

·营养与食品卫生·

深圳市南山区市售食品中镉污染情况及暴露风险评估

张灼晖¹, 朱凤², 谢雨晨¹, 刘艳玲¹, 曾宪冬¹

1. 深圳市南山区疾病预防控制中心, 广东 深圳 518054; 2. 深圳市南山区慢性病防治院, 广东 深圳 518054

摘要:目的 了解深圳市南山区市售食品中镉含量水平, 并结合深圳市居民膳食摄入量评估其暴露风险。方法 采取分层随机抽样方法, 在 2018—2022 年采集 810 份深圳市南山区市售食品, 采用电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)法检测样品中镉含量, 并依据 GB 2762—2022《食品安全国家标准 食品中污染物限量》标准对检测结果进行评价。结合居民膳食摄入量, 采用点评估、安全限值法(margin of safety, MOS)和化学致癌物风险模型评估镉对居民健康的暴露风险。结果 810 份食品中镉含量均值为 0.325 mg/kg, 检出率为 44.44%(360/810), 超标率为 6.17%(50/810)。居民每月膳食平均膳食暴露量为 17.731 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{BW})$, MOS 值 >1 , R^c 值为 4.030×10^{-5} 年; 每月镉高端膳食暴露量为 38.536 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{BW})$, MOS 值 <1 , R^c 值为 8.740×10^{-5} 年, 提示该摄入量水平下居民存在通过日常膳食摄入致癌的风险。结论 深圳市南山区市售食品存在镉污染现象, 居民通过日常膳食摄入镉对健康造成的风险较低, 但高端膳食暴露人群存在健康风险。相关部门应加强对市售食品的监管, 特别是米及米制品、水产品 and 蔬菜, 控制居民通过膳食摄入镉的健康风险。

关键词: 镉; 膳食暴露; 风险评估

中图分类号: R155.5 文献标志码: A 文章编号: 1003-8507(2024)03-439-06

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202310101

Cadmium pollution and exposure risk assessment of food sold in Nanshan district of Shenzhen city

ZHANG Zhuo-hui*, ZHU Feng, XIE Yu-chen, LIU Yan-ling, ZENG Xian-dong

*Center for Disease Control and Prevention of Nanshan District, Shenzhen, Guangdong 518054, China

Abstract: **Objective** To investigate the level of cadmium in food sold in Nanshan District of Shenzhen, and to evaluate its exposure risk based on the dietary intake of residents in Shenzhen. **Methods** Using stratified random sampling method, 810 food samples sold in Nanshan district of Shenzhen city were collected from 2018 to 2022. The content of cadmium in the samples was determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), and the test results were evaluated according to GB2762-2022 "Food Safety National Standard for Contaminants in Food". Based on the residents' dietary intake, point assessment, margin of safety (MOS), and chemical carcinogen risk model were used to evaluate the exposure risk of cadmium to residents' health. **Results** The average content of cadmium in 810 food samples was 0.325 mg/kg, the detection rate was 44.44% (360/810), and the over-standard rate was 6.17% (50/810). The average monthly dietary exposure of cadmium was 17.731 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{BW})$, MOS >1 , R^c was 4.030×10^{-5} per year, and the monthly high-end dietary exposure of cadmium was 38.536 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{BW})$, MOS <1 , R^c was 8.740×10^{-5} per year, suggesting that there was carcinogenesis risk through daily dietary intake. **Conclusion** There is cadmium contamination in food sold in Nanshan district of Shenzhen city. The health risk of residents exposed to cadmium through daily diet is low, but there is a health risk among people exposed to high-end diet. The relevant departments should strengthen the supervision of food sold in the market, especially rice and rice products, aquatic products, and vegetables, so as to control the health risk of dietary exposure to cadmium.

