper (0.002), arsenic (-0.07), cadmium (0.05), chrome (-0.001), zinc (0.001), iodine (-0.03), lead (0.08), fluorine(-0.002) might serve as important factors that related to the prevalence of birth defects. **Conclusion** Through the study on spatial distribution, we noticed that the incidence rates of birth defects were related to the contents of copper, chrome, iodine, selenium, zinc, lead in soil while the contents of chrome, iodine and lead might lead to the occurrence of birth defects.

【Key words】 Birth defects; Soil, Chemical elements; Geographic information system; Spatial distribution

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2013.10.008

基金项目:重庆市科技攻关计划(2011ggc503);重庆市人口和计划生育科学技术研究院资助项目(渝人计研发[2010]22号)

作者单位:400016 重庆医科大学公共卫生与管理学院流行病学教研室(董燕、钟朝晖、黄巧、闫菊),基础医学院(王应雄),公共卫生与管理学院统计教研室(彭斌、徐飞龙);重庆市人口和计划生育科学技术研究院(李红、李杰);重庆市地勘局川东南地质大队(张茂忠)

通信作者:钟朝晖, Email: zzhxb@qq.com

出生缺陷是由胚胎发育紊乱引起的机体形态、结构、功能、代谢、精神、行为等方面的异常^[1]。2002—2010年我国出生缺陷发生率总体呈上升趋势^[2]。随着5岁以下婴幼儿死亡率的下降,出生缺陷发生率的逐年上升已成为影响人口素质和儿童健康的重要公共卫生问题^[3]。出生缺陷的发生是由遗传因素、环境因素以及两者相互作用或其他不明原因共同导致。因此深入认识出生缺陷发病与环境因素的关系,对其防治有十分重要意义。为此本研究利用地理信息系统相关技术和统计分析方法^[4],研究重庆市0~5岁儿童出生缺陷患病率与土壤化学元素含量分布规律的空间相关关系及相互关联程度,初步探索影响出生缺陷的环境致畸因素。

资料与方法

1. 出生缺陷患病率资料:2010年7—8月按照多阶段分层按比例整群混合抽样方法选择调查对象。重庆市按经济发展的一小时经济圈、渝东北翼和渝东南翼分为三层;第一阶段在每层内按比例随机抽取16个区(县);第二阶段采用单纯随机抽样方法,在每个区(县)抽取1个街道、2个乡镇;第三阶段在每个乡镇(街道)抽取2个村(居委会),抽样方法同第二阶段。共确定96个调查点。采用集中调查和入户调查相结合的方式,由调查人员在现场对调查对象进行体格检查和病史询问,对所抽中调查点全部0~5岁组常住(在当地居住时间 ≥ 3 个月)儿童(包括围生期胎婴儿)进行出生缺陷患病情况调查;对出生后死亡、死胎、死产、病理性引产者采用回顾性调查方式,从医疗部门获取相关临床资料,确认死亡原因^[5]。除体表性先天畸形外,其余出生缺陷的诊断必须经县级以上医院确诊;县级医院不能确诊者组织市级临床专家会诊,并登记最终诊断为出生缺陷的患儿。重点调查疝、多(并)指(趾)、隐睾、先天性心脏病、漏斗胸、脑瘫等38种先天性出生缺陷。调查人员均参加过统一培训。

2. 土壤化学元素含量资料:根据中国地质调查局多目标地球化学调查规范,以行政村为单位,采集表层土壤样品的基本网格为1 km²,每个基本网格内采集1件土壤样品,采样深度为0~20 cm,样重1 kg;应用土壤地图确定采样点,每件样品由基本网格内的3~5个点上的等量土壤混合而成,当网格内有居民耕作土时,适当增加农作物根系土的采样密度,每个基本网格内布设5~8个采样点。所有样品使用不锈钢铲采集,保存于专用采样袋,并做记录。

检测时称取0.5 g风干样品,依次加入10 ml 盐酸、15 ml 硝酸、10 ml 氢氟酸、5 ml 高氯酸,再加热消解定容至50 ml,用国家地质分析中心的电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)检测土壤样品中铜(Cu)、锌(Zn)、碘(I)、硒(Se)、铅(Pb)、砷(As)、镉(Cd)、铬(Cr)、氟(F)、汞(Hg)、镍(Ni)11种化学元素的含量水平。

