

应用营养

上海市0~6岁儿童血砷暴露水平及饮食影响研究

刘军霞^{1,2}, 郜振彦³, 王菊², 董辰寅², 颜崇淮², 傅启华¹

(1. 上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心检验科, 上海 200127; 2. 上海交通大学医学院附属新华医院环境与儿童健康教育教育部与上海市重点实验室, 上海 200092; 3. 上海交通大学医学院附属新华医院妇产科, 上海 200092)

摘要:目的 了解上海市0~6岁儿童血砷水平及饮食相关因素。方法 通过多阶段分层整群随机抽样对上海市6个区抽取的居(村)委会0~6岁儿童进行问卷调查和全血标本采集。通过电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)对全血砷元素进行检测,并通过多重线性回归模型对饮食因素进行相关性分析。饮食研究因素中,海鱼海虾、淡水鱼淡水虾及贝类分组:≤3次/月、1~3次/周与4~6次/周;主食米、面及牛奶分组:<50、50~100与≥100 g/d。结果 此次调查儿童总人数为2 263人,血砷浓度范围为0.12~27.94 μg/L,中位数(P25, P75)为2.26(1.63, 3.09) μg/L。通过统计分析发现,米、面、海鱼海虾的摄入量越高,儿童血砷水平越高($P<0.05$),淡水鱼淡水虾高摄入组血砷水平反而降低($P<0.05$),差异均有统计学意义。结论 此次调查92.4%(2 091/2 263)的儿童血砷浓度处于正常范围($<5 \mu\text{g/L}$),与对照组比较,米、面、海鱼海虾的摄入量越高,儿童血砷水平越高,而淡水鱼淡水虾的摄入量越高,其血砷水平反而降低。

关键词: 血砷; 大米; 面; 海鱼海虾; 淡水鱼淡水虾; 学龄前儿童

中图分类号: R155 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2020)06-0697-06

DOI: 10.13590/j.cjfh.2020.06.020

Blood arsenic exposure levels of preschool children and dietary factors analysisLIU Junxia^{1,2}, GAO Zhenyan³, WANG Ju², DONG Chenyin², YAN Chonghui², FU Qihua¹

(1. Department of Clinical Laboratory, Shanghai Children's Medical Center, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200127, China; 2. MOE-Shanghai Key Laboratory of Children's Environmental Health, Xin Hua Hospital Affiliated to Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200092, China; 3. Department of Obstetrics and Gynecology, Xin Hua Hospital Affiliated to Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200092, China)

Abstract: Objective To explore the blood arsenic exposure levels of preschool children and analyze the factors of blood arsenic. **Methods** By the multi-stage cluster and simple randomized method, six districts of Shanghai City was chosen and the preschool children in the selected village were asked to fill in the questionnaire and have blood sampling. Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) was used to detect blood arsenic, of which the data was analyzed by multiple linear regression models. Marine fish, freshwater fish, freshwater shrimp and shellfish were grouped as follows: ≤3 times per month, 1-3 times per week, and 4-6 times per week. Rice, noodles and milk were grouped as <50, 50-100, and ≥100 g/d. **Results** 2 263 preschool children were recruited. The range of blood arsenic was 0.12-27.94 μg/L. The median (P25, P75) were 2.26 (1.63, 3.09) μg/L. Statistical analysis showed that the more intake of rice, wheaten food, and sea fish and shrimp, the more arsenic in children's blood ($P<0.05$). Whereas higher intake of freshwater fish and shrimp group showed decreased blood arsenic ($P<0.05$). **Conclusion** Most preschool children's blood arsenic levels (92.4%, 2 091/2 263) were at normal level ($<5 \mu\text{g/L}$). There was a positive correlation between blood arsenic concentration and the intake of rice, wheaten food, and sea fish and shrimp, while negative correlation with high freshwater fish and shrimp consumption.