Keywords: Cadmium; Dietary exposure; Risk assessment

镉是一种人类在工作或环境中可能接触到的、对人类和动物有毒性的非必要元素。随着人类的活动, 人体可通过食物、水、空气、职业暴露和香烟吸入等途径接触镉, 膳食摄入是普通居民的主要暴露形式^[1-2]。镉一旦进入人体在肾脏、肝脏和肠道中蓄积, 生物半

衰期约 10~30 年, 对身体多系统产生不良影响, 长期镉暴露可引起肺癌、前列腺癌、乳腺癌、膀胱癌、肾癌和鼻咽癌等多器官癌症, 是被国际癌症研究机构(IARC)确认的 I 类致癌物质^[3-7]。因此, 本研究对 2018—2022 年深圳市南山区市售食品中镉含量和 2008 年深圳市居民膳食摄入量数据进行分析, 结合安全限值法(margin of safety, MOS)和化学致癌物风险模型评估深圳市南山区居民膳食中镉的暴露风险,

作者简介: 张灼晖(1988—), 男, 本科, 主管医师, 研究方向: 营养与食品卫生

通信作者: 朱凤, E-mail: nsjcyk@163.com

为居民开展合理膳食指导提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 资料来源 2018—2022 年,在深圳市南山区 8 个街道的超市、农贸市场等居民食品购买场所随机采集市售 21 类食品 810 份。

居民各类食品膳食摄入量数据基于 2008 年 9—10 月进行的深圳市居民食物消费量调查。本次调查参照中国居民营养与健康状况调查的总体方案,采用多阶段分层整群随机抽样方法,按照深圳市经济发展、地理位置和人口分布分为城市区、城乡 1 区、城乡 2 区,在每个区随机抽取 4 个街道,每个街道随机抽取 2 个居委会,每个居委会抽取 10 户常住户籍居民的家庭成员作为调查对象。全市共抽取 244 家庭户 853 人进行膳食调查。采用 3 天入户食物称重法和 3 天 24 小时膳食回顾法相结合,通过 2 个工作日和周末 1 日连续 3 天入户调查,调查居民摄入的全部食品类别和数量^[8-9]。本研究向所有调查对象发放知情同意书,取得调查对象的知情同意。

1.2 检测方法 按照 GB 5009.268—2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》^[10]中的电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)对样品的镉含量进行检测,样品检出限为 0.005 mg/kg(饮料类为 0.002 mg/kg)。

1.3 实验室质量控制 采取空白试验、平行双样、加标回收、校准曲线、室内比对试验、质控样品监控和保留样品再测试等方式开展内部质控,保证检测结果的可靠性。

1.4 数据处理 食品中镉含量低于检出限(limit of detection, LOD)的样品,按照世界卫生组织(World Health Organization, WHO)的推荐方法,当样品检出率 $\geq 40\%$ 时,采用 1/2LOD 替代未检出值;当样品检出率 $< 40\%$ 时,采用 LOD 值替代未检出值^[11]。采用 SPSSAU 统计学平台进行统计学分析,率的比较用 z 检验,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

1.5 评价方法

1.5.1 合格率评价 参照 GB 2762—2022《食品安全国家标准 食品中污染物限量》^[12]中镉在各类食品中的限量要求进行评价。

1.5.2 膳食中镉暴露量及贡献率计算 采用联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)与 WHO 推荐的“点评估”法,根据各类食品的镉含量和摄入量,计算居民膳食中镉的暴露量,计算公式为:

$$EXP_i = C_i \times F_i \times p \times 30 \quad \text{式(1)}$$

$$EXP_{\text{总}} = \sum_{i=1}^n EXP_i \quad \text{式(2)}$$

式(1)中: EXP_i 为第 i 种食品每人单位体重每月镉膳食暴露量 $[\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{BW})]$; C_i 为第 i 种食品中镉含量均值 (mg/kg) ; F_i 为第 i 种食品的每日摄入量 $[\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{BW} \cdot \text{d})]$; p 为加工因子,取 $p=1$; 30 为每月平均天数^[13]; 式(2)中 $EXP_{\text{总}}$ 为每人单位体重每月镉膳食暴露量 $[\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{BW})]$; n 为摄入食品种类数。

第 i 种食品膳食暴露贡献率 $= EXP_i / EXP_{\text{总}} \times 100\%$ 式(3)

