

食品镉污染与儿童健康及其防治的研究进展

刘占鳌*, 裴艳琴

(西安医学高等专科学校, 西安 710309)

摘 要: 随着工业化进程的加快, 工业生产形成的污染物对土壤和环境都造成了严重的影响, 进而影响到人类的食品安全, 其中以镉为代表的重金属污染日益突出。镉是一种可以在生物体内富集的有毒重金属, 是仅次于黄曲霉毒素和砷的食品污染物, 儿童作为易感人群, 镉暴露对其健康危害较大, 近年来研究重金属污染对儿童生长发育的危害更是探讨的重点。本文对食品中镉污染的来源及其对人体特别是儿童带来的危害进行了综述, 并提出了防治措施, 以期改善镉对食品的污染、预防儿童镉中毒提供参考。

关键词: 镉; 食品; 儿童; 健康危害; 防治

Research progress on cadmium pollution in food with children's health and its prevention

LIU Zhan-Ao*, PEI Yan-Qin

(Xi'an Medical College, Xi'an 710309, China)

ABSTRACT: With the acceleration of industrialization, the pollutants formed by industrial production have caused serious impacts on the soil and environment, thus affecting human food safety. The heavy metal pollution represented by cadmium is becoming more and more prominent. Cadmium is a toxic heavy metal that can be enriched in living organisms, cadmium poisoning is the second only food contamination of aflatoxin and arsenic. Children as a susceptible population, cadmium exposure is harmful to their health. So the study of the harm of heavy metal pollution to the growth and development of children in recent years is the focus of discussion. This paper reviewed the sources of cadmium pollution in food and its harm to human body, especially children, and put forward the prevention and control measures, in order to provide reference for improving the pollution of cadmium to food and preventing cadmium poisoning in children.

KEY WORDS: cadmium; food; children; health hazard; prevention and cure

1 引 言

食品安全是关系到国计民生的头等大事, 正所谓“病从口入”, 保障食品安全是事关国民身体健康及社会稳定的基本要义。在食品安全性方面, 影响因素很多, 其中近年来极受关注的就是重金属对食品的污染问题, 常见的有重金属中的汞、镉、铅等。在国际上, 随着 1972 年联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization, FAO)和世界贸易组织(World Trade Organization, WTO)联合专家

委员会在关于食品污染的毒性报告发布, 镉是仅次于黄曲霉毒素和砷的食品污染物, 联合国环境规划署 1984 年提出具有全球意义的 12 种有害物质中镉被列为首位^[1,2]。为了更好地保障人类饮食安全与健康, 联合国粮农组织和世界卫生组织食品添加剂联合专家委员会(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)对镉暴露进行风险评估补充和更新, 包括各种食品中镉最高限量值(maximum levels, MLs)对膳食暴露的影响^[3-7]。2013 年, 我国卫生部公布了新修订完成的食品安全国家标准 GB

*通讯作者: 刘占鳌, 讲师, 主要研究方向为全科医生和高职教育的教学与科研工作。

*Corresponding author: LIU Zhan-Ao, Lecturer, Xi'an Medical College, No.105, Xian Road, Hui District, Xi'an 710309, China.

2762-2012《食品中污染物限量》,并于同年正式施行,规定大米镉的限量标准仍维持在 0.2 mg/kg,比国际标准的 0.4 mg/kg 更严格^[8]。鉴于此,本文简要概述了食品镉污染的来源及其对人体特别是儿童造成的危害,并针对此讨论了可行的防治措施,旨在提高民众对食品镉污染的重视以及为监督控制食品中镉的含量、保障食品安全提供理论参考。

2 食品镉污染来源

从化学性质上来说,镉(cadmium, Cd)是一种具有灰色金属光泽的非典型过渡性重金属,位于元素周期系的 IIB 族,固体密度为 8.6 g/cm³,液体密度为 8.0 g/cm³,半衰期长达 20~30 年,作为一种蓄积性的重金属元素,即便在很低的浓度水平上,也会对人体和其他生物造成危害^[9]。除了环境污染外,由食物链富集作用引发的食品重金属镉污染也是重要的因素,从而引起人体各种急性、慢性毒性作用,因此全球环境监测系统(global environmental monitoringsystem, GEMS)及中国的食品污染物监测和评价系统已将食品中镉含量定为必测项目之一^[10]。

