

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2021.15.009  
文章编号: 1005-8982 (2021) 15-0048-06

妇科疾病专题·论著

## 产妇多环芳烃暴露水平与子代8-羟基脱氧鸟苷水平的相关性\*

阿力亚·于散<sup>1</sup>, 尔西丁·买买提<sup>1</sup>, 鲁英<sup>2</sup>

(1. 新疆医科大学公共卫生学院, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 海南医学院, 海南 海口 571199)

**摘要:** **目的** 探讨产妇多环芳烃 (PAHs) 暴露水平与子代8-羟基脱氧鸟苷 (8-OHdG) 水平的关系。**方法** 选取新疆医科大学第五附属医院采暖期(2018年12月—2019年3月)和非采暖期(2019年6月—2019年10月)产妇各90例及其新生儿作为研究对象。对产妇进行流行病学调查; 通过酶水解-液相色谱-质谱联用仪检测产妇尿液中1-羟基芘(1-OHP)、2-羟基萘(2-OHN)、9-羟基菲(9-OHPhe)、3-羟基苯并(a)芘(3-OHBaP)的水平; 采用酶联免疫吸附试验 (ELISA) 检测新生儿脐带血中8-OHdG水平; 采用Pearson法分析产妇与新生儿PAHs与8-OHdG的相关性。**结果** 采暖期组产妇尿液中1-OHP、2-OHN、3-OHBaP及新生儿血清8-OHdG的水平均高于非采暖期组 ( $P < 0.05$ ); 两组产妇尿液中9-OHPhe比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。Pearson相关分析显示, 产妇尿液中2-OHN ( $r = 0.215$ )、3-OHBaP ( $r = 0.199$ )与新生儿血清8-OHdG呈正相关 (均  $P < 0.05$ ), 产妇尿液中1-OHP ( $r = 0.027$ )、9-OHPhe ( $r = 0.097$ )与新生儿血清8-OHdG无相关性 (均  $P > 0.05$ )。**结论** 乌鲁木齐市孕妇多环芳烃暴露可能致新生儿DNA氧化损伤。**关键词:** 多环芳烃; 8-羟基脱氧鸟苷; 氧化损伤; 产妇; 新生儿  
**中图分类号:** R715 **文献标识码:** A

## Study on correlation between maternal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and 8-hydroxydeoxyguanosine level in offspring\*

Yusan Aliya<sup>1</sup>, Maimaiti Erxiding<sup>1</sup>, Ying Lu<sup>2</sup>

(1. College of Public Health, Xinjiang Medical University, Urumqi, Xinjiang 830011, China;  
2. Hainan Medical College, Hainan, Haikou 571199, China)

**Abstract: Objective** To explore the relationship between maternal polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) exposure and 8-hydroxydeoxyguanosine (8-OHdG) levels in offspring. **Methods** Maternal and newborn in the heating period (December 2018 to March 2019) and the non-heating period (20 June 2019 to October 2019) of the Fifth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University in Urumqi City were selected as the research objects. The epidemiological investigation of the parturient was carried out; the levels of 1-OHP, 2-OHN, 9-OHPhe, and 3-OHBaP in the urine of the parturient were detected by enzymatic hydrolysis-liquid chromatography-mass spectrometry; the enzyme-linked immunosorbent assay was used (ELISA) to detect the level of 8-OHdG in neonatal cord serum; Pearson correlation was used to analyze the correlation between PAHs and 8-OHdG in maternal and neonates. **Results** The urine levels of 1-OHP, 2-OHN, 3-OHBaP, and neonatal serum 8-OHdG in the heating period

收稿日期: 2021-01-09

\* 基金项目: 国家自然科学基金(No.: 81960580)

[通信作者] 鲁英, E-mail: 316139862@qq.com; Tel: 0991-4362437

group were higher than those in the non-heating period group ( $P < 0.05$ ); compared with 9-OHPhe, the difference was not statistically significant ( $P > 0.05$ ). Pearson correlation analysis showed that 2-OHN ( $r = 0.215$ ) and 3-OHBaP ( $r = 0.199$ ) in the urine of parturients were positively correlated with neonatal serum 8-OHdG ( $P < 0.05$ ). There was no correlation between 1-OHP ( $r = 0.027$ ) and 9-OHPhe ( $r = 0.097$ ) in urine and 8-OHdG in neonatal serum ( $P > 0.05$ ). **Conclusions** Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in pregnant women in Urumqi may cause oxidative damage to neonatal DNA.