Key words: Blood arsenic; rice; wheaten food; sea fish and shrimp; freshwater fish and shrimp; preschool children

收稿日期: 2020-09-28

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFC1600501)

作者简介: 刘军霞 女 主管技师 研究方向为微量元素和重金属分析测试 E-mail: ljxntmc3312@qq.com

通信作者: 傅启华 男 研究员 研究方向为先天性心脏病基因组学 E-mail: qihuafu@126.com

砷是在地壳中广泛存在的金属元素,国际癌症研究机构(IARC)将无机砷化合物归为人类第一类致癌物,有机砷化合物中甲基砷酸(MMA)和二甲基砷酸(DMA)被列为2B类致癌化合物^[1]。研究^[2]发现围产期饮水中砷暴露与过期产、新生儿死亡率、神经发育异常相关,生命早期砷暴露导致成人期膀胱癌和肺癌的水平是童年和成年后砷暴露的2~4倍。自然和人为来源的砷元素造成饮水、大气、土壤、食物、药品等潜在污染^[3],其中土壤-植物-人体吸收是重金属转移到人体的主要暴露途径^[4]。多项暴露评估^[5-6]显示,饮食可能是儿童砷暴露的主要来源。本研究对上海市0~6岁儿童体内的血砷进行检测,同时与调查问卷相结合,更为直接地阐明血砷与饮食暴露的关系。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 研究对象

人群信息来自全国血铅调查^[7],通过分层整群随机抽样而得,充分地代表上海市0~6岁儿童。人群纳入、样本采集及问卷调查具体内容与上海市儿童血铅调查研究^[8]一致:2013年6月—2014年7月,随机抽取上海市6个区(静安区、嘉定区、崇明区、杨浦区、徐汇区、浦东新区)作为调查点,并在抽中的城区中随机抽取一个街道或乡镇,在所抽中的街道或乡镇中随机抽取一个居(村)委会,最后对抽取的0~6岁健康儿童进行问卷调查和全血标本采集。儿童父母或监护人填写知情同意和相关问卷,本研究获得上海交通大学医学院附属新华医院医学伦理委员会批准。此次调查共纳入2291名儿童,最终获得2263份全血标本与相应问卷。采用的膳食调查方法为一个月食物频率法,参与调查儿童最小月龄为8月龄,已添加辅食,故2263名儿童为研究对象。

1.1.2 主要仪器与试剂

血砷检测使用电感耦合等离子体质谱仪(7500ce ICP-MS,美国AGILENT),微波消解仪(MARS5,美国CEM),密理博超纯水(18.2 M Ω),硝酸(70%)、双氧水(30%)均为分析纯,全血质控物质(批号:1103128,挪威Seronom)。

1.2 方法

1.2.1 全血砷检测及质控

吸取100 μ L混匀全血于聚四氟乙烯(PFA)消解罐中,加入硝酸与双氧水各200 μ L,放入微波消解仪中进行消解。空白标本、质控标本、待测标本同条件加样及消解,标本冷却后,加入2 mL去离子

水混匀后上机检测。检测前设置仪器的工作参数,优化仪器的状态。此方法的砷检出限为0.025 μ g/L,所有标本浓度均超出检出限。通过全血质控物质进行质量控制,全血质控物赋值2.4 μ g/L,允许不确定度的95%可接受范围为1.4~3.4 μ g/L。检测时,每36份样品测定一次质控物,质控结果在可接受范围内。

1.3 统计学分析

调查得到的2263份问卷经统计,14个变量的缺失值百分比在0.62%~32.83%,总缺失数值百分比为9.58%。缺失变量的插补使用R3.6.1的MICE包,使用多重插补法进行插补^[9]。插补后的数据统计分析采用SAS 9.4软件:正态计量资料统计学描述用均数 \pm 标准差,偏态分布用中位数(P25, P75)描述;符合正态分布等条件的单因素样本均数比较使用单因素方差分析,不符合条件使用多个独立样本秩和检验(Kruskal-Wallis检验);两正态分布定量资料相关分析使用Pearson相关系数,非正态分布则使用Spearman相关系数;使用多重线性回归对多因素进行回归分析; $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 人口学特征说明及上海市0~6岁儿童血砷情况