1.5.3 膳食中镉高端暴露量计算 参考张磊等^[14]的研究,在 P_{95} 暴露水平下,使用“3+X”高端暴露模型计算南山区居民膳食中镉高端暴露量比简单地将各种食品 P_{95} 暴露量相加更为可靠,计算公式如下:

$$HEXP_{\text{总}} = \sum_{i=1}^3 HEXP_i + \sum_{j=4}^n AEXP_j \quad \text{式(4)}$$

式(4)中: $HEXP_{\text{总}}$ 为南山区居民膳食中镉高端暴露量; $HEXP_i$ 为人群 P_{95} 暴露水平下贡献率前 3 种食品的 P_{95} 暴露量; $AEXP_j$ 为人群通过其他食品的平均暴露量; i 和 j 为 P_{95} 暴露水平下贡献率前 3 种食品和其他食品。

1.5.4 暴露风险评估 采用安全限值(MOS)法结合食品添加剂联合专家委员会(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)制订的食品中镉的暂定每月耐受摄入量(provisional tolerable monthly intake, PTMI)为 $25 \mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{BW})$,分别计算各类食品和全膳食的 MOS 值并对居民膳食中镉的暴露风险进行评估^[15]。当 MOS 值 > 1 时,表明居民膳食中镉的暴露风险可以接受,当 MOS 值 ≤ 1 时,表明居民膳食中镉的暴露可能存在健康风险,计算公式如下:

$$\text{MOS} = \text{PTMI} / \text{EXP} \quad \text{式(5)}$$

1.5.5 膳食中镉化学致癌物风险评估 采用美国国际环保局(U.S. Environmental Protection Agency, USEPA)暴露剂量—反应外推模型进行人体健康风险评估,致癌危险度除以人均寿命,表示人群在一年之中患癌症的概率,即年均超额风险度。国际辐射防护委员会(International Commission on Radiological Protection, ICRP)推荐的最大可接受年风险水平为 5.00×10^{-5} /年,USEPA 致癌风险评估指南推荐的风险水平为 1.00×10^{-4} /年^[16]。化学致癌物风险模型:

$$R^c = \frac{1 - \exp(-D_{ig} q_{ig})}{N} \quad \text{式(6)}$$

$$D_{ig} = \frac{\text{EXP}}{30 \times 1000} \quad \text{式(7)}$$

式(6)、(7)中, R^c 为化学致癌物镉经膳食摄入途径产生的个人平均致癌年风险(/年); D_{ig} 为化学致癌物镉经膳食摄入途径的单位体重每日平均暴露量 $[\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})]$; q_{ig} 为镉的致癌强度系数,为 $6.1(\text{kg} \cdot \text{d})$

/mg;N 为人均寿命,根据《深圳市居民健康白皮书(2022 年度)》结果显示,深圳居民平均预期寿命为 83.93 岁。

2 结果

2.1 深圳市南山区市售食品镉含量检出情况、超标情况 2018—2022 年监测的 810 份市售食品样品镉检出率为 44.44% (360/810), 超标率为 6.17%

(50/810), 其中贝类超标 49 份, 水果超标 1 份(草莓), 具体结果见表 1。禽肉内脏、贝类、头足类、蟹类检出率均为 100%, 其次为畜肉内脏的 91.67%、叶菜的 81.48%, 奶及奶制品、蛋及蛋制品、饮料、植物油均未检出。贝类镉超标率 47.57%, 检测最大值为 10.0 mg/kg, 是国家限量值 5 倍(10.0/2.0)。水果类超标率均为 3.85%。

