

哈尔滨市新生儿脐血中多环芳烃水平及影响因素

孟琪¹, 王艳梅², 徐宁², 付饶¹, 孙卓如¹, 杨伟浩¹, 董淑英¹

摘要: [目的] 了解哈尔滨市新生儿多环芳烃(PAHs)负荷水平, 探索其影响因素。[方法] 于2013年4—9月在哈尔滨某医院随机选择孕妇-新生儿200对, 收集孕妇和新生儿的基本信息, 抽取孕妇产时新生儿脐带血, 采用气相色谱-质谱联用检测新生儿脐带血中18种多环芳烃的含量, 采用Spearman秩相关分析影响新生儿PAHs水平的暴露因素。[结果] 新生儿脐带血中可检出18种PAHs, 其中致癌PAHs检出7种。苯并[a]蒽和蒽检出率分别为63%和74%, 其余5种致癌PAHs检出率均在80%以上, 7种致癌PAHs质量浓度之和市区(中位数, 13.90 μg/L; $P_{25} \sim P_{75}$, 4.87~20.12 μg/L)明显高于郊区(中位数, 7.01 μg/L; $P_{25} \sim P_{75}$, 2.39~14.00 μg/L) ($P < 0.05$)。Spearman秩相关分析表明, 脐带血中4种非致癌性PAHs(萘、菲、蒽、荧蒽)和5种致癌性PAHs(蒽、苯并[a]蒽、苯并[a]芘、二苯并[a, h]蒽、茚并[1, 2, 3-cd]芘)质量浓度的升高与孕妇居住在市区、居住地附近有主干道、孕期被动吸烟、摄入PAHs高的饮食结构有关($P < 0.05$)。[结论] 哈尔滨市新生儿脐血中可检测出多种致癌PAHs, 并且孕妇居住在市区、居住地附近有主干道、孕期被动吸烟、摄入PAHs高的饮食结构是新生儿PAHs暴露的危险因素。

关键词: 多环芳烃; 新生儿; 脐带血; 气相色谱-质谱联用

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Levels in Umbilical Cord Blood of Newborns and Risk Factors in Harbin MENG Qi¹, WANG Yan-mei², XU Ning², FU Rao¹, SUN Zhuo-ru¹, YANG Wei-hao¹, DONG Shu-ying¹ (1. Department of Environmental Health Sciences, School of Public Health, Harbin Medical University, Harbin, Heilongjiang 150081, China; 2. Heilongjiang Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Harbin, Heilongjiang 150081, China). Address correspondence to DONG Shu-ying, E-mail: dong.shuying@163.com · The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To measure the body burdens of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in newborns in Harbin and discuss the risk factors of PAHs exposure. [Methods] Two hundred paired mother-newborns were enrolled randomly from a hospital in Harbin and information was collected through questionnaires from April to September 2013. Eighteen kinds of PAHs in umbilical cord blood were detected using gas chromatography-mass spectrometer. The risk factors of PAHs exposure in newborns were assessed by Spearman rank correlation analysis. [Results] The eighteen PAHs were detected in umbilical cord blood samples of selected newborns, including seven carcinogenic PAHs. Except that the detection rates of benzo[a]anthracene and chrysene were 63% and 74% in umbilical cord blood, those of other five carcinogenic PAHs were higher than 80%. The sum of concentrations of the seven carcinogenic PAHs in the newborns from urban area (median, 13.90 μg/L; $P_{25} \sim P_{75}$, 4.87~20.12 μg/L) was higher than in those from suburban area (median, 7.01 μg/L; $P_{25} \sim P_{75}$, 2.39~14.00 μg/L) ($P < 0.05$). According to Spearman rank correlation analysis, higher concentrations of four kinds of non-carcinogenic (naphthalene, phenanthrene, anthracene, and fluoranthene) and five kinds of carcinogenic PAHs (chrysene, benzo[a]anthracene, benzo[a]pyrene, dibenz[a, h]anthracene, and indeno[1, 2, 3-cd]pyrene) in umbilical cord blood were associated with living in urban, living near a main road, passive smoking during pregnancy, and consumption of food with high-level PAHs ($P < 0.05$). [Conclusion] Carcinogenic PAHs are detected in the umbilical cord blood of newborns in Harbin. The risk factors for newborns' PAHs exposure are pregnant women living in urban, living near a main road, passive smoking during pregnancy, and consumption of food with high-level PAHs.