本研究对象的人口学特征显示,男孩占53.3%(1206/2263),>36月龄儿童占65.3%(1477/2263),父母接受大学及以上教育分别占45.0%(1019/2263)和47.3%(1070/2263),家庭年收入大于10万元占54.9%(1243/2263),见表1。2263名儿童血砷浓度范围为0.12~27.94 μ g/L,95%参考范围为0.79~7.41 μ g/L,数据呈偏态分布,中位数(P25, P75)为2.26(1.63, 3.09) μ g/L。此次研究与其他国家儿童血砷水平的比较见表2。

2.2 血砷与各变量之间的关系

人口学特征中,性别、年龄、母亲文化程度、父亲文化程度、家庭收入对儿童血砷的影响差异有统计学意义($P<0.05$),见表1。此外,身体质量指数(BMI)与血砷呈负相关($r_s = -0.059$, $P<0.05$)。饮食研究结果显示,海鱼海虾、淡水鱼淡水虾、贝类、主食米、主食面和牛奶的摄入对血砷结果差异有统计学意义($P<0.05$),而饮用水源对血砷的影响差异无统计学意义($P>0.05$),见表3。

2.3 模型及结果

血砷值为非正态分布,故模型中进行了对数转换。同时,因为饮食之间可能相互影响,所以将所有饮食因素放入模型。依据之前的研究选择需

表1 不同人群特征的儿童血砷水平($n=2\ 263$)
Table 1 Children's blood arsenic concentrations according to characteristics of the study population

分组	样本量/名	占比/%	血砷水平/($\mu\text{g/L}$)
性别	男	1 206	53.3
	女	1 057	46.7
年龄/月	8~36	786	34.7
	37~72	1 477	65.3
母亲文化程度	未上学及小学	146	6.5
	中学	624	27.6
	高中或职高	474	20.9
	大学	863	38.1
	研究生	156	6.9
父亲文化程度	未上学及小学	67	3.0
	中学	616	27.2
	高中或职高	510	22.5
	大学	858	37.9
	研究生	212	9.4
家庭年收入/万元	≤ 3	114	5.0
	4~5	291	12.9
	6~10	615	27.2
	11~24	804	35.5
	≥ 25	439	19.4

注:*为Kruskal-Wallis检验差异有统计学意义($P<0.05$)

表2 不同国家血砷研究报告($\bar{x}\pm s$)
Table 2 Blood arsenic concentrations of different countries

地区及文献	人群	研究类型	血砷水平/($\mu\text{g/L}$)	浓度范围/($\mu\text{g/L}$)
本研究	0~6岁儿童	横断面研究	2.69 \pm 1.91	0.12~27.94
孟加拉国 ^[10]	学龄期儿童	横断面研究	3.2 \pm 1.73(低砷饮水) 6.27 \pm 4.21(高砷饮水)	—
印度 ^[11]	0~2岁,2~10岁	回顾性队列研究	1.5 \pm 1.3,1.4 \pm 1.2	—
美国 ^[12]	4~12岁儿童	前瞻性队列研究	5.0 \pm 3.6	0.9~26.1
加拿大 ^[13]	2~5岁	前瞻性队列研究	0.46(0.22,0.89)	0.150~20.7

注:—表示文献中无该数据

表3 不同饮食因素的儿童血砷水平($n=2\ 263$)
Table 3 Children's blood arsenic concentrations according to food factors