2.1 镉污染来源

根据来源分类,镉进入食物的来源分为水体、土壤、空气、胃肠道吸收等途径^[11]。

2.1.1 水体来源

在工业生产中,源于矿山开采、镀锌过程及染料、塑料稳定剂、油漆着色剂与轮胎生产的污水多含有镉,含镉废水随排污或自然降水进入河道等水环境,从而污染河流或直接进入河道两岸土地^[12]。镉在自然水体中主要以二价镉离子、镉的氢化物存在,水污染是镉进入环境的最主要途径,根据资料统计,我国诸多水系、湖泊和水库均存在不同程度的镉超标情况^[13,14]。水体污染是造成鱼类、甲壳类及软体类水产品镉含量增加的主要原因,镉能够与水中的有机质结合或与铁、铝、镁的氧化物发生共沉淀,进而转移到沉积物中,并被贝类、鱼类和海藻等水生动植物吸收最终进入食物链,并将镉浓缩于机体,对人体造成伤害,尤其对儿童健康造成不可逆的影响,震惊世界的“痛痛病”就是由于含镉废水污染土壤后转移至农产品中,通过食物链转移到人体内而造成的^[15]。由于人体每日饮水量较大,世界各国对饮水中镉含量比较关注,2011 年新加坡第四版《饮用水水质准则》中镉限值设定为 0.33 mg/L^[16],我国 GB 5749-2006《生活饮用水卫生标准》中镉限值为 0.55 mg/L^[16],CJ 94-2005《饮用净水水质标准》中镉限值为 0.003 mg/L^[17]。

2.1.2 土壤来源

金属镉主要通过污染农用土壤,被农作物吸收聚集后对食物造成污染。全世界每年共散发 39 万吨镉,其中

56%直接进入土壤^[18],重金属镉一般随着大气沉降、污水、农用投入品进入土壤。

其中,大气中的镉主要来源于工业废弃物、再加工金属及矿产资源开发利用等,大气中的 Cd 经过自然沉降和随着降水进入土壤^[19]。污水中的重金属镉主要来源于矿山、熔炼厂、煤灰或焚烧炉渣。目前,世界许多国家在农业上利用污水作为灌溉水源即再生水,工矿企业污水未经分流处理而排入下水道与生活污水混合排放,从而造成污灌区土壤重金属 Cd 等含量逐年增加^[20]。在农牧业中,化肥农药及饲料大量、长期的不当使用也会造成土壤的镉污染,有机肥中常含有一定量的重金属,我国每年农药使用量是世界平均水平的 2.5 倍,喷洒的农药有 99.9%会进入生态系统^[21,22],农药中的重金属会造成大面积的土壤重金属、激素污染;此外,现代畜牧业中使用的饲料添加剂中也含有一定量的重金属,会导致规模化养殖业产生的动物粪便中镉含量超标^[23],给土壤镉污染造成隐患,进而被作物吸收并富集。

2.1.3 空气及胃肠道吸收来源

人体对空气中镉化合物的吸收取决于空气中镉的颗粒大小和溶解度等物理形态,氧化镉和硫化镉均不能溶解于水,但前者易在肺内溶解而后者主要在肺内被清除。对人体来讲,吸入高于氯化镉或氧化镉 10 倍剂量的硫化镉可引起同样的急性肺损伤,吸入氯化镉对肺的毒性与其在肺内的沉积量有关,而沉积量与吸入微粒的大小呈负相关^[24]。纸烟的烟雾含有大量的镉,一支香烟约含镉 1~2 μg,其毒性比进入食道的镉大 60 倍^[25]。

胃肠道对镉的吸收受到众多膳食和生理因素的影响,当人体摄入镉的主要来源是食物时,仅 1%~3%被吸收,其余的从粪便排出。镉是通过二价金属载体 1(divalent metal transporter 1, DMT1)在肠上皮细胞被吸收,当机体缺铁及妊娠时,小肠内功能性 DMT1 蛋白随 mRNA 水平的上调而增加,从而促进镉在胃肠道的吸收^[26,27]。