Key Words: polycyclic aromatic hydrocarbons; newborn; umbilical cord blood; gas chromatography-mass spectrometer

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2016.15729

[基金项目] 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(编号: 12531333)

[作者简介] 孟琪(1989—), 女, 硕士生; 研究方向: 环境流行病学;

E-mail: mengqi8901@163.com

[通信作者] 董淑英, E-mail: dong.shuying@163.com

[作者单位] 1. 哈尔滨医科大学公共卫生学院环境卫生学教研室, 黑龙江 哈尔滨 150081; 2. 黑龙江出入境检验检疫局, 黑龙江 哈尔滨 150081

多环芳烃(polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)是一类由有机物质的不完全燃烧或高热分解产生的具有多种生物学毒性的有机污染物, 广泛存在于空气、水、食物和土壤中。它是由两个或两个以上苯环稠和而成的碳氢化合物, 具有DNA损伤、诱导机体基因突变以及染色体畸变等毒性作用^[1], 能引发呼吸、消化、生殖等多系统癌变^[2-3]。由于其毒性、生

物蓄积性、半挥发性,并能在环境中持久存在,而被列为典型持久性有机污染物。PAHs可通过皮肤、呼吸道、消化道进入人体内,在人体内蓄积。越来越多的证据表明,PAHs可以通过胎盘屏障进入胎儿体内,具有致癌、致畸等毒性^[4-6]。本研究以脐带血血清中PAHs质量浓度(后称“浓度”)评价新生儿PAHs负荷水平,并探讨影响新生儿PAHs暴露的危险因素,为预防孕期PAHs暴露对新生儿造成的潜在危害提供线索。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

本研究使用的仪器与试剂包括:7890A-5975C气质联用仪、7683B自动进样器(安捷伦,美国);色谱柱:弹性石英毛细管DB-5MS(50 m×0.25 mm×0.25 μm)(安捷伦,美国);MP1002型电子天平(上海精密仪器有限公司,中国);色谱纯正己烷(天津光复化学品有限公司,中国);18种PAHs混合标准品(o2si smart solutions,美国)。

1.2 研究对象

采用横断面研究设计,于2013年4—9月,在哈尔滨市某妇产医院随机选取健康孕妇-新生儿200对(根据市、郊区分层再按住院编号进行系统抽样,选取符合要求的孕妇),居住地和根据地均在哈尔滨市(南岗、道里)、郊区(平房)的母婴各100对。孕妇纳入要求为足月生产(37~42周),无患病史(糖尿病、高血压等慢性病)、死产史、习惯性流产史,无主动吸烟史,孕期无饮酒史,且在本地区生活2年以上。所有孕妇同意在分娩后采集新生儿脐带血,并接受流行病学调查。

1.3 问卷调查及相关定义

问卷调查采用面对面访谈的方式进行,访谈者均经过训练。调查问卷内容包括:人口统计学信息、居住地址、工作地点、室内是否燃煤燃气、主动和被动吸烟史(吸烟的家庭成员和每天估计吸烟量)、含高PAHs的肉类食用情况(油炸食物、烧烤、烤肉食用频率)、社会经济信息,及受教育情况。

距离居住地200 m内有双向四机动车道以上交通主干道定义为“居住地附近有主干道”;室内供暖采用煤炉或土暖气的分散式供暖方式,家庭燃料以煤炭或煤气为主均定义为“室内燃煤燃气”;孕妇每周至少有1 d以上吸入吸烟者呼出的烟雾超过15 min定义

为“孕期被动吸烟”;每周至少吃1次烟熏、煎炸食物或2次以上烧烤定义为“摄入PAHs高的饮食结构”^[5]。

1.4 血样的采集和处理

产时采集脐带血10 mL,立即将样品运到实验室,分离血清,并于-80℃避光保存。将血液解冻,取500 μL血清于离心管中,加入4 mL 0.4 mol/L氢氧化钠乙醇水溶液($V_{乙醇}:V_{水}=9:1$),置60℃下水浴30 min后取出,用3 mL正己烷液-液萃取3次,收集上层有机相。经固相萃取柱净化,把得到的提取液旋转蒸发浓缩至1 mL,高纯氮气下缓缓吹干,再用正己烷定容到1 mL,密封于自动进样瓶中待测。