组别	样本量/名	占比/%	血砷水平/($\mu\text{g/L}$)
家中饮用水源	净水	669	29.6
	自来水	1 567	69.2
	浅井水	5	0.2
	深井水	22	1.0
	≤ 3 次/月	786	34.7
海鱼海虾	1~3次/周	970	42.9
	4~6次/周	507	22.4
	≤ 3 次/月	850	37.6
淡水鱼淡水虾	1~3次/周	1 030	45.5
	4~6次/周	383	16.9
	≤ 3 次/月	470	20.8
贝类	1~3次/周	950	42.0
	4~6次/周	843	37.3
	<50	1 366	60.4
主食米/(g/d)	50~100	726	32.1
	≥ 100	171	7.6
	<50	906	40.0
主食面/(g/d)	50~100	1 125	49.7
	≥ 100	232	10.3
	<50	466	20.5
牛奶/(g/d)	50~100	1 041	46.0
	≥ 100	756	33.4

注:*为Kruskal-Wallis检验差异有统计学意义($P<0.05$)

要校正的混杂因素或协变量^[10,14],在多重线性回归模型中对解释变量进行调整,以饮食为主的解释变量(海鱼海虾,淡水鱼淡水虾,贝类,主食米,主食面,牛奶)和混杂因素(性别、年龄、母亲文化程度、父亲文化程度、家庭收入、BMI)放入多重线性回归模型中校正,结果见表4。校正后,饮食高摄入组与对照组的血砷变化比例由 $(10^{\beta}-1)\times 100\%$ 计算而得。主食米摄入组中,与 $<50\text{ g/d}$ 的对照组比较, $50\sim 100\text{ g/d}$ 的大米摄入组血砷增加了15%, $\geq 100\text{ g/d}$ 的大米摄入组血砷增加了20%,差异均有统计学意义($P<0.05$);主食面摄入组中,与 $<50\text{ g/d}$ 的对照组比较, $50\sim 100\text{ g/d}$ 的面摄入组血砷增加了12%, $\geq 100\text{ g/d}$ 的面摄入组血砷增加了15%,差异均有统计学意义($P<0.05$);海鱼海虾摄入组中,与 ≤ 3 次/月的对照组比较, $4\sim 6$ 次/周的海鱼海虾摄入组血砷增加了10%,差异有统计学意义($P<0.05$)。然而,淡水鱼淡水虾摄入组中,与 ≤ 3 次/月的对照组比较, $4\sim 6$ 次/周的淡水鱼淡水虾摄入组血砷降低了9%,差异有统计学意义($P<0.05$)。

表4 饮食因素与血砷关系

Table 4 Associations between the consumption of food items and blood arsenic concentrations

解释变量	回归系数 (95% CI)	P 值	
海鱼海虾	≤3 次/月	对照组	
	1~3 次/周	0.01 (-0.01, 0.04)	0.370
	4~6 次/周	0.04 (0.01, 0.08)	0.007
淡水鱼淡水虾	≤3 次/月	对照组	—
	1~3 次/周	-0.005 (-0.03, 0.02)	0.560
	4~6 次/周	-0.04 (-0.07, -0.01)	0.013
贝类	≤3 次/月	对照组	—
	1~3 次/周	0.02 (-0.04, 0.05)	0.100
	4~6 次/周	0.01 (-0.02, 0.03)	0.620
主食米/(g/d)	<50	对照组	—
	50~100	0.06 (0.04, 0.09)	0.017
	≥100	0.08 (0.04, 0.12)	<0.001
主食面/(g/d)	<50	对照组	—
	50~100	0.05 (0.03, 0.08)	<0.001
	≥100	0.06 (0.02, 0.10)	0.002
牛奶/(g/d)	<50	对照组	—
	50~100	0.02 (-0.09, 0.04)	0.210
	≥100	0.03 (-0.010, 0.06)	0.100

3 讨论

参与研究儿童的血砷中位数 (P25, P75) 为 2.26 (1.63, 3.09) $\mu\text{g/L}$, 血砷浓度最高为 27.94 $\mu\text{g/L}$, 远超出 5 $\mu\text{g/L}$ 的浓度限值^[11], 超标率为 7.6% (172/2 263)。综合高砷饮水区^[10-12]及低砷饮水区^[11, 13]的儿童血砷水平, 参与本次调查的儿童血砷浓度处于适中水平。