表 1 深圳市南山区市售食品中镉含量检测结果

Table 1 The detection of cadmium in food sold in Nanshan District of Shenzhen

食品类别	样品数	检出数	检出率(%)	超标数	超标率(%)	镉含量(mg/kg)			
						检测值范围	均值	P_{50}	P_{95}
米及米制品	35	17	48.57	0	0	ND ~ 0.360	0.040	ND	0.207
其他粮食	27	0	0	0	0	ND	ND	ND	ND
面(糕)点	88	61	69.32	0	0	ND ~ 0.025	0.009	0.009	0.020
畜肉	45	5	11.11	0	0	ND ~ 0.022	ND	ND	0.014
畜肉内脏	48	44	91.67	0	0	ND ~ 0.257	0.074	0.042	0.238
禽肉	88	1	1.14	0	0	ND ~ 0.010	ND	ND	ND
禽肉内脏	9	9	100	0	0	ND ~ 0.019	0.011	0.009	—
叶菜	27	22	81.48	0	0	ND ~ 0.132	0.025	0.020	0.104
其他蔬菜	86	45	52.33	0	0	ND ~ 0.059	0.010	0.005	0.039
水果	26	2	7.69	1	3.85	ND ~ 0.095	ND	ND	0.065
奶及奶制品	27	0	0	—	—	ND	ND	ND	ND
蛋及蛋制品	30	0	0	0	0	ND	ND	ND	ND
贝类	103	103	100	49	47.57	0.042 ~ 10.0	2.40	1.960	5.998
头足类	6	6	100	0	0	0.022 ~ 1.18	0.303	0.054	—
淡水鱼	23	1	4.35	0	0	ND ~ 0.054	ND	ND	0.044
海鱼	17	2	11.76	0	0	ND ~ 0.082	ND	ND	—
虾类	23	17	73.91	0	0	ND ~ 0.451	0.066	0.025	0.400
蟹类	9	9	100	0	0	0.010 ~ 1.90	0.481	0.145	—
豆制品	29	16	55.17	—	—	ND ~ 0.046	0.011	0.006	0.043
饮料	33	0	0	—	—	ND	ND	ND	ND
植物油	31	0	0	—	—	ND	ND	ND	ND
合计	810	360	44.44	50	6.17	ND ~ 10.0	0.325	ND	2.459

注:“—”表示无法计算,在超标数(率)列下表示无评价标准,无法评价是否超标,在 P_{95} 列下表示样品量不足以计算该值;“ND”表示低于检出限。

2.2 各类食品中镉膳食暴露量及贡献率 根据各类食品的检测结果和膳食摄入量计算,深圳市南山区居民每月膳食中镉平均总暴露量为 17.731 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{BW})$ 。各类食品对居民膳食中镉平均总暴露量贡献率存在差异,主要来源于米及米制品、贝类、叶菜,贡献率分别为 25.75%、19.09%、10.20%; 禽肉内脏的贡献最低,仅为 0.01%, 见表 2。在高端膳食暴露水平下,深圳市南山区居民每月膳食中镉总暴露量为 38.536 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{BW})$ 。从高端膳食镉总暴露量贡献率看,主要来源于米及米制品、头足类、藻类,分别为 28.17%、22.60%、15.04%; 其次为贝类、叶菜、其他蔬

菜,分别为 8.78%、8.08%、6.73%。见表 3。

2.3 居民健康风险评估 在平均膳食暴露量下, MOS 值为 1.410, 表示在平均摄入量水平镉对深圳市南山区居民的暴露风险可接受; 镉的个人年均致癌风险为 4.030×10^{-5} 年, 表明深圳市南山区居民在该摄入量水平摄入的镉处于可接受水平, 见表 2。

在高端膳食暴露量下, MOS 值为 0.649, 表示在该摄入量水平居民膳食中镉的暴露存在风险; 个人年均致癌风险为 8.740×10^{-5} 年, 高于 ICRP 但低于 USEPA 的推荐风险水平, 表明可能对人体健康存在致癌风险, 见表 3。

表 2 深圳市南山区市售食品中镉平均膳食暴露量及暴露风险评估

Table 2 Average dietary exposure and exposure risk assessment of cadmium in commercially available food in Nanshan District of Shenzhen