1.5 气相色谱-质谱分析条件

1.5.1 气相色谱条件 进样口温度:280℃;不分流进样。进样口压力:67.6 mPa。载气:氦气;流速:18.6 mL/min。阶梯升温,初始温度:80℃;升温程序:80℃→15℃/min→200℃(2 min)→5℃/min→240℃(3 min)→5℃/min→250℃(1 min)→5℃/min→260℃(1 min)→6℃/min→280℃(2 min)→15℃/min→310℃(5 min)。进样量:1 μL。

1.5.2 质谱条件 电离源为电子轰击离子源,离子源250℃,四级杆170℃,定性分析采用全扫描方式,定量分析采用离子选择方式。

1.6 标准品配制及样品测定

本实验采用外标法定量,用正己烷将储备液逐级稀释,浓度为100、50、30、20、10 μg/L。色谱图见图1,标准图谱18种。用外标法对5个不同浓度标准溶液中各目标化合物的峰面积和浓度建立校正曲线,并在相同的检测条件下利用此标准曲线对实际样品中PAHs各组分进行定量。

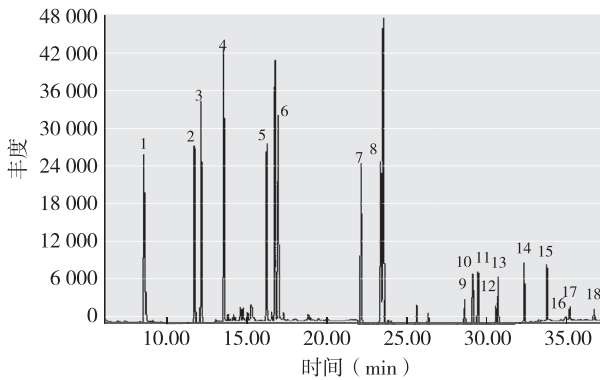
1.7 检测方法的回收率及检出限

标准曲线 R^2 均>0.995,表明线性良好。采用低、中、高3个浓度(10、20、50 μg/L)进行加标回收率测定,加标回收率在70.50%~102.35%范围内。检出限为3倍的信噪比,范围为0.011~0.103 μg/L。

1.8 统计学分析

采用EpiData 3.1建立数据库并录入数据。采用SPSS 13.0软件进行统计分析。各PAHs浓度为偏态分布,故结果中以中位数(M)和四分位数(P_{25} , P_{75})表示,两区域PAHs水平的比较用两独立样本的Wilcoxon秩和检验。以母亲受教育程度、家庭人均年收入、居住地附近有无主干道、孕期被动吸烟与否、室内是否燃煤燃气、是否为摄入PAHs高的饮食结构为分类变量,

采用 χ^2 分析、Spearman秩相关分析影响新生儿PAHs负荷水平的因素。检验水准 $\alpha=0.05$ (双侧)。



[注]1: 萘; 2: 苊烯; 3: 苊; 4: 芴; 5: 菲; 6: 葱; 7: 苝; 8: 荧葱; 9: 蒽; 10: 苯并[a]葱; 11: 苯并[j]荧葱; 12: 苯并[b]荧葱; 13: 苯并[k]荧葱; 14: 苯并[a]苝; 15: 苯并[e]苝; 16: 二苯并[a,h]葱; 17: 茚并[1,2,3-cd]苝; 18: 苯并[g,h,i]花。
[Note] 1: Naphthalene; 2: Acenaphthylene; 3: Acenaphthene; 4: Fluorene; 5: Phenanthrene; 6: Anthracene; 7: Pyrene; 8: Fluoranthene; 9: Chrysene; 10: Benzo[a]anthracene; 11: Benzo[j]fluoranthene; 12: Benzo[b]fluoranthene; 13: Benzo[k]fluoranthene; 14: Benzo[a]pyrene; 15: Benzo[e]pyrene; 16: Dibenzo[a,h]anthracene; 17: Indeno[1,2,3-cd]pyrene; 18: Benzo[g,h,i]perylene.