**Keywords:** polycyclic aromatic hydrocarbons; 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine; oxidative stress; parturient; infant, newborn

多环芳烃 (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs) 是由 2~7 个不等的苯环组成的线状、角状或团状的化学结构物, 主要是由于含碳化合物不完全燃烧或在石化燃料的使用过程中产生的, 是重要的环境和食品污染物。已知 PAHs 在人体代谢过程中能产生大量活性氧<sup>[1]</sup>, 氧化应激反映了活性氧 (reactive oxygen species, ROS) 产生和积累之间的平衡失调, 过量产生 ROS 对细胞生理有负面影响<sup>[2]</sup>。羟基自由基是最多的 ROS, 通过形成 8-羟基脱氧鸟苷 (8-hydroxy-2'-deoxyguanosine, 8-OHdG) 参与 DNA 损伤<sup>[3]</sup>。在 ROS 引起的多种类型氧化修饰中, 8-OHdG 已被广泛用于 DNA 氧化性损伤的敏感标记<sup>[4]</sup>。研究表明<sup>[5]</sup>, 8-OHdG 是检测各种癌症和退行性疾病的良好生物标志物。

目前的研究重点转向同时检测多种 PAHs 羟基代谢产物<sup>[6]</sup>, 更全面地分析和评价 PAHs 在人体内的暴露情况, 如 1-羟基芘 (1-OHP)、2-羟基萘 (2-OHN)、9-羟基菲 (9-OHPhe)、3-羟基苯并(a)芘 (3-OHBaP)。乌鲁木齐市南北狭长, 三面环山, 不利于污染物扩散, 而且采暖期长达半年。本研究检测乌鲁木齐市采暖期和非采暖期产妇尿液中 PAHs 羟基代谢产物的水平, 以及新生儿脐带血中 8-OHdG 水平, 并对产妇进行问卷调查, 探讨采暖期与非采暖期 PAHs 暴露与 8-OHdG 的关系, 为进一步开展健康评价、制定合理的环境卫生政策、开展环境有害物质早期宫内暴露的预防工作提供依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

选取新疆医科大学第五附属医院采暖期 (2018 年 12 月—2019 年 3 月) 产妇 90 例及其新生儿 (采暖

期组) 和非采暖期 (2019 年 6 月—2019 年 10 月) 产妇 90 例及其新生儿 (非采暖期组)。纳入标准: 在当地居住时间 > 1 年; 无急、慢性疾病的孕妇; 无家族遗传病史; 孕期无服用人工流产药物史; 无异常分娩史。排除标准: 长时间吸烟、饮酒; 患有急、慢性疾病 (高血压、传染病); 家族遗传病史; 孕期服用人工流产的药物; 糖尿病史。本研究所有产妇均签署知情同意书。

### 1.2 仪器与试剂

全自动酶标仪 Infinite F50 (瑞士帝肯上海贸易有限公司), TG16-W 离心机 (湖南湘仪实验室仪器开发有限公司), 电热恒温鼓风 DHG 干燥箱 (上海一恒科学仪器有限公司), 艾本德 P10、P100、P1000 移液器 (上海右一仪器有限公司), BSM120.4 天平 (上海卓精电子科技有限公司), 人 8-OHdG ELISA 试剂盒 (上海将来实业股份有限公司)。

### 1.3 问卷调查内容

对调查员进行统一培训, 产妇入院后由调查员负责一对一的访谈。问卷内容: ① 产妇及其配偶的一般情况, 包括年龄、民族、文化程度等; ② 生活及环境状况, 包括家庭燃料类型、住房与马路距离、房子通风状况、家庭采暖方式、饮食习惯等; ③ 新生儿生长发育指标, 包括身高、体重、头围、胸围、新生儿评分等。

### 1.4 PAHs 羟基代谢产物水平的检测

尿杯收集产妇的中段尿 40 ml。通过酶水解-液相色谱-质谱联用仪检测产妇尿液中 PAHs 羟基代谢产物的水平, 取 5.0 ml 尿液加葡萄糖醛酸芳基硫酸酯酶水解, 固相萃取柱、纯化浓缩后, 检测尿液中 1-OHP、2-OHN、9-OHPhe、3-OHBaP 水平。

