

调查研究

武汉市一般人群血清中全氟及多氟烷基化合物浓度及其影响因素研究

刘周¹, 陈丹¹, 曹文成², 闻胜², 陈海川¹

(1. 武汉科技大学医学院公共卫生学院 职业危害识别与控制湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430065; 2. 湖北省疾病预防控制中心 应用毒理学湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430079)

摘要:目的 了解武汉市一般人群血清中全氟及多氟烷基化合物(PFASs)浓度,探索血清中PFASs浓度水平的影响因素。方法 以在武汉市某医院进行一般体检的人群为研究对象($n=67$),通过超高效液相色谱-三重四级杆质谱(UPLC-TQ/MS)联用仪测定外周血清中12种PFASs浓度,采用多元线性回归分析方法分析一般人口学特征和血清中PFASs浓度的关联性。结果 武汉市一般人群血清中12种PFASs的平均浓度水平为11.60 ng/mL。全氟辛烷磺酸及其盐类(PFOS)和全氟辛酸及其盐类(PFOA)的贡献率较大,分别为45.03%和31.86%。男性人群血清中PFOS、PFOA、全氟己基磺酸(PFHxS)、全氟壬酸(PFNA)等主要化合物的浓度高于女性,其 β 值(95%可信区间)分别为0.708(0.313, 1.104)、0.518(0.069, 0.967)、0.724(0.388, 1.059)和0.684(0.399, 0.968)。同时,发现血清中PFOS、PFHxS、PFNA浓度和年龄呈正相关,其 β 值(95%可信区间)分别为0.062(0.042, 0.081)、0.035(0.019, 0.052)和0.030(0.016, 0.045)。结论 性别和年龄对血清中PFASs浓度有影响,在进行人体PFASs暴露评估中应考虑这些因素。

关键词:全氟及多氟烷基化合物;一般人群;年龄;性别;影响因素

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2021)02-0160-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2021.02.007

Concentration of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances
in serum and their influencing factors in general
population in Wuhan, China

LIU Zhou¹, CHEN Dan¹, CAO Wencheng², WEN Sheng², CHEN Haichuan¹

(1. Hubei Province Key Laboratory of Occupational Hazard Identification and Control, School of Public Health, Wuhan University of Science and Technology, Hubei Wuhan 430065, China;
2. Hubei Provincial Key Laboratory for Applied Toxicology, Hubei Provincial Center for Disease Control and Prevention, Hubei Wuhan 430079, China)

Abstract: Objective To investigate the concentration of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in the serum of the general population in Wuhan, and to discover the influencing factors of the concentrations of PFASs in serum.

Methods Total of 67 people who had physical examination in a certain hospital in Wuhan was selected as the study object. The concentration of 12 kinds of PFASs in peripheral serum were determined by ultra performance liquid chromatography-triple quadrupole tandem mass spectrometry (UPLC-TQ/MS). The correlation between general demographic characteristics and PFASs concentration in serum was discovered by multiple linear regression analysis.

Results The average concentration of the 12 kinds of PFASs in the serum of the general population in Wuhan was 11.60 ng/mL, which was lower than those in previous studies. Perfluorooctane sulphonate (PFOS) and perfluoro octanoic acid (PFOA) were the main contributors, accounting for 45.03% and 31.86% respectively. The concentration of main compounds including PFOS, PFOA, perfluorohexanesulfonic acid (PFHxS), and perfluorononanoic acid (PFNA) in the serum of male population was significantly higher than that of female population, with the β value and 95% confidence interval (95% CI) of 0.708 (0.313, 1.104), 0.518 (0.069, 0.967), 0.724 (0.388, 1.059) and 0.684 (0.399, 0.968) respectively. At the same time, PFOS, PFHxS and PFNA in serum were positively correlated with age, with the β value and 95% CI of 0.062 (0.042, 0.081), 0.035 (0.019, 0.052) and 0.030 (0.016, 0.045) respectively.