图1 PAHs标准品总离子色谱图(50 µg/L)
Figure 1 The standard chromatogram of PAHs

2 结果

2.1 基本情况

调查结果显示, 母亲年龄、孕周、新生儿性别、

母亲受教育程度、家庭人均年收入、室内燃煤燃气和孕期被动吸烟情况, 市区与郊区比较差异无统计学意义($P>0.05$)。母亲居住地附近有主干道、摄入PAHs高的饮食结构的比例, 为市区高于郊区($P<0.05$)。见表1。

2.2 新生儿脐带血中PAHs负荷水平

200例新生儿脐带血中18种PAHs暴露水平见表2。除苊烯、苊、苯并[e]苝三种PAHs在新生儿脐带血中的检出率低于50%外, 其他检出率均在63%以上, 其中8种(萘、芴、菲、葱、苯并[j]荧葱、二苯并[a,h]葱、茚并[1,2,3-cd]苝、苯并[g,h,i]花)检出率为100%。18种PAHs总浓度为17.220 µg/L, 7种致癌PAHs之和浓度为11.546(4.210~17.990) µg/L, 最大值达21.147 µg/L。

2.3 市、郊区新生儿脐带血中18种PAHs水平

表3可见, 市区新生儿脐带血中18种PAHs浓度总和高于郊区($P<0.05$), 其中萘、葱、苝、荧葱、苯并[j]荧葱、苯并[a]苝、苯并[e]苝、茚并[1,2,3-cd]苝、苯并[g,h,i]花9种PAHs浓度均为市区高于郊区($P<0.05$), 其余差异均无统计学意义($P>0.05$)。市区新生儿脐带血中7种致癌PAHs浓度之和[13.90(4.87~20.12) µg/L]明显高于郊区[7.01(2.39~14.00) µg/L] ($P<0.05$)。市区和郊区新生儿脐带血中4环、5环PAHs浓度均较高; 且2环、4环、5环和6环PAHs浓度市区高于郊区($P<0.05$), 仅3环PAHs浓度两区域比较差异无统计学意义($P>0.05$)。

表1 2013年哈尔滨市、郊区母亲-新生儿基本情况

Table 1 Demographic characteristics of newborns and mothers in urban and suburban of Harbin in 2013

指标(Index)	市区(Urban)(n=100)	郊区(Suburban)(n=100)	统计量(Statistics)	P
母亲年龄(岁)(Mother's age, years)	27.11 ± 3.14	29.03 ± 3.410	t=1.15	0.285
孕周(Gestational week)	39.21 ± 0.90	39.00 ± 1.072	t=2.26	0.135
新生儿性别(Neonate's sex)			$\chi^2=2.42$	0.120
男(Boy)	46	57		
女(Girl)	54	43		
母亲受教育程度(Mother's educational level)			$\chi^2=3.86$	0.145
<高中(Below high school)	8	17		
高中(High school)	22	22		
>高中(Above high school)	70	61		
家庭人均年收入(万元)(Annual family income per capita, × 10 ⁴ Yuan)			$\chi^2=3.87$	0.144
<5	27	30		
5	24	34		
>5	49	36		
居住地附近有主干道(Living near a main road)	77	42	$\chi^2=25.42$	0.000
室内燃煤燃气(Indoor coal and gas burning)	83	72	$\chi^2=3.47$	0.063
孕期被动吸烟(Passive smoking during pregnancy)	18	27	$\chi^2=2.32$	0.128
摄入PAHs高的饮食结构(Consuming food with high-level PAHs)	63	42	$\chi^2=9.34$	0.002

表2 2013年哈尔滨市新生儿脐带血中PAHs浓度(μg/L, n=200)
Table 2 PAHs concentrations in umbilical cord blood of newborns in Harbin in 2013