3. 样本分析点的确定:土壤化学元素含量数据是本研究与重庆市地质勘探局合作测得,加之发生出生缺陷是小概率事件。因此在进行空间和统计分析时,将以行政乡镇(街道)为单位,且选取以人群为基础的出生缺陷基线调查和地质勘探局测定数据中均抽中的乡镇(街道)作为样本点,共计33个。计算33个样本点平均出生缺陷患病率值和平均土壤元素含量值,并以四分位数间距的上、下四分位数分别作为出生缺陷高发区和低发区范围值。

4. 绘制地图:利用MapInfo 7.0软件将出生缺陷患病和土壤元素含量资料与相应的行政区域进行匹配,建立相应的空间数据库和属性数据库,并绘制出生缺陷患病率分布图和土壤元素含量分布图。将两变量地图叠加进行空间相关性分析,根据出生缺陷患病率分布图中极端值与土壤元素分布图中极端值的对应关系,判断出可能的致病因子。

5. 统计学分析:采用Excel 2007软件整理与核查数据,统计软件SAS 8.0分析单因素、多因素及主成分。通过相关分析判断各自变量间是否存在较强的线性相关,如存在,则用主成分分析并提取因子代替原变量进行回归分析,主成分的数量则根据主成分累积贡献率($>65\%$)及特征值大小(>1)综合判断^[6]。

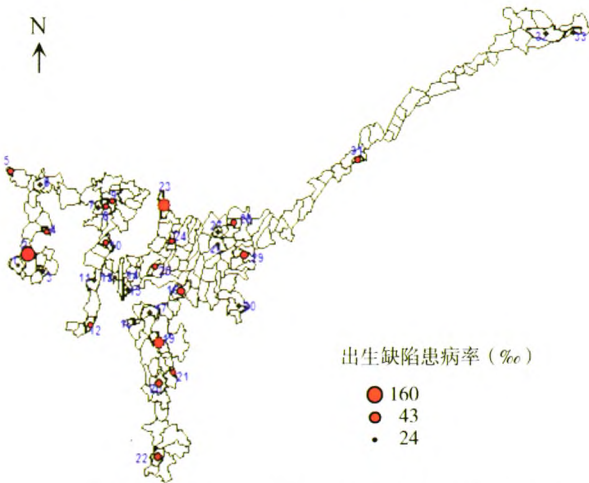
结 果

1. 出生缺陷患病率:共调查儿童9874人,无应答555人,无应答率为5.62%。发现出生缺陷患儿371例。各乡镇(街道)出生缺陷平均患病率为42.00‰。调查点内各地区出生缺陷患病率有明显差异,较高地区(宝顶、茨竹、跳石) $>100\%$,其中宝顶镇为155.56‰(表1)。

2. 出生缺陷患病率地图:调查区内南北部出生缺陷患病率高的乡镇(街道)较为集中,如渝北区茨竹镇、巴南区跳石镇出生缺陷患病率均 $>100\%$;东西部出生缺陷患病率相对较低,但大足区宝顶镇($>100\%$)除外。另外同一个区出生缺陷患病率的分布存在明显差异,如巴南区鱼洞街道出生缺陷患病率 $<24.00\%$,而毗邻的跳石镇则患病率很高(图1)。

表 1 重庆市部分乡镇(街道)儿童出生缺陷患病率(‰)

调查点	患病率	调查点	患病率	调查点	患病率
龙岗	15.69	璧城	28.30	凤城	12.76
宝顶	155.56	打通	62.02	渡舟	23.12
金山	21.51	古南	58.91	双龙	43.81
寿桥	40.08	三角	37.33	李渡	58.66
花岩	31.64	跳石	125.00	同乐	26.39
梓潼	20.64	鱼洞	5.21	忠州	39.41
合阳	20.33	南泉	23.26	永安	25.16
钓鱼城	38.46	木洞	66.67	朱衣	25.86
云门	39.88	茨竹	127.95	土主	16.03
八塘	47.58	回兴	30.83	渝碛路	27.78
健龙	32.24	古路	29.41	小龙坎	28.57