收稿日期:2021-03-02

基金项目:国家重点研发计划(2017YFC1600500);国家自然科学基金青年科学基金(81703194)

作者简介:刘周 男 硕士生 研究方向为卫生检验与检疫 E-mail: 420134496@qq.com

通信作者:陈丹 男 副教授 研究方向为卫生毒理学 E-mail: chendan@wust.edu.cn

Conclusion Gender and age have influence on PFASs concentration in serum, and these factors should be taken into account for human exposure assessment of PFASs.

Key words: Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances; general population; age; gender; influencing factors

自 20 世纪 50 年代以来,全氟及多氟烷基化合物(PFASs)已被生产并用于多种工业和消费品中,如织物和地毯的保护涂料、纸张涂料、粘合剂、化妆品、药品、杀虫剂配方、阻燃剂和表面活性剂等^[1]。已有研究^[2-3]表明 PFASs 有肝脏毒性、神经毒性、生殖毒性、遗传毒性等多脏器毒性。2014 年,PFASs 中的全氟辛烷磺酸及其盐类(PFOS)和全氟辛酸及其盐类(PFOA)被列入“关于持久性有机污染物(POPs)的斯德哥尔摩公约”^[4],成为新的 POPs。美国、欧盟和加拿大先后制定了新的规则和指南,以规范 PFOS 和 PFOA 的生产和使用。而我国作为发展中国家,在工业生产和生活中还需要使用 PFASs,且产量较高,在 2006—2011 年间,PFOS 的年产量为 200~250 t,其中,约一半供国内生产使用,一半用于出口^[5],然而国内限制 PFASs 使用的相关标准和规定尚未出台。

工业生产活动中使用 PFASs 的频率较高,人群对 PFASs 的暴露程度也随之增加^[6]。现有研究^[7-8]表明我国非职业人群的血清标本中检出的 PFASs 以 PFOS、PFOA 和全氟己基磺酸(PFHxS)为主。其中,PFOS 的检出率达 100%,其平均含量达到 12.5~52.7 ng/mL。武汉市存在工业化生产或大量使用 PFASs 的污染源^[9];并且在武汉市的饮用水中也检测到了一定浓度的 PFOA(18.12~119.31 ng/L)^[10]。也有研究^[11]表明,武汉市汤逊湖渔业从业人员血清中 PFOS 的浓度高达 10 400 ng/mL。但截至目前,有关武汉普通人员血清中的 PFASs 研究较少。因此本研究以武汉市的普通人群为研究对象,研究武汉市一般人群的 PFASs 负荷水平和污染特征,并分析其与研究对象年龄、性别及身体质量指数(BMI)之间的关联性。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 研究对象

本研究以武汉市某医院的体检人群为研究对象,共 67 名,所有研究对象均于采样前签署知情同意书。研究对象一般信息来自于个人记录,包括年龄、性别、体质量、身高等。

1.1.2 标本采集

清晨空腹采集志愿者外周静脉血 5 mL;将所取得的血样于 4 ℃ 4 000 r/min 离心 10 min(离心半径 20 cm)分离,分装血清于 -40 ℃ 保存,血细胞置

-80 ℃ 保存,共采集 67 份。

1.1.3 主要仪器与试剂

ACQUITY 超高效液相色谱-三重四极杆质谱联用仪(UPLC-TQ/MS,美国 Waters),N-EVAPTM112 水浴氮吹仪,超声仪,H2050R 冷冻高速离心机,超纯水机(德国 Merck),XH-B 涡旋混合器。

碳酸钠(分析纯),四丁基硫酸氢铵(TBA),甲醇、乙腈、乙酸铵、甲基叔丁基醚(MTBE)均为色谱级,标准参考物质(SRM1958,美国 NIST),全氟羧酸类和全氟烷基化合物(PFAC)混标溶液和 PFAC 同位素(MPFAC)内标混合标准溶液均购自加拿大 Wellington,浓度均为 2 000 ng/mL,各组分的详细情况见表 1。