PAHs	检出人数(No.)	检出率(Rate, %)	最小值(Min)	P ₂₅	M	P ₇₅	最大值(Max)
萘(Naphthalene)	200	100	0.035	0.051	0.105	0.389	1.119
苊烯(Acenaphthylene)	94	47	0.000	0.000	0.000	0.370	17.742
苊(Acenaphthene)	84	42	0.000	0.000	0.000	0.296	2.211
芴(Fluorene)	200	100	0.103	0.149	0.372	0.868	2.855
菲(Phenanthrene)	200	100	0.320	0.569	0.744	1.163	1.906
蒽(Anthracene)	200	100	0.250	0.477	0.605	0.918	1.468
芘(Pyrene)	184	92	0.000	0.181	0.348	0.664	4.678
荧蒽(Fluoranthene)	178	89	0.000	0.100	0.200	0.326	2.789
蒎(Chrysene) ^a	148	74	0.000	0.000	1.125	4.382	10.861
苯并[a]蒽(Benzo[a]anthracene) ^a	126	63	0.000	0.000	0.133	0.398	10.688
苯并[j]荧蒽(Benzo[j]fluoranthene)	200	100	0.093	0.153	0.831	2.406	9.672
苯并[b]荧蒽(Benzo[b]fluoranthene) ^a	196	98	0.000	0.408	0.632	1.876	5.239
苯并[k]荧蒽(Benzo[k]fluoranthene) ^a	160	80	0.000	0.302	0.517	0.964	4.320
苯并[a]芘(Benzo[a]pyrene) ^a	164	82	0.000	0.424	0.594	0.919	5.091
苯并[e]芘(Benzo[e]pyrene)	90	45	0.000	0.000	0.000	1.757	10.953
二苯并[a,h]蒽(Dibenz[a,h]anthracene) ^a	200	100	0.033	0.035	0.036	0.041	0.056
茚并[1,2,3-cd]芘(Indeno[1,2,3-cd]pyrene) ^a	200	100	0.171	0.231	0.261	0.291	0.347
苯并[g,h,i]芘(Benzo[g,h,i]perylene)	200	100	0.178	0.193	0.208	0.287	0.351
Σ18PAH	—	—	4.404	8.956	17.22	24.165	30.423
Σ7PAHs ^a	—	—	2.241	4.210	11.546	17.990	21.147

[注]a: 美国环保署优控7种B2等级PAHs(即致癌PAHs)。

[Note]a: Group B2 by the United States Environmental Protection Agency(7 carcinogenic PAHs).

表3 2013年哈尔滨市、郊区新生儿脐带血中PAHs浓度[M(P₂₅~P₇₅), μg/L]
Table 3 PAHs concentrations in umbilical cord blood of newborns in urban and an suburban of Harbin in 2013

PAHs	市区(Urban)(n=100)	郊区(Suburban)(n=100)	Z	P
2环(2 rings)				
萘(Naphthalene)	0.28(0.10~0.41)	0.09(0.05~0.38)	-2.61	0.009
3环(3 rings)				
苊烯(Acenaphthylene)	0.00(0.00~0.38)	0.14(0.00~0.34)	-0.85	0.395
苊(Acenaphthene)	0.00(0.00~0.30)	0.00(0.00~0.05)	-1.23	0.219
芴(Fluorene)	0.57(0.14~0.90)	0.40(0.35~0.81)	0.42	0.674
菲(Phenanthrene)	1.01(0.74~1.12)	0.69(0.56~1.47)	-0.66	0.509
蒽(Anthracene)	0.93(0.57~1.14)	0.57(0.47~0.90)	3.40	0.0007
小计(Subtotal)	2.91(0.62~3.46)	2.10(0.45~3.20)	-1.51	0.130
4环(4 rings)				
芘(Pyrene)	0.65(0.37~1.17)	0.33(0.14~0.58)	2.65	0.008
荧蒽(Fluoranthene)	0.20(0.10~0.59)	0.11(0.06~0.34)	2.07	0.038
蒎(Chrysene) ^a	2.63(0.52~5.37)	2.48(0.00~4.81)	0.69	0.490
苯并[a]蒽(Benzo[a]anthracene) ^a	0.13(0.00~0.41)	0.10(0.00~0.29)	-0.76	0.447
小计(Subtotal)	6.09(0.73~7.39)	3.95(0.20~4.78)	-2.24	0.025
5环(5 rings)				
苯并[j]荧蒽(Benzo[j]fluoranthene)	0.87(0.00~0.41)	0.42(0.00~0.29)	3.07	0.002
苯并[b]荧蒽(Benzo[b]fluoranthene) ^a	1.09(0.82~3.90)	1.04(0.82~2.20)	0.21	0.834
苯并[k]荧蒽(Benzo[k]fluoranthene) ^a	0.89(0.32~0.91)	0.69(0.45~0.82)	-1.51	0.131
苯并[a]芘(Benzo[a]pyrene) ^a	0.92(0.53~0.99)	0.54(0.02~0.60)	5.64	0.000
苯并[e]芘(Benzo[e]pyrene)	0.02(0.00~1.95)	0.00(0.00~1.07)	-2.81	0.005
二苯并[a,h]蒽(Dibenz[a,h]anthracene) ^a	0.04(0.04~0.05)	0.04(0.03~0.05)	-1.00	0.317
小计(Subtotal)	6.37(1.77~8.41)	4.54(1.21~6.00)	2.37	0.018
6环(6 rings)				
茚并[1,2,3-cd]芘(Indeno[1,2,3-cd]pyrene) ^a	0.26(0.23~0.31)	0.19(0.18~0.25)	-3.06	0.002
苯并[g,h,i]芘(Benzo[g,h,i]perylene)	0.21(0.18~0.34)	0.19(0.18~0.27)	-2.10	0.036
小计(Subtotal)	0.49(0.21~0.60)	0.21(0.09~0.51)	6.31	0.000
Σ18PAH	17.52(9.01~25.84)	10.30(8.86~19.61)	2.56	0.010
Σ7PAHs ^a	13.90(4.87~20.12)	7.01(2.39~14.00)	-2.21	0.027