研究表明, 当水砷浓度 <10 $\mu\text{g/L}$ 时, 人群膳食中砷暴露的主要来源为大米和小麦^[5], 其次为蔬菜、动物性食物与饮用水^[15]; 食用砷污染大米是以大米为主食人群的主要来源^[16-17]。本次调查 98.8% (2 236/2 263) 儿童饮用自来水和净水, 且不同饮用水源对儿童血砷影响差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 故排除饮用水带来的砷摄入的影响。本研究检测的是儿童血液中总砷, 如无特殊说明则讨论中的砷均指代总砷。

米饭、面条作为我国居民的主食, 几乎每餐含有^[18]。此类食物具备方便、口味清淡、营养价值高和相对低过敏性的特点, 在婴幼儿群体广泛食用。国外对大米类产品 (大米、米麦片、米饼) 的砷含量暴露研究^[19]显示大米砷含量范围为 0.063 ~ 0.334 mg/kg , 婴幼儿每天喂养 4 次大米的砷暴露量是喂养 3 次的 1.67 ~ 3.37 倍。与本研究随着大米摄入量的增多, 儿童血砷相应升高的结果相印证。我国儿童人群食用大米中的砷暴露研究较少, 相关地区青少年食用大米的砷暴露量研究显示, 浙江为每日 0.34 $\mu\text{g/kg BW}$ ^[20], 吉林为每日 1.16 $\mu\text{g/kg BW}$ ^[21]。青少年食用大米的砷暴露量在欧洲食品安全局 (EFSA) 规定范围 (每日 0.3 ~ 8 $\mu\text{g/kg BW}$) 内。

面食中砷暴露对儿童健康风险的研究集中在面粉上, 故从面粉进行阐述。虽然小麦没有水稻的砷富集能力强, 但是儿童通过面粉制品摄入砷的健康风险依然不可忽视^[5]。北京地区儿童膳食中面粉砷暴露的致癌风险为 4.4×10^{-6} , 在美国环保署 (EPA) 推荐的可接受风险水平范围内 ($10^{-6} \sim 10^{-4} \text{ a}^{-1}$)^[4]。河南污染农田地区儿童膳食中面粉砷暴露的非致癌风险 (HI) 超过阈值 1^[22]。值得关注的是, 美国婴幼儿食品研究^[23]表明, 婴幼儿大米类食品的每日无机砷暴露量 (0.16 $\mu\text{g/kg BW}$) 高于小麦 (0.038 $\mu\text{g/kg BW}$)。研究^[24]表明, 面粉砷暴露对儿童健康可能造成一定风险, 同时由于超标大米、饮食摄入、易感性 (低龄婴幼儿更易感) 的原因, 大米砷暴露对儿童造成的健康风险也需引起重视^[25]。

相关研究^[26]显示, 人群膳食中砷暴露的主要来源还包括鱼类和海产品, 其中海产品以无毒性的砷甜菜碱为主。地中海国家儿童食用海鱼砷暴露的健康风险评估显示, 儿童每周摄入 7 次海鱼的 HI (2.32) 高于每周 4 次 HI (1.332)^[27], 与本研究海鱼海虾摄入组相对应。我国福建新罗区学龄前儿童食用海鱼砷的致癌风险在可接受风险水平范围内^[28]。提示随着摄入量的增多, 儿童摄入海鱼的砷暴露风险提高, 需引起重视。虽然人体摄入淡水鱼类的 HI 低于阈值, 但食用淡水产品的砷暴露风险仍需注意^[29-30]。本研究结果中, 淡水鱼淡水虾高摄入组儿童血砷下降的原因是淡水鱼、虾类本身特性所致或受到其他因素的影响, 需要进行进一步研究。