食品类别	膳食摄入量[g/(kg BW·d)]	每月暴露量[μg/(kg·BW)]	贡献率(%)	MOS 值	个人年均致癌风险(年)
米及米制品	3.804	4.565	25.75	5.476	1.039 × 10 ⁻⁵
其他粮食	0.668	0.100	0.56	250.000	2.277 × 10 ⁻⁷
面(糕)点	0.527	0.142	0.80	176.056	3.233 × 10 ⁻⁷
畜肉	2.108	0.316	1.78	79.114	7.195 × 10 ⁻⁷
畜肉内脏	0.038	0.084	0.47	297.619	1.913 × 10 ⁻⁷
禽肉	1.106	0.166	0.94	150.602	3.780 × 10 ⁻⁷
禽肉内脏	0.007	0.002	0.01	12 500.000	4.554 × 10 ⁻⁹
叶菜	2.412	1.809	10.20	13.820	4.118 × 10 ⁻⁶
其他蔬菜	4.091	1.227	6.92	20.375	2.793 × 10 ⁻⁶
水果	4.811	0.722	4.07	34.626	1.644 × 10 ⁻⁶
奶及奶制品	2.190	0.329	1.86	75.988	7.491 × 10 ⁻⁷
蛋及蛋制品	0.781	0.117	0.66	213.675	2.664 × 10 ⁻⁷
贝类	0.047	3.384	19.09	7.388	7.703 × 10 ⁻⁶
头足类	0.137	1.245	7.02	20.080	2.834 × 10 ⁻⁶
淡水鱼	0.763	0.114	0.64	219.298	2.596 × 10 ⁻⁷
海鱼	0.595	0.089	0.50	280.899	2.026 × 10 ⁻⁷
藻类	0.086	1.416	7.99	17.655	3.224 × 10 ⁻⁶
虾	0.069	0.137	0.77	182.482	3.119 × 10 ⁻⁷
蟹	0.021	0.303	1.71	82.508	6.899 × 10 ⁻⁷
豆制品	0.838	0.277	1.56	90.253	6.307 × 10 ⁻⁷
饮料	3.424	0.205	1.16	121.951	4.668 × 10 ⁻⁷
饮用水	28.791	0.864	4.87	28.935	1.967 × 10 ⁻⁶
食用油	0.784	0.118	0.67	211.864	2.687 × 10 ⁻⁷
合计		17.731	100	1.410	4.030 × 10 ⁻⁵

注:藻类及饮用水中镉含量平均值使用参考文献《深圳居民镉的膳食暴露评估》中数据计算。

表 3 深圳市南山区市售食品中镉高端膳食暴露量及暴露风险评估

Table 3 High dietary exposure and exposure risk assessment of cadmium in commercially available food in Nanshan District of Shenzhen

食品类别	膳食摄入量[g/(kg BW·d)]	每月暴露量[μg/(kg·BW)]	贡献率(%)	MOS 值	个人年均致癌风险(年)
米及米制品	9.045	10.854	28.17	2.303	2.469 × 10 ⁻⁵
其他粮食	0.668	0.100	0.26	250.000	2.277 × 10 ⁻⁷
面(糕)点	0.527	0.142	0.37	176.056	3.233 × 10 ⁻⁷
畜肉	2.108	0.316	0.82	79.114	7.195 × 10 ⁻⁷
畜肉内脏	0.038	0.084	0.22	297.619	1.913 × 10 ⁻⁷
禽肉	1.106	0.166	0.43	150.602	3.780 × 10 ⁻⁷
禽肉内脏	0.007	0.002	<0.01	>12 500.000	<4.554 × 10 ⁻⁹
叶菜	4.150	3.113	8.08	8.031	7.086 × 10 ⁻⁶
其他蔬菜	8.649	2.595	6.73	9.634	5.907 × 10 ⁻⁶
水果	4.811	0.722	1.87	34.626	1.644 × 10 ⁻⁶
奶及奶制品	2.190	0.329	0.85	75.988	7.491 × 10 ⁻⁷
蛋及蛋制品	0.781	0.117	0.30	213.675	2.664 × 10 ⁻⁷
贝类	0.047	3.384	8.78	7.388	7.703 × 10 ⁻⁶
头足类	0.958	8.708	22.60	2.871	1.981 × 10 ⁻⁵
淡水鱼	0.763	0.114	0.30	219.298	2.596 × 10 ⁻⁷
海鱼	0.595	0.089	0.23	280.899	2.026 × 10 ⁻⁷
藻类	0.352	5.797	15.04	4.313	1.319 × 10 ⁻⁵
虾	0.069	0.137	0.36	182.482	3.119 × 10 ⁻⁷
蟹	0.021	0.303	0.79	82.508	6.899 × 10 ⁻⁷
豆制品	0.838	0.277	0.72	90.253	6.307 × 10 ⁻⁷
饮料	3.424	0.205	0.53	121.951	4.668 × 10 ⁻⁷
饮用水	28.791	0.864	2.24	28.935	1.967 × 10 ⁻⁶
食用油	0.784	0.118	0.31	211.864	2.687 × 10 ⁻⁷
合计		38.536	100	0.649	8.740 × 10 ⁻⁵