3 镉污染对儿童健康危害

重金属镉被人体吸收后主要分布在肝脏和肾脏中,进而与含有羧基、氨基和巯基等基团的低分子物质结合,引发人体的疲劳、嗅觉失灵和血红蛋白降低等慢性中毒症状^[28,29]。镉引起的急性中毒症状与一般食物中毒相似,主要表现为呕吐、腹泻、腹痛等消化道危害,长期镉暴露还会引起人体内应激反应失调,进而危害到人体主要器官,甚至会侵害到免疫系统,继而引发肿瘤,甚至会产生致癌效应^[30,31]。

儿童作为一个处于成长期的群体,免疫力差,新陈代谢系统尚未发育完全。儿童对镉暴露更敏感,长期低剂量镉暴露,不仅影响肾脏和骨骼的正常发育,还会影响免疫系统的正常功能与发育,并对高级神经活动如学习、记忆有损害作用。对于此群体来说,金属镉进入体内后能够使

蛋白质结构发生不可逆的改变,体内细胞无法获得营养、排出废物,也无法产生能量,会出现乏力、头昏、头疼、食欲下降、睡眠障碍等症状,并可能产生长期持续作用至青少年和成年阶段^[32]。如果儿童在生长发育期间暴露于重金属污染中,与成年后接触重金属污染的人群相比,其罹患重金属导致疾病的几率更大。

近年来相关文献^[33,34]报道主要集中在对肾脏及骨骼的影响,对神经行为方面损害的报道较少。国外曾报道精神发育迟滞者及边缘弱智者体内铅、镉水平明显高于对照组^[35],且铅、镉对儿童神经行为和认知能力损伤具有协同作用^[36]。国内马军等^[37]采用“韦氏记忆量表”,对8~10岁健康男生进行记忆能力测验,结果发现某镉污染区学生记忆商低于对照区,说明镉对发育期小学生记忆能力有损害作用,主要表现在长时记忆和短时记忆。唐凤^[38]用学习成绩、智商测验等方法,进行儿童智力发育和镉水平关系的调查,发现血镉水平是可能导致言语智商下降的危险因素。此外,也有相关流行病学的调查开展,比如刘春华等^[39]以污染区儿童发镉为评判依据,通过对其身高、体重、胸围、肺活量等指标进行调查发现,污染区儿童生长发育水平较对照区落后,发镉含量与对照区比较具有统计学意义差异,表明镉污染对儿童生长发育确有影响;且污染区居民罹患慢性病的发生率高于对照区,进一步表明了镉的免疫毒性和遗传毒性^[40,41]。由此可见,镉污染对儿童的健康有着极大的危害,应该对其高度关注,采取有效措施预防,将其危害程度尽可能降到最低。

4 防治研究

综上所述,镉广泛存在于生产和生活环境中,是一种对人类健康危害严重的金属,对动物有明显的发育毒性^[42,43],并导致人类出生儿体重低的发生^[44]。因此对镉污染的防治应采取环境干预、健康教育和临床治疗相结合的综合措施,并重在预防,早预防、早发现、早干预中毒性肾损伤有利于儿童的健康成长^[45]。

其一,随着各种技术和仪器的不断完善,优化创新镉的检测技术。重组单克隆抗体的构建技术、基因工程抗体和蛋白质工程技术等为重金属离子的免疫学检测提供了新的技术^[46,47],也为重金属镉的快速检测方法提供了新方向,寻找简便快速、检测限低、灵敏度高、适合现场检测的检测方法将是检测领域的一个重要发展方向。

其二,要加强重金属污染防治立法工作的科学性,充分考虑立法工作的复杂性,尽快增订、修订国家食品卫生标准中关于镉的限量规定,解决由于没有完善的标准体系造成卫生管理部门难以对食品镉污染进行有效的监控管理问题,重点监管与人民健康密切相关的污染源、风险源^[48]。加大环境综合治理力度,解决工业有害物质、城市垃圾对

农田、海域、河流的污染,加强对养殖业饲料添加剂使用和监督管理,从根本上解决重金属镉对农产品、水产品的污染^[49]。

其三,通过加强人群健康教育,提高生活水平等途径,可能有利于降低儿童体内镉负荷^[50]。同时应加强对重金属重点防护区域人群体内重金属负荷和健康状况的定期监测,特别是儿童、产妇等重金属暴露敏感人群,并采取有效防护措施,保护人群健康。