[注]a: 美国环保署优控7种B2等级PAHs(即致癌PAHs)。

[Note]a: Group B2 by the United States Environmental Protection Agency(7 carcinogenic PAHs).

2.4 母亲 PAHs 暴露特征对新生儿 PAHs 水平的影响

表4可见,无论市区还是郊区,母亲居住地附近有主干道、孕期被动吸烟、摄入PAHs高的饮食结构可增加新生儿PAHs暴露水平($P < 0.05$)。

经Spearman秩相关分析发现,脐带血中4种非

致癌性PAHs(萘、菲、葱、荧葱)和5种致癌性PAHs(蒽、苯并[a]葱、苯并[a]芘、二苯并[a,h]葱、茚并[1,2,3-cd]芘)浓度的升高与居住在市区、居住地附近有主干道、孕期被动吸烟、摄入PAHs高的饮食结构有关($P < 0.05$),见表5。

表4 2013年哈尔滨市、郊区母亲PAHs暴露特征对新生儿18种PAHs负荷的影响

Table 4 Influence of characteristics of PAHs exposure on body burdens of PAHs concentrations in umbilical cord blood in urban and suburban of Harbin in 2013

分类(Classification)	市区(Urban)				郊区(Suburban)			
	n	M(P ₂₅ ~P ₇₅)	Z	P	n	M(P ₂₅ ~P ₇₅)	Z	P
居住地附近有主干道(Living near a main road)			-3.38	0.001			-2.03	0.042
是(Yes)	77	21.67(15.17~24.58)			42	19.95(10.23~22.15)		
否(No)	23	15.08(8.27~16.24)			58	13.28(8.23~19.58)		
孕期被动吸烟(Passive smoking during pregnancy)			4.49	0.000			-6.38	0.000
是(Yes)	18	24.09(9.38~28.62)			27	22.12(9.42~25.20)		
否(No)	82	14.25(9.52~17.58)			73	15.23(9.10~17.10)		
摄入PAHs高的饮食结构(Consumption of food with high-level PAHs)			-2.55	0.011			-2.14	0.033
是(Yes)	63	19.59(15.15~26.58)			42	18.79(11.02~22.15)		
否(No)	37	12.08(5.98~22.12)			58	12.25(6.23~20.28)		

表5 2013年哈尔滨市新生儿脐带血中9种PAHs浓度影响因素的Spearman秩相关分析结果[r(P)]

Table 5 Spearman rank correlation analysis of 9 PAHs in umbilical cord blood and related factors of newborns in Harbin in 2013