1.2 方法

1.2.1 样品分析

采用液液萃取离子对法^[12]对样品进行提取和净化。取 0.5 mL 血清标本于 15 mL 聚丙烯离心管中,加入 10 μL 100 ng/mL 的定量内标溶液,1 mL 0.5 mol/L TBA 试剂和 2 mL 0.25 mol/L 碳酸钠缓冲溶液,充分混合。加入 5 mL MTBE,超声波振荡 30 min,0 ℃ 4 000 r/min 离心 10 min(离心半径 20 cm)。收集上清液于第 2 个离心管中;向第 1 个离心管中加入 5 mL MTBE,进行第 2 次提取,0 ℃ 4 000 r/min 离心 10 min(离心半径 20 cm)后,合并 2 次提取液并用高纯氮吹干,加入 1 mL 水-甲醇(1:1,V/V)定容,用 0.2 μm 尼龙滤膜过滤后,放入进样小瓶,待测定。

1.2.2 仪器条件

色谱:色谱柱 ACQUITY UPLC BEH-C₁₈(2.1 mm×50 mm,1.7 μm);柱温:40 ℃;流速:0.4 mL/min;进样体积:10 μL;无机相 A:2 mmol/L 醋酸铵水溶液;有机相 B:甲醇;梯度洗脱程序见表 2。

质谱:电离模式采用电喷雾负离子化模式(ESI⁻);毛细管电压:0.5 kV;离子源温度:150 ℃;脱溶剂温度:550 ℃;锥孔气流量:50 L/h;脱溶剂气流量:1 000 L/h;碰撞气:氩气。定量检测采用多反应监测(MRM)模式,其他质谱参数见表 3。

1.2.3 质量控制

每一批标本(20 份左右)在处理过程中加入两份空白样品(Milli-Q 纯水)、一份质控样品(标准参考物质 SRM1958),一并进行前处理和测定。SRM1958 的 4 次检测结果均在限值范围内。同时,为避免全氟化合物的高背景污染,确保实验室的

表 1 12 种 PFASs 标准溶液及定量内标标准溶液

Table 1 12 kinds of PFASs standard solutions and quantitative internal standard standard solutions

化合物名称	缩写	英文全称	碳原子数
全氟己酸	PFHxA	perfluorohexanoic acid	6
¹³ C ₂ -全氟己酸	MPFHxA	perfluoro-n-[1,2- ¹³ C ₂]hexanoic acid	6
全氟庚酸	PFHpA	perfluoroheptanoic acid	7
全氟辛酸	PFOA	perfluorooctanoic acid	8
¹³ C ₄ -全氟辛酸	MPFOA	perfluoro-n-[1,2,3,4- ¹³ C ₄]octanoic acid	8
全氟壬酸	PFNA	perfluorononanoic acid	9
¹³ C ₅ -全氟壬酸	MPFNA	perfluoro-n-[1,2,3,4,5- ¹³ C ₅]nonanoic acid	9
全氟癸酸	PFDA	perfluorodecanoic acid	10
¹³ C ₂ -全氟癸酸	MPFDA	perfluoro-n-[1,2- ¹³ C ₂]decanoic acid	10
全氟十一酸	PFUdA	perfluoroundecanoic acid	11
¹³ C ₂ -全氟十一酸	MPFUdA	perfluoro-n-[1,2- ¹³ C ₂]undecanoic acid	11
全氟十二酸	PFDoA	perfluorododecanoic acid	12
¹³ C ₂ -全氟十二酸	MPFDoA	perfluoro-n-[1,2- ¹³ C ₂]dodecanoic acid	12
全氟十三酸	PFTrDA	perfluorotridecanoic acid	13
全氟十四酸	PFTeDA	perfluorotetradecanoic acid	14
全氟十六酸	PFHxDA	perfluoropalmitic acid	16
全氟己烷磺酸	PFHxS	perfluorohexanesulfonate	6
¹⁸ O ₂ -全氟己烷磺酸	MPFHxS	sodium perfluoro-1-hexane [¹⁸ O ₂] sulfonate	6
全氟辛烷磺酸	PFOS	perfluorooctanesulfonate	8
¹³ C ₄ -全氟辛烷磺酸	MPFOS	sodium perfluoro-1-[1,2,3,4- ¹³ C ₄] Octanesulfonate	8