5 结 语

近年来中国食品安全问题频频发生,众多食品安全事件引发信任危机,食品安全问题不仅是一个纯粹的行业现象,更是社会热点,应该引起全社会的高度重视和各部门机构的协同参与。面对如此社会背景,需加大环境综合治理力度,解决工业有害物质、城市垃圾对农田、海域、河流的污染,加强对养殖业饲料添加剂的监督管理,从根本上解决重金属镉对农产品、水产品的污染。总之,食品安全需要消费者、食品生产者、公共卫生人员和政府的共同努力,建立“从农田到餐桌”的全过程管理模式,做好健康宣传教育工作,更重要的是制定和完善有关标准法规,使防治儿童镉中毒工作有法可依。

参考文献

- [1] 童潜明. 洞庭湖区土壤、稻米的镉问题及其治理[J]. 武陵学刊, 2012, (5): 8-12.
Tong QM. Soil and rice cadmium problems in the Dongting lake area and solutions [J]. J Wuling, 2012, (5): 8-12.
- [2] 黄林. 镉对南方鲇血液学指标和造血器官的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2010.
Huang L. Effects of cadmium on southern catfish's haematology and haematopoietic organs [D]. Chongqing: Southwest University, 2010.
- [3] The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series No. 960. Evaluation of certain food additives and contaminants [R]. Geneva: WHO, 2011.
- [4] Margrete MH, Lise B, Berit BI, *et al.* Low iron stores are related to higher blood concentrations of manganese, cobalt and cadmium in non-smoking, Norwegian women in the HUNT 2 study [J]. Environ Res, 2010, 110(5): 497-504.
- [5] Nowrot T, Geusens P, Nulens TS, *et al.* Occupational cadmium exposure and calcium excretion, bone density, and osteoporosis in men [J]. J Bone Miner Res, 2010, 25(6): 1441-1445.
- [6] 曾艳艺, 赖子尼, 许玉艳, 等. JECFA 对食品中镉的风险评估研究进展 [J]. 中国渔业质量与标准, 2013, 3(2): 11-17.
Zeng YY, Lai ZN, Xu YY, *et al.* Advancement of JECFA report on risk assessment of cadmium dietary exposure [J]. China Fish Qual Stand, 2013, 3(2): 11-17.
- [7] 刘思洁, 白光大, 王慧, 等. 吉林省居民主要膳食镉暴露风险评估[J]. 现代预防医学, 2018, 45(17): 45-51.
Liu SJ, Bai GD, Wang H, *et al.* Risk assessment of major dietary cadmium