本研究存在的不足之处为检测的是儿童体内的总砷, 无法区分无机砷与有机砷, 因此不能真实

地反映儿童体内不同形态砷化合物的水平。

综上所述,上海市 0~6 岁儿童血砷水平适中,膳食中米、面、海鱼海虾摄入与儿童血砷水平升高相关,淡水鱼淡水虾摄入量与血砷水平降低相关。为降低儿童膳食中砷的暴露水平,建议相关部门及家长关注大米、面粉、海产品类食品质量,确保儿童勿摄入过量海产品及饮食种类多样化。今后应开展血液、尿液不同形态砷化合物的研究,完善主要儿童食品中砷暴露水平及健康风险评估,为保障儿童膳食营养与健康提供依据。

参考文献

- [1] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans [R]. Lyon: IARC, 2012: 85.
- [2] MILLER M D, MARTY M A, LANDRIGAN P J. Children's environmental health [J]. Pediatric Clinics of North America, 2016, 63(1): 149-165.
- [3] YU G Q, SUN D J, ZHENG Y. Health effects of exposure to natural arsenic in groundwater and coal in China; an overview of occurrence [J]. Environmental Health Perspectives, 2007, 115(4): 636-642.
- [4] WANG S Y, WU W Y, LIU F. Assessment of the human health risks of heavy metals in nine typical areas [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2019, 26(12): 12311-12323.
- [5] RASHEED H, KAY P, SLACK R, et al. Arsenic species in wheat, raw and cooked rice: exposure and associated health implications [J]. The Science of the Total Environment, 2018, 634(3): 366-373.
- [6] CAO S Z, DUAN X L, ZHAO X G, et al. Health risks of children's cumulative and aggregative exposure to metals and metalloids in a typical urban environment in China [J]. Chemosphere, 2016, 147(12): 404-411.
- [7] LI M M, GAO Z Y, DONG C Y, et al. Contemporary blood lead levels of children aged 0-84 months in China: a national cross-sectional study [J]. Environment International, 2020, 134: 105288.
- [8] CAO J, LI M M, WANG Y, et al. Environmental lead exposure among preschool children in Shanghai, China: blood lead levels and risk factors [J]. PLoS One, 2014, 9(12): e113297.
- [9] VAN BUUREN S, GROOTHUIS-OUDSHOORN K. Mice: multivariate imputation by chained equations in R [J]. Journal of Statistical Software, 2011, 45(3): 1-67.
- [10] WASSERMAN G A, LIU X H, PARVEZ F, et al. Arsenic and manganese exposure and children's intellectual function [J]. Neuro Toxicology, 2011, 32(4): 450-457.
- [11] IYER S, SENGUPTA C, VELUMANI A. Blood arsenic: Pan-India prevalence [J]. Clinica Chimica Acta, 2016, 455(2): 99-101.
- [12] DEL RIO M, ALVAREZ J, MAYORGA T, et al. A comparison of arsenic exposure in young children and home water arsenic in two rural West Texas communities [J]. BMC Public Health, 2017, 17(1): 850.
- [13] ASHLEY-MARTIN J, DODDS L, ARBUCKLE T E, et al. Blood metal levels and early childhood anthropometric measures in a cohort of Canadian children [J]. Environmental Research, 2019, 179(Pt A): 108736.
- [14] PARAJULI R P, FUJIWARA T, UMEZAKI M, et al. Home environment and cord blood levels of lead, arsenic, and zinc on neurodevelopment of 24 months children living in Chitwan Valley, Nepal [J]. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 2015, 29(8): 315-320.
- [15] KUMARATHILAKA P, SENEWEERA S, MEHARG A, et al. Arsenic accumulation in rice (*Oryza sativa* L.) is influenced by environment and genetic factors [J]. Science of the Total Environment, 2018, 642(6): 485-496.
- [16] TSUJI J S, GARRY M R, PEREZ V, et al. Low-level arsenic exposure and developmental neurotoxicity in children: a systematic review and risk assessment [J]. Toxicology, 2015, 337(9): 91-107.
- [17] JOSEPH T, DUBEY B, MCBEAN E A. A critical review of arsenic exposures for Bangladeshi adults [J]. The Science of the Total Environment, 2015, 527-528(5): 540-551.
- [18] 中国营养学会. 中国居民膳食指南: 2016 科普版 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2016: 7-9.
- [19] SIGNES-PASTOR A J, CAREY M, MEHARG A A. Inorganic arsenic in rice-based products for infants and young children [J]. Food Chemistry, 2016, 191(11): 128-134.
- [20] HUANG Z, PAN X D, WU P G, et al. Health risk assessment of heavy metals in rice to the population in Zhejiang, China [J]. PLoS One, 2013, 8(9): e75007.
- [21] 刘思洁, 王慧, 王博, 等. 吉林省主要食品中砷污染状况及居民膳食暴露风险评估 [J]. 中国食品卫生杂志, 2019, 30(6): 645-649.
- [22] GUO G H, LEI M, WANG Y W, et al. Accumulation of As, Cd, and Pb in sixteen wheat cultivars grown in contaminated soils and associated health risk assessment [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018, 15(11): 2601.
- [23] ROTHENBERG S E, JACKSON B P, CARLY M G, et al. Co-exposure to methylmercury and inorganic arsenic in baby rice cereals and rice-containing teething biscuits [J]. Environmental Research, 2017, 159(8): 639-647.
- [24] LIAO N, SETO E, ESKENAZI B, et al. A comprehensive review of arsenic exposure and risk from rice and a risk assessment among a cohort of adolescents in Kunming, China [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018, 15(10): 2191.
- [25] CHEN H P, TANG Z, WANG P, et al. Geographical variations of cadmium and arsenic concentrations and arsenic speciation in Chinese rice [J]. Environmental Pollution (Barking, Essex), 2018, 238(3): 482-490.
- [26] FERRANTE M, NAPOLI S, GRASSO A, et al. Systematic review of arsenic in fresh seafood from the Mediterranean Sea and European Atlantic coasts: a health risk assessment [J]. Food and Chemical Toxicology, 2019, 126(1): 322-331.
- [27] WOLLE M M, STADIG S, CONKLIN S D. Market basket survey