表 2 PFASs 梯度洗脱程序

Table 2 PFASs gradient elution program

时间/min	A/%	B/%
0	80	20
0.5	80	20
5	10	90
5.5	0	100
6.5	0	100
7.5	80	20
9	80	20

表 3 PFASs 的质谱采集参数

Table 3 Mass spectrum acquisition parameters of PFASs

化合物	母离子(m/z)	子离子(m/z)	锥孔电压/V	碰撞能量/eV
PFHxA	313	269	30	10
MPFHxA	315	270	30	8
PFHpA	363	319	30	12
PFHxS	399	80	55	33
MPFHxS	403	84	55	31
PFOA	413	369	30	8
M-PFOA	417	372	20	10
PFNA	463	219	20	17
MPFNA	468	169	20	19
PFOS	499	80	35	40
MPFOS	503	80	35	40
PFDA	513	469	35	8
MPFDA	515	470	20	10
PFUdA	563	519	20	10
MPFUdA	565	520	20	10
PFDoA	613	569	18	10
MPFDoA	615	570	18	10
PFTrDA	663	619	18	10
PFTeDA	713	669	18	10
PFHxDA	813	769	18	10

空白样品能够满足要求,对前处理过程所用到的试剂 MTBE 和甲醇进样进行本底监测;提取过程所用

离心管均选用聚丙烯材质;方法空白对照的结果表明实验室无污染;这些均证明了本方法的可行性和检测结果的可靠性。

1.3 统计学分析

试验数据使用 EmpowerStats(易侬统计软件)与 R 软件进行统计分析。研究对象一般特征结果统计采用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,血清中 PFASs 浓度呈偏态分布,血清中 PFASs 浓度用自然对数进行转换以便于分析。采用多元线性回归分析血清中 PFASs 浓度与人口统计学特征的关联性,检验水准 $\alpha = 0.05$ (双侧), $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究对象一般特征

研究对象共 67 名,男性占 62.69%(42/67),年龄为(30.06±9.13)岁,身高为(168.28±8.15)cm,体质量为(64.93±11.23)kg,BMI 为 22.83±3.05。

2.2 人群血清中 PFASs 浓度水平及检出率

本研究对武汉市 67 份一般人群血清中 12 种 PFASs 进行检测,其平均浓度水平为 11.60 ng/mL,最大值为 31.79 ng/mL,最小值为 1.46 ng/mL,见表 4。所有血清标本中,PFOS、PFNA、PFUdA 和 PFHxS 的检出率均为 100.00%,PFOA 的检出率为 98.51%(66/67)。PFASs 单一化合物污染水平(中位数)由高到低依次为 PFOS、PFOA、PFNA,浓度分别为 4.17、2.95、0.68 ng/mL。PFOS 和 PFOA 是 PFASs 的主要构成,分别占 45.03% 和 31.86%,其次为 PFNA(7.34%)、PFHxS(6.70%)、PFDA(4.54%)。

表4 武汉市一般人群血清中PFASs浓度水平和检出率($n=67$)

Table 4 Concentration level and detection rate of PFASs in the serum of the general population in Wuhan

化合物	检出份数 (检出率/%)	浓度水平/(ng/mL)			
		平均值	中位数	最大值	最小值
PFOA	66 (98.51)	3.06	2.95	6.4	<LOD
PFHpA	55 (82.09)	0.03	0.02	0.11	<LOD
PFNA	67 (100.00)	0.79	0.68	2.25	0.08
PFDA	66 (98.51)	0.53	0.42	1.69	<LOD
PFUdA	67 (100.00)	0.45	0.37	1.59	0.06
PFTTrDA	58 (86.56)	0.05	0.03	0.14	<LOD
PFHxS	67 (100.00)	0.83	0.62	7.62	0.03
PFOS	67 (100.00)	5.86	4.17	23.11	0.24
PFASs	—	11.60	9.26	31.79	1.46