### 1.5 酶联免疫吸附试验(ELISA)检测新生儿8-OHdG水平

收集新生儿脐带血 10 ml, 在 30 min 之内以 3 500 r/min 离心 5 min。离心后取上清液, 用微量移液器将上清液移入 EP 管中,  $-80^{\circ}\text{C}$  冰箱冷冻保存。采用 ELISA 法检测新生儿 8-OHdG 水平。血清样本  $4^{\circ}\text{C}$  静置 30 min 自然解冻, 3 000 r/min 离心 5 min, 取上清液。分别在酶标板上设置空白孔、待测样本孔及标准品孔, 在  $37^{\circ}\text{C}$  恒温箱温育 1 h 后用洗涤液洗板, 每孔加入  $50\ \mu\text{l}$  显色剂,  $37^{\circ}\text{C}$  下避光显色 15 min 后每孔加  $50\ \mu\text{l}$  的终止液, 终止反应。空白孔的波长调零, 样品孔的波长调  $450\ \text{nm}$ , 依序测量各孔的光密度 (OD) 值。加入终止液后 15 min 之内进行检测; 根据标准物的浓度与 OD 值计算出标准曲线的直线回归方程式, 把样品的 OD 值代入方程式, 计算出样品浓度, 再乘以稀释倍数, 即

为样品的实际浓度。操作过程严格按照试剂盒使用说明书进行。

### 1.6 统计学方法

数据处理采用 SPSS22.0 统计软件。计量资料以均数  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 比较采用  $t$  检验; 计数资料以构成比或率 (%) 表示, 比较用  $\chi^2$  检验; 相关性分析采用 Pearson 法。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组产妇一般人口学特征比较

采暖期组和非采暖期组产妇的年龄、学历、被动吸烟比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 两组民族构成比的比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。见表 1。

表 1 两组产妇一般人口学特征比较 [n=90, 例(%)]

组别	年龄			民族		学历			被动吸烟	
	15~25岁	>25~35岁	>35~42岁	汉族	少数民族	小学及以下	中学	大专及以上	否	是
采暖期组	6(6.7)	81(90.0)	3(3.3)	85(94.4)	5(5.6)	0(0.0)	12(13.3)	78(86.7)	68(75.6)	22(24.4)
非采暖期组	6(6.7)	78(86.7)	6(6.7)	77(85.6)	13(14.4)	2(2.2)	11(12.2)	77(85.6)	63(70.0)	27(30.0)
$\chi^2$ 值		1.057			3.951			2.050		0.701
P 值		0.590			0.047			0.359		0.402

### 2.2 两组产妇怀孕期间生活环境及饮食状况比较

两组产妇怀孕期间的做饭燃料类型、住房与马路距离、房子通风状况、家庭采暖方式、近期有过装修、食用海产品、食用蔬菜和水果及经常吃烧烤、油炸食品构成比的比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 两组食用豆、乳制品构成比的比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。见表 2。

### 2.3 两组新生儿一般情况的比较

两组新生儿共 180 例, 其中, 男性 93 例, 女性 87 例。两组新生儿身高、体重、胸围、新生儿评分比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 头围、胎龄比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 3。

### 2.4 两组产妇尿液中 PAHs 羟基代谢产物水平的比较

两组产妇尿液中 1-OHP、2-OHN、3-OHBaP 水平的比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 采暖

期组高于非采暖期组; 两组产妇尿液中 9-OHPhe 水平比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 4。

### 2.5 两组新生儿血清 8-OHdG 水平的比较

采暖期组新生儿 8-OHdG 水平为  $(108.06 \pm 13.13)\ \text{ng/ml}$ , 非采暖期组新生儿 8-OHdG 水平为  $(58.37 \pm 34.23)\ \text{ng/ml}$ , 两组比较, 差异有统计学意义 ( $t=12.858, P=0.000$ ), 采暖期组高于非采暖期组。

### 2.6 产妇尿液中 PAHs 羟基代谢产物与新生儿血清 8-OHdG 的相关性

Pearson 相关分析显示, 产妇尿液中 2-OHN 水平 ( $r=0.215, P=0.006$ ), 3-OHBaP 水平 ( $r=0.199, P=0.009$ ) 与新生儿血清 8-OHdG 水平呈正相关; 产妇尿液中 1-OHP 水平 ( $r=0.027, P=0.737$ )、9-OHPhe 水平 ( $r=0.097, P=0.208$ ) 与新生儿血清 8-OHdG 水平无相关性。

表 2 两组产妇怀孕期间的生活环境及饮食状况比较 [n=90, 例(%)]