- of arsenic species in the top ten most consumed seafoods in the United States[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2019, 67(29): 8253-8267.
- [28] 谢恺, 陈美珠, 陈惠琴, 等. 新罗区学龄前儿童食用海鱼摄入汞、砷的健康风险评价[J]. 中国卫生检验杂志, 2016, 26(3): 406-408.
- [29] FU L, LU X B, NIU K, et al. Bioaccumulation and human health implications of essential and toxic metals in freshwater products of Northeast China[J]. Science of the Total Environment, 2019, 673(4): 768-776.
- [30] JIA Y Y, WANG L, LI S, et al. Species-specific bioaccumulation and correlated health risk of arsenic compounds in freshwater fish from a typical mine-impacted river [J]. The Science of the Total Environment, 2018, 625(12): 600-607.

(上接 653 页)

(二) 交通运输部门。负责督促指导进口冷链食品承运单位落实运输环节的主体责任并实施相应消毒处理措施, 在国内运输段严格查验进口冷链食品海关通关单证, 落实进口冷链食品运输工具消毒、一线工作人员个人防护等措施, 配合检查进口冷链食品倒箱过车(从进口集装箱换装至国内运输车辆)过程中的消毒处理措施的落实情况。

(三) 卫生健康部门。负责汇总分析进口冷链食品新冠病毒核酸检测结果, 对进口冷链食品新冠病毒传播风险进行研判, 开展对预防性全面消毒措施的指导评估和检查。

(四) 市场监管部门。负责做好现场检查和索票索证工作, 督促市场开办者、食品生产经营者索取消毒单位出具的进口冷链食品货物业经消毒的证明, 凡是不能提供消毒证明的, 一律不能上市销售。强化对食品生产经营企业进口冷链食品的追溯管理, 对来源不明的进口冷链食品依法进行查处。与有关部门共同监督市场经营单位做好市场环境消毒工作。