注:PFTeDA和PFHxDA未检出,PFHxA和PFDoA检出率过低,且浓度水平均在检出限(LOD)附近,故均未在表中列出;—表示该项不统计

2.3 一般人群血清中PFASs的浓度水平与常规体检指标的关联性

本研究采用多元线性回归方法分析对武汉市一般人群血清中PFASs浓度与年龄、性别、BMI的关联性,结果见表5。除PFHpA和PFTTrDA外,男性血清中其他6种PFASs含量均高于女性且差异有统计学意义($P<0.05$)。除PFOA和PFHpA外,其他6种PFASs含量和年龄呈正相关,且差异均有统计学意义($P<0.05$)。8种PFASs含量与BMI均无关。

表5 一般人群血清中PFASs相关因素的多元线性回归分析($n=67$)

Table 5 Multiple linear regression analysis of PFASs related factors in serum of general population

化合物 ^a	影响因素	β	95%CI	P值
PFOS	性别	0.708	(0.313, 1.104)	0.001
	年龄	0.062	(0.042, 0.081)	0.000
	BMI	-0.017	(-0.082, 0.047)	0.601
PFOA	性别	0.518	(0.069, 0.967)	0.027
	年龄	0.014	(-0.008, 0.037)	0.224
	BMI	-0.039	(-0.113, 0.034)	0.299
PFHxS	性别	0.724	(0.388, 1.059)	0.000
	年龄	0.035	(0.019, 0.052)	0.000
	BMI	0.019	(-0.036, 0.074)	0.505
PFNA	性别	0.684	(0.399, 0.968)	0.000
	年龄	0.030	(0.016, 0.045)	0.000
	BMI	-0.022	(-0.068, 0.025)	0.365
PFDA	性别	0.580	(0.196, 0.964)	0.004
	年龄	0.038	(0.019, 0.058)	0.000
	BMI	-0.007	(-0.070, 0.056)	0.827
PFUdA	性别	0.350	(0.013, 0.686)	0.046
	年龄	0.038	(0.021, 0.055)	0.000
	BMI	-0.025	(-0.080, 0.030)	0.384
PFTTrDA	性别	0.285	(-0.053, 0.624)	0.103
	年龄	0.037	(0.020, 0.054)	0.000
	BMI	-0.038	(-0.094, 0.017)	0.181
PFHpA	性别	-0.051	(-0.407, 0.305)	0.779
	年龄	0.004	(-0.014, 0.022)	0.683
	BMI	0.017	(-0.041, 0.075)	0.568

注:^a对PFASs浓度进行了自然对数转换;将研究人群的性别作为分类变量,年龄和BMI作为连续变量输入多元线性回归模型

3 讨论

比较本研究与其他研究^[1,6,13-15]中人群血清中PFASs的浓度,发现武汉市一般人群血清中PFASs的浓度水平较低,与2011年深圳市普通人群水平相近,低于其他大多数研究的结果。比较PFASs的主要化合物,武汉市一般人群血清中PFOA浓度(2.95 ng/mL)低于深圳市(6.72 ng/mL)、沈阳市(7.79 ng/mL)、大连市(6.86 ng/mL)^[1],与美国(3.13 ng/mL)和挪威(3.6 ng/mL)的研究结果^[13-14]类似;PFOS浓度(4.17 ng/mL)高于深圳市(2.07 ng/mL),低于沈阳市(15.5 ng/mL)、大连市(9.77 ng/mL)^[1],也低于美国(10.24 ng/mL)^[14]和挪威(25 ng/mL)^[13]的研究结果。但是,ZHOU等^[11]发现武汉市汤逊湖渔业从业人员($n=39$)血清中PFOS的浓度为10 400 ng/mL,明显高于本研究结果,但是该研究为职业人群,说明职业人群血清中PFOS浓度水平明显高于普通人群。

本研究中,PFOS和PFOA是武汉市一般人群PFASs暴露的主要贡献者(45.03%,36.85%),也是天津市(62.08%,18.92%)、上海市(33.15%,14.22%)、丹麦(67.60%,15.80%)、挪威(71.11%,14.22%)PFASs的主要暴露来源。而格林兰地区则是PFOS(63.15%)和PFUdA(10.72%)占比较高,PFOA仅占7.53%^[16]。说明不同国家和地区对传统PFASs生产和使用的需求不同,主要暴露来源也不同。