PAHs	居住在市区 Living in urban area	居住地附近有主干道 Living near a main road	孕期被动吸烟 Passive smoking during pregnancy	摄入PAHs高的饮食结构 Consumption of food with high-level PAHs
萘(Naphthalene)	0.24(0.022)	0.06(0.581)	0.17(0.000)	0.10(0.246)
菲(Phenanthrene)	0.14(0.084)	0.21(0.032)	0.21(0.001)	0.17(0.010)
葱(Anthracene)	0.18(0.002)	0.19(0.005)	0.10(0.510)	0.18(0.027)
荧葱(Fluoranthene)	0.04(0.083)	-0.03(0.114)	0.17(0.018)	0.04(0.143)
蒽(Chrysene)	-0.07(0.415)	0.28(0.026)	0.20(0.011)	0.14(0.037)
苯并[a]葱(Benzo[a]anthracene)	0.18(0.013)	0.17(0.005)	0.19(0.010)	0.07(0.204)
苯并[a]芘(Benzo[a]pyrene)	0.10(0.994)	0.20(0.000)	0.14(0.003)	0.19(0.003)
二苯并[a,h]葱(Dibenz[a,h]anthracene)	-0.16(0.143)	0.10(0.256)	0.23(0.040)	0.21(0.000)
茚并[1,2,3-cd]芘(Indeno[1,2,3-cd]pyrene)	0.22(0.004)	0.14(0.037)	0.01(0.053)	0.15(0.003)

3 讨论

本研究通过对哈尔滨市200例新生儿脐带血PAHs的测定,显示新生儿已受到PAHs的危害。18种PAHs中,仅3种检出率低于50%,余均高于63%,其中8种达100%,Tsang等^[7]对新生儿脐带血进行检测,芘的检出率为100%,苯并[a]葱、苯并[b]荧葱、苯并[k]荧葱的检出率也在70%以上。李永红等^[8]对新生儿脐血进行检测,7种PAHs(芘、苯并[a]葱、苯并[a]芘、苯并[b]荧葱、苯并[k]荧葱、二苯并[a,h]葱和苯并[g,h,i]芘)检出率均在70%以上。我们的研究与上述研究结果基本相符。本研究中,无论市区还是郊区新生儿脐带血中均可检测出多种致癌PAHs。目前国内外直接测定脐带血中PAHs水平的资料甚少,

由于样品较难获得,故一般研究中所用样本量也较小。Madhavan等^[9]对24名印度新生儿脐带血全血苯并[a]芘和二苯并[a,h]葱检测的结果为0.1mg/L和0.50mg/L。Tsang等^[7]对21名香港新生儿脐带血清进行检测,均未检出苯并[a]芘和二苯并[a,h]葱。由于上述研究中检测介质或浓度单位与本研究不同,仅可作为参考,不能做量上的比较。本研究苯并[a]芘和二苯并[a,h]葱的检出浓度高于董少霞等^[10]对太原市271例新生儿脐带血的检测浓度(0.15、0.02μg/L)。与国内其他省市相比,近年来哈尔滨灰霾天气的频繁发生增加了新生儿PAHs暴露的可能。哈尔滨冬季采暖期长,集体供暖主要以燃烧煤炭为主;且其作为东北老工业基地,工业能源也离不开煤炭燃料。

该市市区和郊区新生儿脐带血中4环、5环PAHs浓度均较高,这可能与两组人群的生活习惯及社会经济状况相近有关。两区域比较,2环、4环、5环和6环PAHs浓度市区高于郊区。而美国环保署列出的7种具有潜在人体致癌性的PAHs主要集中于4、5、6环,市区7种致癌PAHs浓度之和明显高于郊区,考虑有以下可能:第一,摄入PAHs高的饮食结构不同,调查显示市区人群更易食用烟熏、油炸和烧烤食物。香港特别行政区食品和环境卫生署2004年发布的一项关于“烤肉中的PAHs”的报告指出,烘、烧烤、烟熏等加工或烹煮食物的方法会产生PAHs,增加食物的PAHs浓度。第二,相较于郊区,市区汽车流量比较集中,尾气排放严重,且调查显示市区母亲居住地有交通干道者比例高于郊区,暴露可能性增加。第三,可能与大气中PAHs暴露环境有关,市区燃煤供暖烟囱比较集中,已有研究表明无论是采暖期还是非采暖期哈尔滨市PM_{2.5}浓度均高于郊区^[11]。PAHs在空气中除了以气相存在外,还极易吸附在颗粒物上,尤其是PM_{2.5},是PM_{2.5}等细颗粒物的重要组成部分^[12]。除市区环境高PAHs暴露外,孕期被动吸烟也是新生儿PAHs暴露的危险因素。