注:大足区:1(龙岗),2(宝顶),3(金山);潼南县:4(寿桥),5(花岩),6(梓潼);合川区:7(合阳),8(钓鱼城),9(云门);璧山县:10(八塘),11(璧城),12(健龙);沙坪坝区:13(土主),14(渝碛路),15(小龙坎);巴南区:16(木洞),17(南泉),18(鱼洞),19(跳石);綦江区:20(古南),21(三角),22(打通);渝北区:23(茨竹),24(古路),25(回兴);长寿区:26(凤城),27(渡舟),28(双龙);涪陵区:29(李渡),30(同乐);忠县:31(忠州);奉节县:32(朱衣),33(永安)

图 1 重庆市部分乡镇(街道)出生缺陷患病率分布

3. 出生缺陷患病率与土壤化学元素含量分布地图:运用MapInfo 7.0软件绘制出生缺陷患病率和土壤元素含量分布叠加地图。对比地图发现,出生缺陷患病率和土壤化学元素含量分布之间存在的趋势:①在As、Cd、Zn、Cr、Se、Pb、F、Hg元素含量的高值区和低值区均存在高出生缺陷患病率,提示这些土壤元素含量过高或过低均有可能增加出生缺陷的发生;②出生缺陷患病率的空间分布与土壤元素含量异常分布存在相关性,如与Cu、Cr、Zn、I、Se元素水平呈负相关,其中以Cu、I、Cr的空间关联性较明显,与Pb含量水平则呈正相关,提示这些元素含量的变化可能与出生缺陷的高发有一定关系(图2~7);③綦江县打通镇Cu、Cd、Zn、Cr、Se、Ni、I、Ni元素含量均最高,提示该镇出生缺陷患病率相对较高与土壤这些化学元素含量过高有一定关系;④在出生缺陷患病率高发的跳石、茨竹、宝顶镇,Cu、Cr、I、Ni、

Se、Hg元素含量均处于对应的中低水平,Cd、Pb则处于元素含量的中偏高水平,提示该两镇上述化学元素含量水平可能是出生缺陷高发的一个危险因素;在出生缺陷患病率极低的巴南区鱼洞街道,大部分土壤化学元素含量处于中等水平。