组别	做饭燃料类型			住房与马路距离			房子通风状况		
	电磁炉	煤气	煤球	很远	较近	马路旁边	很好	良好	较差
采暖期组	18(20.0)	70(77.8)	2(2.2)	9(10.0)	65(72.2)	16(17.8)	70(77.8)	20(22.2)	0(0.0)
非采暖期组	13(14.4)	77(85.6)	0(0.0)	7(7.8)	54(60.0)	29(32.2)	72(80.0)	18(20.0)	0(0.0)
$\chi^2$ 值	1.118			5.022			0.133		
P 值	0.572			0.081			0.715		

  

组别	家庭采暖方式			近期有过装修		食用海产品			
	暖气	炉子	电力	否	是	每天	经常	很少	不吃
采暖期组	87(96.7)	2(2.2)	1(1.1)	78(86.7)	12(13.3)	1(1.1)	10(11.1)	61(67.8)	18(2.0)
非采暖期组	89(98.9)	1(1.1)	0(0.0)	84(93.3)	6(6.7)	2(2.2)	9(10.0)	64(71.1)	15(16.7)
$\chi^2$ 值	1.356			2.222		0.731			
P 值	0.508			0.136		0.866			

  

组别	食用豆、乳制品				食用蔬菜和水果				经常吃烧烤、油炸食品	
	每天	经常	很少	不吃	每天	经常	很少	不吃	是	否
采暖期组	8(8.9)	21(23.3)	49(54.4)	12(13.3)	57(63.3)	29(32.2)	3(3.3)	1(1.1)	9(10.0)	81(90.0)
非采暖期组	9(10.0)	50(55.6)	24(26.7)	7(7.8)	51(56.7)	36(40.0)	1(1.1)	2(2.2)	3(3.3)	87(96.7)
$\chi^2$ 值	21.781				2.421				3.214	
P 值	0.000				0.490				0.073	

表 3 两组新生儿一般情况比较 (n=90,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	身高/cm	体重/kg	头围/cm	胸围/cm	新生儿评分	胎龄/周
采暖期组	47.00 ± 1.99	3.45 ± 0.45	34.18 ± 1.88	33.31 ± 1.91	9.22 ± 0.49	39.17 ± 1.06
非采暖期组	48.14 ± 2.21	3.59 ± 0.36	34.28 ± 2.04	34.23 ± 1.78	9.39 ± 0.51	39.45 ± 0.88
t 值	3.646	2.305	0.341	3.342	2.225	1.967
P 值	0.000	0.022	0.734	0.001	0.027	0.051

表 4 两组产妇尿液中 PAHs 羟基代谢产物水平的比较 (n=90,  $\bar{x} \pm s$ , ng/ml)

组别	1-OHP	2-OHN	9-OHPhe	3-OHBaP
采暖期组	0.79 ± 1.69	0.81 ± 0.82	0.54 ± 0.87	0.56 ± 0.59
非采暖期组	0.39 ± 0.75	0.47 ± 0.32	0.50 ± 0.46	0.35 ± 0.38
t 值	2.015	3.393	0.441	2.708
P 值	0.045	0.001	0.660	0.007

### 3 讨论

PAHs 是环境中普遍存在的一种污染物, 主要来源于工业生产中煤、木材等的不完全燃烧, 机动车尾气和日常生活中的烹调油烟、烧烤、烟草烟雾等, 可以通过呼吸道、消化道、皮肤接触等途径进入人体, 具有一定的神经毒性、免疫毒性

和致癌性, 与人群健康关系密切<sup>[7-8]</sup>。在儿童早期发育中, PAHs 可通过胎盘和乳汁进入胎儿或婴儿体内, 引起胚胎发育期遗传物质损伤和神经发育异常。研究表明许多 PAHs 可通过胎盘屏障进入子代体内, 而妊娠期是个体发育的关键时期, 这个阶段造成的损伤很可能会延续到出生后较长时间, 甚至成人期<sup>[9]</sup>。

研究表明<sup>[10]</sup>, 早期暴露于空气污染会增加全身氧化应激反应。氧化应激被认为参与了空气污染对人类健康的影响机制。8-OHdG 是氧化应激的一个敏感指标, 也是机体内 ROS 介导的 DNA 氧化损伤产物。在 ROS 介导的 DNA 氧化损伤过程中, 鸟苷是 DNA 核碱基中最易被氧化的碱基, 羟基自由基和超氧阴离子会直接攻击 DNA 分子中鸟嘌呤碱基的第 8 位碳原子, 从而生成氧化性加合物 8-