本研究显示武汉市一般人群血清中6种PFASs(PFOS、PFOA、PFHxS、PFNA、PFDA和PFUdA)含量在性别之间有显著性差异,主要表现为男性血清中化合物的浓度水平高于女性。韩国研究^[17-18]表明,大多数男性血液中的PFASs浓度高于女性;中国香港的研究表明,男性捐赠者血清中PFASs(如PFOS、PFOA、PFHxS和PFHxA)的含量也明显高于女性^[19];中国台湾地区男性血清中的PFOA和PFOS也有较高的浓度^[20];新疆维吾尔自治区^[21]、天津市^[22]、河南省^[23]的人群中也发现了PFOS的性别特征,其中男性的PFOS水平较高。上述研究结果均与本研究一致,但是另外也有一些研究并没有发现类似的现象:北京市和上海市的脐带血和血浆中的PFOS水平无显著差异^[24-25];武汉市2019年的一项研究中儿童血清的PFOA和PFOS水平无显著差异^[26];瑞典男性的PFHpA水平较高,而女性的PFHxS水平较高,其他化合物在性别之间无显著差异^[27]。由于男性与女性之间饮食习惯、生活方式、工作环境等差异较大,造成差别的主要影响因素还需进一步研究。

本研究中除 PFOA 和 PFHpA 外,6 种 PFASs 均与年龄呈正相关。PFASs 属于持久性有机污染物,会随着时间在人体内蓄积,这是造成 PFASs 与年龄呈正相关的主要原因。近年来有研究^[6]认为 PFASs 的浓度会随着年龄增加而增加,但 PFASs 的种类不同情况也会有差异。其他的研究也有类似的发现,挪威有研究^[28]发现 PFNA、PFDA、PFuDA 的浓度与年龄呈正相关,丹麦有研究^[29]发现 PFHxS、PFHpS、PFOS、PFNA、PFuDA 的浓度与年龄呈正相关,阿拉伯地区有研究^[30]发现女性血清中 PFOA、PFDA、PFUnDA 的浓度与年龄呈正相关,我国河南省有研究^[22]发现 PFOA、PFNA、PFOS 的浓度与年龄呈正相关。

另外,有研究认为特定的 PFASs 浓度水平与 BMI 相关,BMI 越低的人群体内的 PFOS 和 PFNA 浓度水平较低,BMI 越高人群的 PFOA、PFDA、PFuDA 浓度水平较低^[31]。而本研究未发现 BMI 与 PFASs 之间的相关性。

综上所述,武汉市一般人群血清中 12 种 PFASs 的平均浓度水平为 11.60 ng/mL,与其他研究比较,浓度较低,PFOS 和 PFOA 是主要暴露来源。除 PFHpA 和 PFTrDA 外,其他 6 种 PFASs 含量存在性别差异。除 PFOA 和 PFHpA 外,其他 6 种 PFASs 浓度随着年龄增加而升高。未发现 BMI 与 PFASs 之间的相关性。本研究为横断面研究,且样本量有限,研究结论有待大量样本人群进行验证。

参考文献

[1] 李笑. 我国一般人群血清中 PFOS 和 PFOA 分布特征及基准值[D]. 大连:大连理工大学,2011.

[2] 李敬光. 全氟有机化合物:具有潜在健康风险的新型环境污染物[J]. 中华预防医学杂志,2015,49(6):467-469.

[3] 胡存丽,仲来福. 全氟辛烷磺酸和全氟辛酸毒理学研究进展[J]. 中国工业医学杂志,2006,19(6):354-358.

[4] HAN W C, GAO Y, YAO Q, et al. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in matched parental and cord serum in Shandong, China[J]. *Environ Int*, 2018, 116:206-213.

[5] XIE S, WANG T, LIU S, et al. Industrial source identification and emission estimation of perfluorooctane sulfonate in China[J]. *Environ Int*, 2013, 52:1-8.