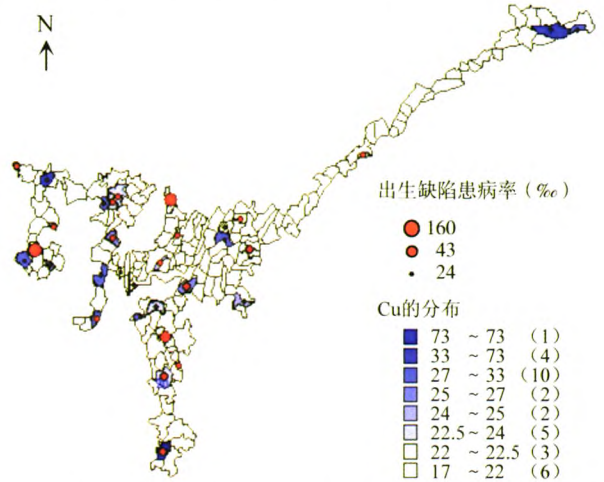


图 2 重庆市部分乡镇(街道)土壤Cu元素含量(µg/g)与出生缺陷患病率分布叠加地图

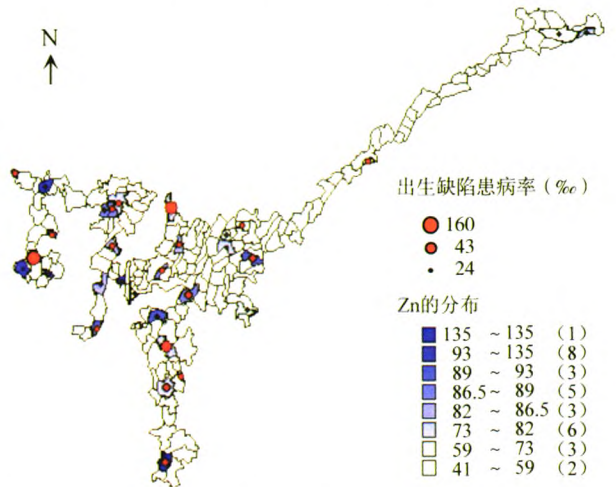


图 3 重庆市部分乡镇(街道)土壤Zn元素含量(µg/g)与出生缺陷患病率分布叠加地图

4. 出生缺陷发生率与土壤元素含量的关系:单因素分析结果表明,Cu、As、Cd、Zn、Cr、Se、F、Hg元素含量与缺陷发生率间呈弱负相关,Pb则呈弱正相关关系。其中Cu、Zn、Cr、I($P=0.021$)、Pb的相关系数分别为-0.341、-0.192、-0.211、0.401、0.213。说明虽然土壤环境中单个元素含量与出生缺陷存在线性相关,但如果用单个元素去估算出生缺陷发生率,其解释程度还较为有限。