OHdG。因此，8-OHdG被广泛认为是DNA氧化损伤标志物之一<sup>[11-12]</sup>。PAHs代谢物通过与DNA之间的共价键及由单电子氧化还原循环形成的ROS自由基进行代谢，并引起氧化损伤。有研究证明PAHs暴露的焦炉工人的8-OHdG代谢水平上升<sup>[13]</sup>。此外，汽车尾气中常含颗粒多环芳烃和蒽醌，有研究发现非吸烟人群汽车尾气暴露8 h后8-OHdG水平增长3倍，提示氧化损伤激增<sup>[14]</sup>。

乌鲁木齐市空气污染是由特殊的地形、气象特点及城市的经济等因素造成的。有研究显示<sup>[15]</sup>，乌鲁木齐市冬季PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>和一氧化碳等主要污染物的平均浓度高于夏季，且冬季为三级轻度及以上污染，城北高于城南。本研究为了全面反应PAHs暴露水平，选择了1-OHP、2-OHN、9-OHPhe和3-OHBaP等羟基代谢产物作为PAHs的暴露指标。GRAINGER等<sup>[16]</sup>研究报道，美国成年人冬季尿液中尿肌酐1-OHP、2-OHflu水平为0.04 μmol/mol和0.25 μmol/mol（由于上述研究中的检测介质和浓度单位与本文不同，所以不能直接做量的比较，仅可作为参考）。有研究<sup>[17-18]</sup>结果显示，乌鲁木齐市采暖期PAHs水平高于非采暖期，且家庭供暖燃料方式、生活环境、饮食习惯及居主与马路距离等是PAHs的主要来源，并会提高PAHs的浓度。本研究结果表明，采暖期组产妇尿液中1-OHP、2-OHN、9-OHPhe、3-OHBaP水平高于非采暖期组产妇，两组产妇尿液中9-OHPhe水平比较，差异无统计学意义；采暖期组新生儿血清8-OHdG水平高于非采暖期组。该结果与谭强<sup>[19]</sup>和方建龙<sup>[20]</sup>的研究结果一致。

研究表明，在职业暴露人群中包括焦炉工人、铸造工人和公共汽车维修工人中，DNA损伤的标志物8-OHdG与PAHs之间有相关性，但在非职业人群中无相关性<sup>[21-24]</sup>。本研究Pearson相关结果表明，产妇尿液中的2-OHN、3-OHBaP与新生儿血清8-OHdG呈正相关，该结果与秦晓蕾等<sup>[25]</sup>和GREVENDONK等<sup>[26]</sup>的研究一致；产妇尿液中的1-OHP、9-OHPhe与新生儿血清8-OHdG无相关性，其原因可能是样本量不足，或因涉及到8-OHdG形成由个体性别、代谢等生理因素，生活方式及环境暴露等因素的影响。

综上所述，PAHs暴露水平与8-OHdG有一定

相关性，PAHs暴露可能导致DNA氧化损伤。

#### 参考文献：

- [1] YU D, BERLIN J A, PENNING T M, et al. Reactive oxygen species generated by PAH o-quinones cause change-in-function mutations in p53[J]. *Chemical Research in Toxicology*, 2002, 15(6): 832-842.
- [2] VOLODYMYR I L. Free radicals, reactive oxygen species, oxidative stress and its classification[J]. *Chemico-Biological Interactions*, 2014, 224: 164-175.
- [3] BHATTACHARYA S. Reactive Oxygen Species and Cellular Defense System[M]//RANI V, YADAV UCS. *Free Radicals in Human Health and Disease*. New Delhi: Springer, 2015: 17-29.
- [4] SUN J, LOU X D, WANG H D. et al. Serum 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-oxo-dG) levels are elevated in diabetes patients[J]. *International Journal of Diabetes in Developing Countries*, 2015, 35(3): 368-373.
- [5] VALAVANIDIS A, VLACHOGIANNI T, FIOTAKIS C. 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG): a critical biomarker of oxidative stress and carcinogenesis[J]. *Journal of Environmental Science and Health*, 2009, 27(1/4): 120-139.
- [6] 王茜, 郑国颖, 刘英莉, 等. 大气PM<sub>2.5</sub>中18种多环芳烃的高效液相色谱分析方法[J]. *环境与职业医学*, 2016, 33(3): 74-78.
- [7] 董少霞, 丁昌明, 张美云, 等. 胎儿宫内多环芳烃暴露水平及其母婴暴露关系研究[J]. *卫生研究*, 2009, 38(3): 339-342.
- [8] SAMAR B. Bioactive eicosanoids: role of prostaglandin F<sub>2α</sub> and F<sub>2</sub>-isoprostanines in inflammation and oxidative stress related pathology[J]. *Mol Cells*, 2010, 30(5): 383-391.
- [9] 梁铁群, 张风华. 多环芳烃对儿童早期发育的神经毒性效应分析[J]. *中国妇幼保健*, 2016, 31(23): 5217-5219.
- [10] SONG J, CHEN Y, WEI L, et al. Early-life exposure to air pollutants and adverse pregnancy outcomes: protocol for a prospective cohort study in Beijing[J]. *BMJ Open*, 2017, 7(9): 11452-11459.
- [11] di MINNO A, TURNU L, PORRO B, et al. 8-Hydroxy-2'-deoxyguanosine levels and cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis of the literature[J]. *Antioxidants and Redox Signalling*, 2016, 24(10): 548-555.
- [12] DĄBROWSKA N, WICZKOWSKI A. Analytics of oxidative stress markers in the early diagnosis of oxygen DNA damage[J]. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 2017, 26(1): 155-166.
- [13] 朴恩谊, 徐立红. 8-OHdG在医学领域的应用与研究进展[J]. *中国细胞生物学报*, 2012(5): 493-499.
- [14] WEI Y J, HAN I K, HU M, et al. Personal exposure to particulate PAHs and anthraquinone and oxidative DNA damages in humans[J]. *Chemosphere*, 2010, 81(10): 1280-1285.
- [15] 赵克明. 焚风对乌鲁木齐冬季大气污染的影响探析[D]. 兰州: 兰州大学, 2016.
- [16] GRAINGER J, HUANG W L, PATTERSON D G, et al.