- exposure for the residents, Jilin [J]. *Mod Prev Med*, 2018, 45(17): 45–51.
- [8] 南静, 池方方, 冀州, 等. 陕西省食品中污染物限量使用情况跟踪评价研究[J]. *国外医学*, 2017, 38(4): 317–320.
- Nan J, Chi FF, Ji Z, *et al*. Investigation on the application of the national food safety standard in Shaanxi province [J]. *Foreign Med Sci*, 2017, 38(4): 317–320.
- [9] 赵静, 孙海娟, 冯叙桥. 食品中重金属镉污染状况及其检测技术研究进展[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(16): 371–376.
- Zhao J, Sun HJ, Feng XQ. Research progress in pollution of heavy metals cadmium and its detection technology in food [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2014, 35(16): 371–376.
- [10] 刘岭, 贺浪冲, 梁晓聪, 等. 陕西省 2002–2007 年食品中镉污染现状及分析[J]. *现代预防医学*, 2010, 37(18): 3447–3451.
- Liu L, He LC, Liang XC, *et al*. Analysis of food contamination caused by cadmium in Shanxi from 2002 to 2007 [J]. *Mod Prev Med*, 2010, 37(18): 3447–3451.
- [11] 方琳娜, 方正, 钟豫. 土壤重金属镉污染状况及其防治措施——以湖南省为例[J]. *现代农业科技*, 2016, (7): 212–213, 219.
- Fang LN, Fang Z, Zhong Y. Status and countermeasures of Cd-pollution in soil: taking Hunan province for example [J]. *Mod Agric Sci Technol*, 2016, (7): 212–213, 219.
- [12] 苗玉红, 王宜伦, 汪强, 等. 淮河及其支流沿岸土壤重金属铅镉含量及评价[J]. *江西农业学报*, 2010, 22(6): 104–107, 110.
- Miao YH, Wang YL, Wang Q, *et al*. Content and evaluation of soil heavy metals lead and cadmium along huaihe river and its branches [J]. *Acta Agric Jiangxi*, 2010, 22(6): 104–107, 110.
- [13] 张晓健, 陈超, 米子龙, 等. 饮用水应急除镉净水技术与广西龙江河突发环境事件应急处置[J]. *给水排水*, 2013, (1): 24–32.
- Zhang XJ, Chen C, Mi ZL, *et al*. Emergent cadmium removal technology for drinking water and measures for environmental accident in Guangxi Longjianghe river [J]. *Water Wastewater Eng*, 2013, (1): 24–32.
- [14] 苏凯, 贺玉龙, 郭磊. 钠基蒙脱石吸附水体中镉离子的研究[C]. 第二届全国流域生态保护与水污染控制研讨会, 2014.
- Su K, He YL, Guo L. Study on adsorption of cadmium ions in water by sodium montmorillonite [C]. The second national seminar on ecological protection and water pollution control, 2014.
- [15] Bouchard MF, Sauvé S, Barbeau B, *et al*. Intellectual impairment in school-age children exposed to manganese from drinking water [J]. *Environ Health Perspect*, 2011, 119(1): 138–143.
- [16] 何文杰, 李荣光, 韩宏大, 等. 饮用水中镉污染的应急处理技术中试研究[J]. *中国给水排水*, 2011, 27(17): 62–64.
- He WJ, Li RG, Han HD, *et al*. Pilot study on emergency treatment technology of drinking water polluted by Cadmium [J]. *China Water Wastewater*, 2011, 27(17): 62–64.
- [17] 吕海泉, 张晶, 陈晓霞. 石墨炉原子吸收光谱法测定饮用水中镉含量[J]. *辽宁化工*, 2013, 42(5): 565–566.
- Lv HQ, Zhang J, Chen XX. Determination of Cd content in water by graphite furnace atomic absorption spectrometry [J]. *Liaoning Chem Ind*, 2013, 42(5): 565–566.
- [18] 李洁, 陈波, 吴佳倩, 等. 上海市 2008 年猪肉相关食品中镉污染特征分析[J]. *上海预防医学*, 2010, (3): 124–125.
- Li J, Chen B, Wu JQ, *et al*. Cadmium contamination in pork and its related foods in Shanghai in 2008 [J]. *Shanghai J Prev Med*, 2010, (3): 124–125.
- [19] 王艳, 蔡祖根, 甄世祺. 饮用水中化学污染物对儿童青少年健康的影响[J]. *江苏预防医学*, 2017, 25(6): 37–39.