本研究为探索PAHs暴露对新生儿影响研究工作的初步阶段,其优点有以下方面:首先,鉴于血液样本是评价PAHs暴露最直接的途径,本研究为以血液中未经代谢的PAHs作为评价新生儿体内PAHs负荷水平的指标,具有科学性。其次,国内外研究中,同时检测血液中18种PAHs的资料尚少,本研究具有先进性。再次,研究采用母婴配对调查,评价孕期暴露因素对新生儿影响,具有可靠性。但本研究尚存在一些缺陷:第一,人群样本量仍相对较小,推断总体时容易出现偏倚。第二,本研究只是对新生儿PAHs暴露水平的现况调查,对其影响因素做出的初步提示尚需进一步的验证,且母婴血液中PAHs相关性也需进一步研究。

综上,本研究结果显示:哈尔滨市新生儿脐血中可检测出多种致癌PAHs,并且孕妇居住在市区、居住地附近有主干道、孕期被动吸烟、摄入PAHs高的饮食结构是新生儿PAHs暴露的危险因素,提示PAHs对孕妇胎儿健康存在影响,应重视对敏感人群PAHs的长期全面监测和健康风险的评估。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

- [1] Bocskay K, Tang D, Orjuela M A, et al. Chromosomal aberrations in cord blood are associated with prenatal exposure to carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons[J]. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 2005, 14(2): 506-511.
- [2] Rybicki B A, Rundle A, Saveria A T, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbon-DNA adducts in prostate cancer[J]. *Cancer Res*, 2004, 64(24): 8854-8859.
- [3] Boström C E, Gerde P, Hanberg A, et al. Cancer risk assessment, indicators, and guidelines for polycyclic aromatic hydrocarbons in the ambient air[J]. *Environ Health Perspect*, 2002, 110(Suppl 3): 451-488.
- [4] Perera F P, Rauh V, Tsai W Y, et al. Effects of transplacental exposure to environmental pollutants on birth outcomes in a multiethnic population[J]. *Environ Health Perspect*, 2003, 111(2): 201-205.
- [5] Choi H, Rauh V, Garfinkel R, et al. Prenatal exposure to airborne polycyclic aromatic hydrocarbons and risk of intrauterine growth restriction[J]. *Environ Health Perspect*, 2008, 116(5): 658-665.
- [6] Wang S, Chanock S, Tang D L, et al. Assessment of interactions between PAH exposure and genetic polymorphisms on PAH-DNA adducts in African American, Dominican and Caucasian mothers and newborns[J]. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 2008, 17(2): 405-413.
- [7] Tsang H L, Wu S, Leung C K, et al. Body burden of POPs of Hong Kong residents, based on human milk, maternal and cord serum[J]. *Environ Int*, 2011, 37(1): 142-151.
- [8] 李永红,王欣心,程义斌,等.母婴多环芳烃负荷水平及其毒性贡献率评价[J]. *环境与健康杂志*, 2011, 28(4): 305-308.
- [9] Madhavan N D, Naidu K A. Polycyclic aromatic hydrocarbons in placenta, maternal blood, umbilical cord blood and milk of Indian women[J]. *Hum Exp Toxicol*, 1995, 14(6): 503-506.
- [10] 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.
- [11] 王双青,王艳梅,董淑英,等.孕期PM_{2.5}暴露与新生儿生长发育关系的初步研究[J]. *环境与健康杂志*, 2014, 31(2): 163-166.
- [12] He K B, Yang F, Ma Y, et al. The characteristics of PM_{2.5} in Beijing, China[J]. *Atmos Environ*, 2001, 35(29): 4959-4970.

(收稿日期: 2015-12-23)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 王晓宇; 校对: 丁瑾瑜)