将实测的10种土壤元素含量作为自变量,与出生缺陷患病率进行多因素线性回归拟合(单因素分析中Ni的相关系数为-0.002,相较其他元素非常小,

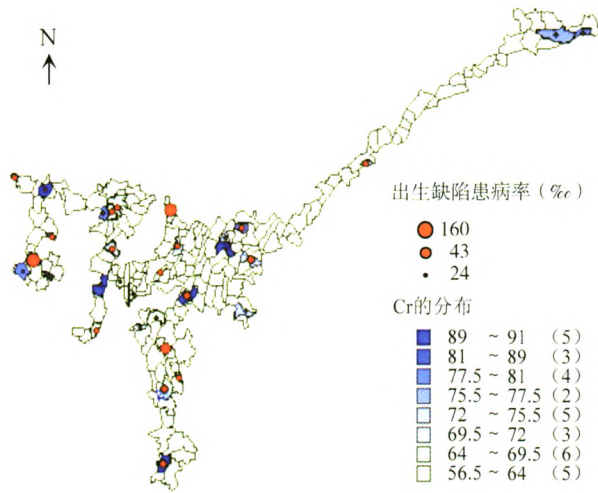


图4 重庆市部分乡镇(街道)土壤Cr元素含量(μg/g)与出生缺陷患病率分布叠加地图

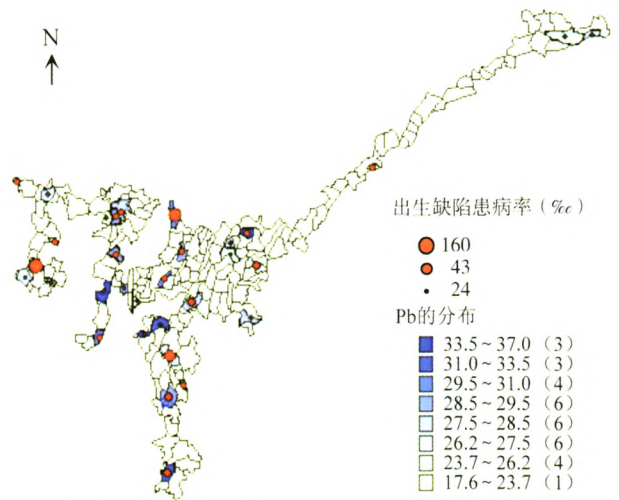


图7 重庆市部分乡镇(街道)土壤Pb元素含量(μg/g)与出生缺陷患病率分布叠加地图

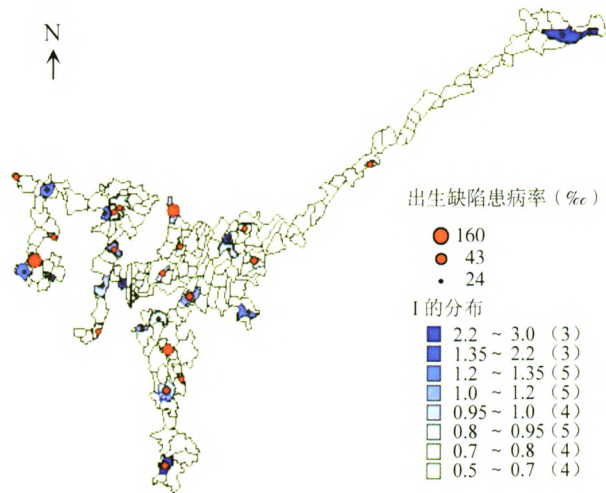


图5 重庆市部分乡镇(街道)土壤I元素含量(μg/g)与出生缺陷患病率分布叠加地图

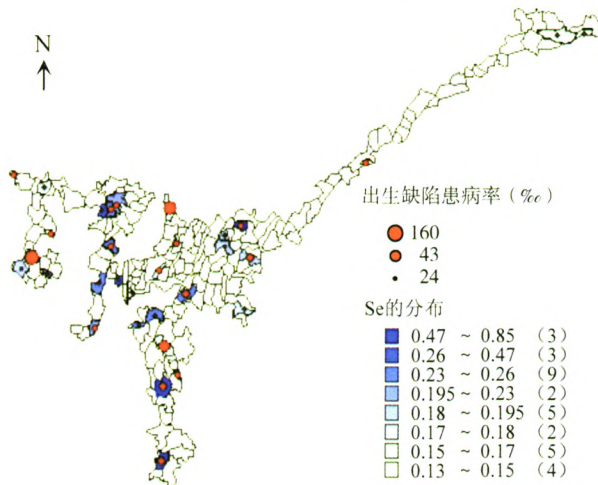


图6 重庆市部分乡镇(街道)土壤Se元素含量(μg/g)与出生缺陷患病率分布叠加地图

贡献率之和达 69.67%，舍弃贡献率较小的 4~10 个主成分矩阵(表 2)。用主成分 $Z_1 \sim Z_3$ 与出生缺陷进行回归分析得回归方程

$$Y = 42.00 - 1.45Z_1 + 1.14Z_2 + 2.14Z_3 \quad (1)$$

式中 Y 为缺陷发生率。由于在进行上述统计过程中舍去了 4~10 个主成分，等于消除了自变量之间的相关性对回归结果的影响。再将各变量实测值代入得主成分回归方程

$$Y = 42.00 + 0.002Cu - 0.007As + 0.05Cd + 0.001Zn - 0.001Cr - 0.03I + 0.0009Se + 0.08Pb - 0.002F + 0.0007Hg \quad (2)$$

式(2)中系数表明，缺陷患病率与 Cu、Cd、Zn、Se、Pb、Hg 元素含量呈正相关，与 As、Cr、I、F 含量呈负相关。其中对出生缺陷患病率贡献较大的 Cu、As、Cr、Zn、I、Pb 元素含量可能是出生缺陷患病率的重要影响因素。

表2 土壤各元素3个主成分的矩阵

主成分	Z_1	Z_2	Z_3	主成分	Z_1	Z_2	Z_3
Cu	0.44	0.16	-0.60	I	-0.42	-0.19	0.14
As	0.45	-0.12	0.08	Se	0.08	0.41	0.55
Cd	0.20	0.46	-0.17	Pb	0.03	0.54	0.36
Zn	0.35	0.20	-0.50	F	0.39	-0.31	0.16
Cr	0.31	-0.53	-0.13	Hg	-0.50	0.33	-0.48

讨 论

已有学者发现土壤环境化学元素与出生缺陷的发生在空间上有一定联系，但目前其致病机制尚不清楚^[7,8]。因此研究重庆地区土壤元素含量与出生缺陷的空间分布关系对出生缺陷的防治具有重要意义。