- Wang Y, Cai ZG, Zhen SQ. Effect of chemical pollutants in drinking water on the health of children and adolescents [J]. *Jiangsu J Prev Med*, 2017, 25(6): 37–39.
- [20] Acosta JA, Jansen B, Kalbitz K, *et al*. Salinity increases mobility of heavy metals in soils [J]. *Chemosphere*, 2011, 85: 1318–1324.
- [21] 高强. 有机肥施用对土壤和玉米籽粒中重金属累积效应的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2017.
- Gao Q. Effect of organic fertilizer application on heavy metal accumulation in soil and maize grains [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2017.
- [22] 鲁洪娟, 马友华, 樊霆, 等. 有机肥中重金属特征及其控制技术进展[J]. *生态环境学报*, 2014, (12): 2022–2030.
- Lu HJ, Ma YH, Fan T, *et al*. Research progress on characteristics of heavy metals in organic manure and control technology [J]. *Ecol Environ Sci*, 2014, (12): 2022–2030.
- [23] 蔡美芳, 李开明, 谢丹平, 等. 我国耕地土壤重金属污染现状与防治对策研究[J]. *环境科学与技术*, 2014, 37(12): 223–230.
- Cai MF, Li KM, Xie DP, *et al*. Study on the present situation and countermeasures of heavy metal pollution in the cultivated land in China [J]. *Environ Sci Technol*, 2014, 37(12): 223–230.
- [24] 杨杏芬, 吴永宁. 镉对人群健康效应研究需要注重肾损害水平之下的低剂量暴露[J]. *中华预防医学杂志*, 2016, 50(4): 292–295.
- Yang XF, Wu YN. Adverse effects of low dose exposures to cadmium below renal damage level should be emphasized for human health effect studies [J]. *Chin J Prev Med*, 2016, 50(4): 292–295.
- [25] 吕颖坚. 长期环境镉暴露人群骨骼健康效应及骨代谢机制研究[D]. 广州: 南方医科大学, 2017.
- Lv YJ. Study on bone health effect and bone metabolism mechanism of long-term environmental cadmium exposure population [D]. Guangzhou: Southern Medical University, 2017.
- [26] 李超, 艾绍英, 唐明灯, 等. 矿物调理剂对稻田土壤镉形态和水稻镉吸收的影响[J]. *中国农业科学*, 2018, 51(11): 2143–2154.
- Li C, Ai SY, Tang MD, *et al*. Effects of a mineral conditioner on the forms of Cd in paddy soil and Cd uptake by rice [J]. *Sci Agric Sinica*, 2018, 51(11): 2143–2154.
- [27] Riederer, Anne M, Belova, *et al*. Urinary Cadmium in the 1999–2008 U.S. national health and nutrition examination survey [J]. *Environ Sci Technol*, 2013, 2(2): 1137–1147.
- [28] 贾荣飞, 朱国英, 金泰庚, 等. 长期低剂量镉暴露对大鼠破骨细胞形成的影响[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2014, (9): 1084–1088.
- Jia RF, Zhu GY, Jin TY, *et al*. Effect of long-term, low-dose exposure of cadmium on the formation of osteoclasts in rats [J]. *Chin J Osteoporosis*, 2014, (9): 1084–1088.
- [29] Adams SV, Passarelli MN, Newcomb PA. Cadmium exposure and cancer mortality in the third national health and nutrition examination survey cohort [J]. *Occup Environ Med*, 2012, 69(2): 153–156.
- [30] Wlostowski T, Krasowska A, Bonda E. Joint effects of dietary cadmium and polychlorinated biphenyls on metallothionein induction, lipid peroxidation and histopathology in the kidneys and liver of bank voles [J]. *Ecotox Environ Saf*, 2016, 69(3): 403–410.
- [31] Liu J, Qu W, Kadiiska MB. Role of oxidative stress in cadmium toxicity