[6] 高雪嫣,王雨昕,李敬光,等. 天津市孕妇全氟有机化合物的暴露水平[J]. 中国卫生工程学,2019,18(2):166-170.

[7] YEUNG L W Y, SO M K, JIANG G B, et al. Perfluorooctanesulfonate and related fluorochemicals in human blood samples from China[J]. *Environ Sci Technol*, 2006, 40(3):715-720.

[8] JIN Y H, SAITO N, HARADA K H, et al. Historical trends in human serum levels of perfluorooctanoate and perfluorooctane sulfonate in Shenyang, China[J]. *Tohoku J Exp Med*, 2007, 212(1):63-70.

[9] 金一和,丁梅,翟成,等. 长江三峡库区江水和武汉地区地面水中 PFOS 和 PFOA 污染现状调查[J]. *生态环境*, 2006, 15(3):486-489.

[10] 刘俊玲,肖永华,胡迅,等. 武汉市饮用水中全氟辛烷磺酸和全氟辛酸健康风险评估[J]. *卫生研究*, 2015, 44(1):135-136.

[11] ZHOU Z, SHI Y L, VESTERGRÉN R, et al. Highly elevated serum concentrations of perfluoroalkyl substances in fishery employees from Tangxun lake, China[J]. *Environ Sci Technol*, 2014, 48(7):3864-3874.

[12] 刘嘉颖. 我国居民典型全氟有机化合物人体暴露水平与暴露途径研究[D]. 北京:中国疾病预防控制中心,2009.

[13] JIAN J M, CHEN D, HANF J, et al. A short review on human exposure to and tissue distribution of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) [J]. *Sci Total Environ*, 2018, 636:1058-1069.

[14] NAIR A S, MA Z Q, WATKINS S M, et al. Demographic and exposure characteristics as predictors of serum per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) levels—a community-level biomonitoring project in Pennsylvania[J]. *Int J Hyg Environ Health*, 2021, 231:113631.

[15] 王雨昕,谢丹,柳鑫,等. 脐带血中全氟有机化合物及其典型异构体的分布研究[J]. *中国卫生工程学*, 2018, 17(3):321-325.

[16] BJERREGAARD-OLESEN C, BOSSI R, LIEW Z, et al. Maternal serum concentrations of perfluoroalkyl acids in five international birth cohorts[J]. *Int J Hyg Environ Health*, 2017, 220(2 Pt A):86-93.

[17] KIM H Y, KIM S K, KANG D M, et al. The relationships between sixteen perfluorinated compound concentrations in blood serum and food, and other parameters, in the general population of South Korea with proportionate stratified sampling method[J]. *Sci Total Environ*, 2014, 470-471:1390-1400.

[18] CHO C R, LAM N H, CHO B M, et al. Concentration and correlations of perfluoroalkyl substances in whole blood among subjects from three different geographical areas in Korea[J]. *Sci Total Environ*, 2015, 512-513:397-405.

[19] WAN H T, LEUNG P Y, ZHAO Y G, et al. Blood plasma concentrations of endocrine disrupting chemicals in Hong Kong populations[J]. *J Hazard Mater*, 2013, 261:763-769.

[20] HSU J Y, HSU J F, HO H H, et al. Background levels of persistent organic pollutants in humans from Taiwan: perfluorooctane sulfonate and perfluorooctanoic acid [J]. *Chemosphere*, 2013, 93(3):532-537.

[21] ZENG X W, QIAN Z, VAUGHN M, et al. Human serum levels of perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoate (PFOA) in Uyghurs from Sinkiang-Uighur Autonomous Region, China: background levels study[J]. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2015, 22(6):4736-4746.

[22] ZHANG Y F, JIANG W W, FANG S H, et al. Perfluoroalkyl acids and the isomers of perfluorooctanesulfonate and perfluorooctanoate in the sera of 50 new couples in Tianjin, China [J]. *Environ Int*, 2014, 68:185-191.