本研究发现，土壤环境中 Cu、Zn、Cr、I、Se、Pb 元素含量的分布趋势与出生缺陷患病率存在空间差异

故舍去)。首先对自变量进行主成分分析，并计算出自变量的主成分矩阵，由于前 3 个主成分 $Z_1 \sim Z_3$ 的

性, Cu、Cr、Zn、I、Se 含量较高地区, 其出生缺陷患病率较低, Pb 含量偏高的地区是出生缺陷患病率的高发区。与国内相关研究存在异同^[6,7,9]。

Cu、Cr、Zn、I、Se 均是人体内必需微量元素。如元素 Cu 是人体内赖氨酸酰氧化酶、络氨酸酶等含铜酶的活性成分, 孕妇缺乏可引起赖氨酸酰氧化酶活性降低, 导致早产、羊膜早破等; 动物试验证实, 妊娠期母鼠元素 Cu 摄入不足可导致胚胎宫内发育迟缓、畸形甚至胎鼠死亡^[10]。Cr³⁺ 是葡萄糖耐量因子中心活性成分, 是糖、脂代谢中所必需的微量元素, 孕妇缺乏可降低胎儿糖耐量, 引起胎儿宫内发育迟缓, 增加出生缺陷的发生风险^[11]。元素 Zn 是人体内多种酶和核酸的组成部分, 孕期缺乏可使核酸合成减少, 蛋白质合成缓慢, 造成胎儿组织和器官的发育迟缓, 导致宫内死胎、先天畸形、宫内发育迟缓等^[12], 有研究证实缺锌组小鼠胚胎腭裂发生的可能性大于正常组或高锌组^[13]。I 是合成甲状腺激素的重要元素, 孕期缺碘可影响胎儿神经、肌肉发育及引起胚胎期和围生期婴儿死亡率上升, 有调查表明孕期补碘可预防出生缺陷的发生^[14]。Pb 是现代工业国家广泛应用的有害重金属元素, 有学者认为低剂量 Pb 暴露与自然流产的发生率存在明显剂量反应关系^[15]。

研究还发现, 在出生缺陷高发的綦江县打通镇其土壤化学元素含量除 Pb、Hg 外, 其他元素含量均为最高, 推测可能与该地煤矿资源丰富有关。以往研究表明^[16], 矿区土壤对重金属元素有富集性和迁移性, 土壤重金属元素通过迁移链(岩石-土壤-食物)进入人体, 严重影响胚胎组织的器官、系统发育, 但目前对矿区土壤化学元素的研究主要集中在 Cd、As 和 Se 等微量元素^[17]。因此煤炭中化学元素含量是否导致该地区出生缺陷的高发还需要结合相关病理学知识进一步探讨。

综上所述, 重庆市土壤环境化学元素 Cu、Cr、Zn、Se、I、Pb 含量水平与儿童出生缺陷发病水平在空间地理分布上具有一致性; 统计学分析表明, 出生缺陷患病率可能与 Cu、As、Cd、Zn、Cr、I、Pb、F 化学元素含量有关系, 故本研究筛选出 Cr、I、Pb 元素含量对出生缺陷患病率影响最大。但由于本文为生态学研究, 仅能作为病因的初探, 尚需通过进一步深入研究加以证实。

参 考 文 献

[1] Zhang L, Chen G, Zheng XY, et al. Present status and future trend of persons with disability caused by birth defect in China. *J Int Reprod Health/Fam Plan*, 2011, 30(3): 190-194. (in Chinese) 张蕾, 陈功, 郑晓瑛, 等. 中国出生缺陷致残现状与预测. 国际生殖健康/计划生育杂志, 2011, 30(3): 190-194.

[2] Ministry of Public Health in China. Promote birth population quality and reduce birth deficiency and deformity action plan of China. *Chin J Reprod Health*, 2002, 13(3): 98-101. (in Chinese) 中华人民共和国卫生部. 中国提高出生人口素质、减少出生缺陷和残疾行动计划(2002-2010年). 中国生育健康杂志, 2002, 13(3): 98-101.

[3] Ministry of Public Health China. Birth defects prevention report in China(2012). *Chin Pharmacy*, 2012, 23(39): 3693. (in Chinese) 中华人民共和国卫生部. 中国出生缺陷防治报告(2012). 中国药房, 2012, 23(39): 3693.

[4] Zhou XN, Yang GJ, Yang K, et al. Progress and trends of spatial epidemiology in China. *Chin J Epidemiol*, 2011, 32(9): 854-858. (in Chinese) 周晓农, 杨国静, 杨坤, 等. 中国空间流行病学的发展历程与发展趋势. 中华流行病学杂志, 2011, 32(9): 854-858.

[5] Huang Q, Zhong ZH, Li J, et al. Birth defects among children aged 0-4 in Chongqing in 2010. *Chin J Prev Med*, 2012, 46(6): 547-550. (in Chinese) 黄巧, 钟朝晖, 李杰, 等. 2010年重庆市0~4岁儿童出生缺陷状况. 中华预防医学杂志, 2012, 46(6): 547-550.