- and carcinogenesis [J]. *Toxicol appl pharm*, 2016, 238(3): 209–214.
- [32] 容丽萍, 许园园, 蒋小云. 重金属中毒与儿童肾损伤[J]. 中国当代儿科杂志, 2014, (4): 325–329.
- Rong LP, Xu YY, Jiang XY. Heavy metal poisoning and renal injury in children [J]. *Chin J Contemp Pediatr*, 2014, (4): 325–329.
- [33] Prozialeck WC, Edwards JR. Mechanisms of cadmium-induced proximal tubule injury: New insights with implications for biomonitoring and therapeutic interventions [J]. *J Pharma Exp Ther*, 2012, 343(1): 2–12.
- [34] 王雨昕, 李筱薇, 赖建强. 镉暴露对人体骨骼影响的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, (6): 2230–2234.
- Wang YX, Li XW, Lai JQ. Research progress on the effect of cadmium exposure on human bone [J]. *J Food Saf Qual*, 2015, (6): 2230–2234.
- [35] Ciesielski T, Weuve J, Bellinger DC, *et al.* Cadmium exposure and neurodevelopmental outcomes in U.S. children [J]. *Environ Health Perspect*, 2012, 120(5): 758–763.
- [36] Cao Y, Chen A, Radcliffe J, *et al.* Postnatal cadmium exposure, neurodevelopment, and blood pressure in children at 2, 5, and 7 years of age [J]. *Environ Health Perspect*, 2009, 117(10): 1580–1586.
- [37] 马军, 斯硕, 叶广俊. 环境镉污染对儿童学习记忆的影响[J]. 中国学校卫生, 2000, 21(6): 440–441.
- Ma J, Si Q, Ye GJ. Effects of environmental cadmium pollution on learning and memory of children [J]. *Chin J School Health*, 2000, 21(6): 440–441.
- [38] 唐凤. “毒玩具”: 儿童身边的潜在威胁[J]. 科学新闻, 2012, (1): 84–85.
- Tang F. "Toxic toy": Potential threats to children [J]. *Sci News*, 2012, (1): 84–85.
- [39] 刘春华, 陈玉惠, 吴锡南, 等. 环境镉污染对儿童健康影响的调查[J]. 环境与健康杂志, 1995, 12(1): 13–15.
- Liu CH, Chen YH, Wu XN, *et al.* Investigation on the effect of environmental cadmium pollution on children's health [J]. *J Environ Health*, 1995, 12(1): 13–15.
- [40] 杨刚, 沈飞, 钟贵江, 等. 西南山地铅锌矿区耕地土壤和谷类产品重金属含量及健康风险评价[J]. 环境科学学报, 2011, 31(9): 2014–2021.
- Yang G, Shen F, Zhong GJ, *et al.* Concentration and health risk of heavy metals in crops and soils in a zinc-lead mining area in southwest mountainous regions [J]. *Acta Sci Circumstantiae*, 2011, 31(9): 2014–2021.
- [41] 唐春宇. 沙颍河某县段面铅、镉污染对儿童生长发育及智力的影响[D]. 郑州: 郑州大学, 2012.
- Tang CY. Effects of lead and cadmium pollution on growth and intelligence of children in a county section of Shayinghe river [D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2012.
- [42] 邓新, 温璐璐, 迟鑫妹. 镉对人体健康危害及防治研究进展[J]. 中国医疗前沿, 2010, 5(10): 4–5.
- Deng X, Wen LL, Chi XS. Cadmium hazards to human health and the prevention and treatment research new [J]. *National Med Front China*, 2010, 5(10): 4–5.
- [43] 曾晨. 汞、镉、铅、砷对斑马鱼早期胚胎发育的复合毒性效应及标志基因筛选[D]. 北京: 中国环境科学研究院, 2018.
- Zeng C. Mixture toxic of mercury, cadmium, lead and arsenic in early embryonic development of zebrafish (*Danio rerio*) and marker genes screening [D]. Beijing: Chinese Research Academy of Environmental Sciences, 2018.
- [44] Bitto A, Pizzino G, Irrera N, *et al.* Epigenetic modifications due to heavy metals exposure in children living in polluted areas [J]. *Curr Genomics*, 2014, 15(6): 464–468.
- [45] Yang G, Shen F, Zhong G, *et al.* Concentration and health risk of heavy metals in crops and soils in a zinc-lead mining area in southwest mountainous regions [J]. *Acta Sci Circumstantiae*, 2011, 31(9): 2014–2021.
- [46] 冷进松, 高雪梅, 王磊鑫. 食品中重金属污染的危害及其检测技术研究进展[J]. 农产品加工, 2015, (23): 50–53.
- Leng JS, Gao XM, Wang LX. Hazards of heavy metal pollution in food and progress in study on analysis technologies [J]. *Aem Rod Rocess*, 2015, (23): 50–53.
- [47] 董文华. 原子吸收光谱法在食品重金属检测中的应用分析[J]. 科技风, 2017, (11): 285–285.
- Dong WH. Application and analysis of atomic absorption spectrometry in the detection of heavy metals in food [J]. *Technol Wind*, 2017, (11): 285–285.
- [48] 项翠琴, 王文静, 顾祖维. 镉性肾损伤的研究进展[J]. 中国职业医学, 2002, 29(3): 54–56.
- Xiang CQ, Wang WJ, Gu ZW. Research progress of cadmium induced renal injury [J]. *China Occup Med*, 2002, 29(3): 54–56.
- [49] 黄晋荣. 电子垃圾拆解区学龄儿童重金属暴露对尿视黄醇结合蛋白和Beta-2-微球蛋白含量的影响[D]. 汕头: 汕头大学, 2010.
- Huang JR. Effect of heavy metal exposure on urinary retinol binding protein and Beta-2- microglobulin in school-age children in electronic waste disassembly area [D]. Shantou: Shantou University, 2010.
- [50] Lattka E, Illig T, Heinrich J, *et al.* FADS gene cluster polymorphisms: important modulators of fatty acid levels and their impact on atopic diseases [J]. *J Nutrigenet Nutrige*, 2015, 2(3): 119–128.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介

刘占鳌, 讲师, 主要研究方向为全科医生和高职教育的教学与科研工作。
E-mail: y28980@163.com