[23] FU Y N, ANG T Y, WANG P, et al. Effects of age, gender and region on serum concentrations of perfluorinated compounds in

- general population of Henan, China [J]. *Chemosphere*, 2014, 110(1):104-110.
- [24] SHI Y, YANG L, LI J G, et al. Occurrence of perfluoroalkyl substances in cord serum and association with growth indicators in newborns from Beijing [J]. *Chemosphere*, 2017, 169:396-402.
- [25] WANG B, CHEN Q, SHEN L X, et al. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in cord blood of newborns in Shanghai, China: Implications for risk assessment [J]. *Environ Int*, 2016, 97:7-14.
- [26] 刘俊玲,肖永华,潘新赞,等.武汉市一般人群血清中全氟辛烷磺酸和全氟辛酸分布特征 [J]. *实用预防医学*, 2019, 26(9):1075-1079.
- [27] SALIHOVIC S, KÄRRMN A, LING L, et al. Perfluoroalkyl substances (PFAS) including structural PFOS isomers in plasma from elderly men and women from Sweden: results from the prospective investigation of the vasculature in Uppsala seniors (PIVUS) [J]. *Environ Int*, 2015, 82:21-27.
- [28] BERG V, NØST T H, HUBER S, et al. Maternal serum concentrations of per-and polyfluoroalkyl substances and their predictors in years with reduced production and use [J]. *Environ Int*, 2014, 69(1):58-66.
- [29] BJERREGAARD-OLESEN C, BACH C C, LONG M H, et al. Determinants of serum levels of perfluorinated alkyl acids in Danish pregnant women [J]. *Int J Hyg Environ Health*, 2016, 219(8):867-875.
- [30] BANJABI A A, LI A J, KUMOSANI T A, et al. Serum concentrations of perfluoroalkyl substances and their association with osteoporosis in a population in Jeddah, Saudi Arabia [J]. *Environ Res*, 2020, 187(2):109676.
- [31] SOCHOROVÁ L, HANZLIKOVÁ L, ČERNÁ M, et al. Perfluorinated alkylated substances and brominated flame retardants in serum of the Czech adult population [J]. *Int J Hyg Environ Health*, 2017, 220(2 Pt A):235-243.

· 资讯 ·

农业农村部印发《通知》 集中力量开展“瘦肉精”专项整治

核心提示:3月19日,农业农村部印发《关于开展“瘦肉精”专项整治行动的通知》,部署在全国范围开展为期三个月的“瘦肉精”专项整治行动,严厉打击违禁使用“瘦肉精”行为。

本网讯3月19日,农业农村部印发《关于开展“瘦肉精”专项整治行动的通知》,部署在全国范围开展为期三个月的“瘦肉精”专项整治行动,严厉打击违禁使用“瘦肉精”行为。

《通知》要求,各地农业农村部门要充分调动系统内各方面力量,迅速组织对肉牛肉羊养殖场(户)、贩运经营者和屠宰企业进行全面排查,做到不留漏洞和死角。排查过程中,随机抽取样品进行“瘦肉精”筛查。同时,毫不放松抓好生猪“瘦肉精”监管,持续强化关键环节抽检把关。整治期间,农业农村部对主产区和问题多发地区组织实施飞行检查,各省级农业农村部门组织开展监督抽检,上下联动形成合力。

《通知》强调,各地农业农村部门要与公安、市场监管等部门建立协作机制,在养殖、收购贩运和屠宰等环节发现“瘦肉精”违法问题的,一律移送公安机关立案调查,依法从重追究法律责任。紧盯发现的问题线索,积极协调配合公安机关追查“瘦肉精”制售源头和问题产品销售链条,坚决打掉生产黑窝点和地下销售网络。发现监管人员存在为监管对象通风报信、在抽样检测中弄虚作假等问题线索的,依纪依法追究相关人员责任,坚决打掉“保护伞”。

《通知》公布了农业农村部受理社会举报“瘦肉精”违法问题线索的电话(010-59191356),要求省、市、县三级农业农村部门也要向社会公布举报电话。

(相关报道:news.foodmate.net/2021/03/588054)

来源:农业农村部

二〇二二年三月二十二日