[6] Zhang KL, He YW, Zheng XY, et al. Research on the relationship between areas with high prevalence of birth defects and earth elements. *Chin J Epidemiol*, 2008, 29(12): 1273-1275. (in Chinese) 张科利, 何艳微, 郑晓瑛, 等. 中国出生缺陷高发区出生缺陷发生率与土壤微量元素关系的分析. 中华流行病学杂志, 2008, 29(12): 1273-1275.

[7] Zhang ZD, Zhang KL, Wu JL, et al. Spatial information analysis of characteristics of soil trace element contents in high incidence areas of birth defects. *Chin J Zhejiang Uni: Agric & Life Sci*, 2008, 34(6): 684-691. (in Chinese) 张卓栋, 张科利, 武继磊, 等. 出生缺陷高发区土壤微量元素含量特征的空间信息分析. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2008, 34(6): 684-691.

[8] Qu HM, Yu GW. The research development of the relation between birth defects and native environment. *Chin J Public Health*, 2010, 26(1): 31-32. (in Chinese) 曲红梅, 于国伟. 出生缺陷与原生环境关系研究进展. 中国公共卫生, 2010, 26(1): 31-32.

[9] Zhang KL, Peng WY, He YW, et al. Analysis on trace element of geochemical environment in high prevalence area of birth defects. *Chin J Public Health*, 2007, 23(1): 54-56. (in Chinese) 张科利, 彭文英, 何艳微, 等. 出生缺陷高发区地球化学环境中微量元素分析. 中国公共卫生, 2007, 23(1): 54-56.

[10] Hurley LS. Teratogenic aspects of manganese, zinc and copper nutrition. *Physiol Rev*, 1981, 61: 248-295.

[11] Jovanovich L, Gutierrez M, Peterson CM. Chromium supplementation for women with gestational diabetes. *J Trace Elem Exp Med*, 1999, 12(1): 91-98.

[12] Uri-Adams JY, Keen CL. Zinc and reproduction: effects of zinc deficiency on prenatal and early postnatal development. *Birth Defects Res B Dev Reprod Toxicol*, 2010, 89(4): 313-325.

[13] Wang F, Song QG, Wang B, et al. Study of the relationship between microelement zinc of mother and the cleft palate of fetus in mice. *J Oral Sci Res*, 2012, 28(3): 210-212. (in Chinese) 王芳, 宋庆高, 王斌, 等. 小鼠孕酮摄入量与其子代腭裂发生关系研究. 口腔医学研究, 2012, 28(3): 210-212.

[14] Tang Y, Wang Q, Tang R, et al. Analysis on nutritional state of iodine and urine iodine among pregnancy and non-pregnancy Women. *Chin J Fam Plan*, 2009(1): 39-40. (in Chinese) 唐毅, 汪勤, 唐荣, 等. 妊娠期与非妊娠期妇女碘营养状况尿碘分析. 中国计划生育学杂志, 2009(1): 39-40.

[15] Borja-aburto VH, Herta-Piccioletto I, Rojas Lopez M, et al. Blood lead levels measured prospectively and risk of spontaneous abortion. *Am J Epidemiol*, 1999, 150(6): 590-597.

[16] Wang XY, Yang J, Guo HX, et al. Study on heavy metals in soil contaminated by coal waste rock pile. *Chin J Coal Soci*, 2006, 31(6): 808-812. (in Chinese) 王心义, 杨建, 郭慧霞, 等. 矿区煤矸石堆放引起土壤重金属污染研究. 煤炭学报, 2006, 31(6): 808-812.

[17] Cheng JL, Cheng JL. The baseline model establishment of heavy metal pollution in the top soil of Yanzhou mining area. *Chin J Coal Soci*, 2008, 33(10): 1137-1140. (in Chinese) 程建光, 程久龙. 兖州矿区表层土壤重金属污染基线模型的建立. 煤炭学报, 2008, 33(10): 1137-1140.

(收稿日期: 2013-06-12)

(本文编辑: 张林东)