- Reference range levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in the US population by measurement of urinary monohydroxy metabolites[J]. *Environmental Research*, 2006, 99(3): 394-423.
- [17] 依再提古丽·外力, 王明力, 杨建军, 等. 2015—2018年乌鲁木齐市PM<sub>2.5</sub>及PM<sub>10</sub>时空分布特征[J]. *环境科学研究*, 2020(8): 1749-1757.
- [18] 杨倩, 鲁英, 邱碧清, 等. 乌鲁木齐市孕产妇和新生儿体内芳香烃受体浓度及影响因素分析[J]. *新疆医科大学学报*, 2016, 39(1):93-96.
- [19] 谭强, 陈伯宁, 于莹莹, 等. 学龄儿童尿中8-羟基脱氧鸟苷水平与交通干道大气污染关系的研究[J]. *环境与职业医学*, 2011, 28(2): 63-67.
- [20] 方建龙, 徐东群, 刘力, 等. 太原市采暖期和非采暖期农村和城市居民尿中8-羟基脱氧鸟苷水平的比较研究[J]. *环境与健康杂志*, 2012, 29(2): 131-133.
- [21] SAUVAIN J J, SETYAN A, WILD P, et al. Biomarkers of oxidative stress and its association with the urinary reducing capacity in bus maintenance workers[J]. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 2011, 6(1): 18.
- [22] KUANG D, ZHANG W Z, DENG Q F, et al. Dose-response relationships of polycyclic aromatic hydrocarbons exposure and oxidative damage to DNA and lipid in coke oven workers[J]. *Environmental Science & Technology*, 2013, 47(13): 7446-7456.
- [23] LIU H H, LIN M H, CHAN C I, et al. Oxidative damage in foundry workers occupationally co-exposed to PAHs and metals[J]. *International Journal of Hygiene & Environmental Health*, 2010, 213(2): 93-98.
- [24] FAN R F, WANG D L, MAO C W, et al. Preliminary study of children's exposure to PAHs and its association with 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine in Guangzhou, China[J]. *Environment International*, 2012, 42: 53-58.
- [25] 秦晓蕾. PAHs多途径暴露的健康风险评估和生物标志物的研究[D]. 天津: 天津医科大学, 2013.
- [26] GREVENDONK L, JANSSEN B G, VANPOUCKE C, et al. Mitochondrial oxidative DNA damage and exposure to particulate air pollution in mother-newborn pairs[J]. *Environmental Health*, 2016, 15(1): 10.

(张蕾 编辑)

**本文引用格式:** 阿力亚·于散, 尔西丁·买买提, 鲁英. 产妇多环芳烃暴露水平与子代8-羟基脱氧鸟苷水平的相关性[J]. *中国现代医学杂志*, 2021, 31(15): 48-53.

**Cite this article as:** ALIYA YUSAN, ERXIDING MAIMAITI, LU Y. Study on correlation between maternal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and 8-hydroxydeoxyguanosine level in offspring[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2021, 31(15): 48-53.