(五) 地方人民政府。负责落实本地区进口冷链食品新冠病毒检测和预防性全面消毒工作属地责任, 根据本地区实际情况, 组织相关部门和企业采取切实有效措施做好预防性全面消毒工作, 明确相关部门职责分工, 加强督促检查, 确保进口冷链食品消毒工作责任和措施落实到位。

(六) 相关生产经营单位。生产、加工、储存、销售等生产经营单位组织或委托有资质的消毒单位实施消毒。承运单位负责组织或委托有资质的消毒单位, 对装运前后的进口冷链食品装载运输工具组织实施消毒。消毒单位按照有关消毒技术规范开展具体的消毒作业, 确保消毒效果。进口企业负责如实申报进口产品信息, 配合各生产经营单位开展消毒工作, 并做好进口冷链食品的销售记录和流向记录。

三、工作内容

(一) 基本要求。

总结进口冷链食品新冠病毒检测、消毒处理工作好的经验和做法, 在不改变各地现有总体防控安排的前提下, 根据进口冷链食品的物流特点, 在按要求完成新冠病毒检测采样工作后, 分别在口岸查验、交通运输、掏箱入库、批发零售等环节, 在进口冷链食品首次与我境内人员接触前实施预防性全面消毒处理。加强部门协同配合, 对进口冷链食品装载运输工具和包装原则上只进行一次预防性全面消毒, 避免重复消毒, 防止专为消毒作业实施掏箱、装箱, 避免增加不必要的作业环节和成本, 影响物流和市场供应。消毒实施单位应详细记录消毒工作情况, 包括消毒日期、人员、地点、消毒对象、消毒剂名称、浓度及作用时间等内容, 相关资料和记录应至少留存 2 年。

(二) 工作流程。

1. 口岸环节。进口企业如实申报进口冷链食品的相关信息, 海关部门根据制定的风险监测计划, 加强对进口冷链食品的检测工作。检测结果为阳性的, 按规定作退运或销毁处理。检测结果为阴性的, 海关部门组织指导督促查验场地经营者或进口企业, 对进口冷链食品的集装箱内壁、货物外包装实施消毒。消毒完成后, 消毒单位出具该批货物业经消毒的证明。未在口岸环节消毒的进口冷链食品按规定放行后, 在后续环节予以消毒。

2. 冷链运输和出入库环节。进口冷链食品在从集装箱卸货换装至国内运输工具时, 货主或其代理人对货物包装实施消毒。进口冷链食品运输过程中, 承运企业不得开箱, 在国内运输段交通运输管理部门要督促指导冷链物流企业严格查验海关通关单证, 落实运输车辆船舶等装载运输装备消毒、一线工作人员个人防护等措施。冷库接受进口冷链食品时, 应如实记录并核对集装箱号及铅封号, 做好货物的出入库记录, 相关资料和记录应至少留存 2 年。

3. 流通环节。对从口岸放行的进口冷链食品, 在社会冷库或企业冷库倒箱过车、入库存储前, 相关生产经营单位查验货物所附的消毒证明, 如未消毒, 则在掏箱卸货时, 对该批货物的集装箱内壁、货物外包装实施消毒。消毒完成后, 消毒单位出具该批货物业经消毒的证明。生产经营单位对需打开外包装的货物的内包装实施消毒。

4. 市场环节。进口冷链食品销售市场要加强管理, 规范市场卫生环境, 做好销售场所的日常消毒工作。要严格落实防控要求, 加强进口冷链食品是否消毒的相关证明查验工作, 防止未经过预防性全面消毒处理的进口冷链食品进入市场。进一步完善追溯管理, 做到所有进入市场的进口冷链食品来源可查、去向可追。

四、消毒方式

进口冷链食品的口岸消毒方式方法由海关确定, 进口冷链食品入境后的消毒方式方法由地方人民政府按照《冷链食品生产经营过程新冠病毒防控消毒技术指南》及有关规定确定。