注:藻类及饮用水中镉含量平均值使用参考文献《深圳居民镉的膳食暴露评估》中数据计算;米及米制品、头足类、藻类为 P₉₅ 暴露量贡献前三的食品,使用 P₉₅ 摄入量计算每月暴露量,其余食品使用平均摄入量计算每月暴露量。

3 讨论

本文对 2018—2022 年深圳市南山区市售 21 大类食品中镉含量进行统计分析,810 份样品的镉平均值为 0.325 mg/kg,总检出率为 44.44%,超标率为 6.17%,检出率与同期数据比较,高于 2019—2021 年临沂市^[15]的 30.2%($z=5.907, P<0.05$),与 2019—2020 年北京冬奥周边地区^[16]的 37.26%相比,差异无统计学意义($z=1.880, P>0.05$)。

米及米制品、蔬菜中镉检出率分别为 48.57%和 59.29%,由于其各自均值与膳食摄入量高,导致贡献率偏高。深圳农业用地较少,农产品依赖外地输入,市售农产品的重金属污染情况主要取决于当地的环境因素、生产过程^[17],采购来源的选择尤为重要。其次,交通运输及本地储存因素亦不容忽视。

深圳市居民膳食具有东方健康膳食模式特点,蔬菜水果丰富,常吃鱼虾等水产品,米及米制品、水产品、蔬菜均是膳食中镉暴露的主要来源,与广州市^[14]、惠州市^[18]、杭州市下城区^[19]、泉州市^[20]等同为东南沿海一带的地区情况相同。与北京市密云区^[21]、重庆市沙坪坝区^[22]相比,由于水产品膳食消费量差异大,导致主要膳食来源有所差异。本次调查水产品中鱼类检出率较低,其余类别相对较高,这与鱼类富集镉的能力较低有关。居民可多选择鱼类作为水产品食物,少摄入贝类、头足类等镉检出率较高的水产品。

本次研究动物内脏食品中镉有检出率高贡献率低的特点,这与广州市^[14]、泉州市^[20]、重庆市沙坪坝区^[22]结果相似,主要与其摄入量低有关。而动物肉类食品中镉检出率较低,与镉通过食物摄入动物体内后在主要在肝脏、肾脏等器官蓄积有关。

南山区平均暴露人群膳食镉暴露风险不高,高端暴露人群膳食中镉暴露的 MOS 值为 0.649,个人致癌风险为 8.740×10^{-5} /年,说明该人群存在通过日常膳食摄入致癌的风险。因此,南山区高端暴露量人群通过膳食摄入镉产生的危害存在风险,建议相关职能部门持续加强对市售食品的生产 and 流通环节重金属污染监测,尤其是米及米制品、蔬菜、水产品等暴露量贡献率较高的食品。对于粮食蔬菜等农产品种植土壤,建议当地各职能部门加强日常监测,对主要污染来源开展解析防控,探索适合当地土壤重金属污染的可持续安全利用策略,保证农作物的安全生产^[23];对于水产品养殖地,建议加强污染水域生态修复和控制工业“三废”排放综合整治,同时合理筹划投喂和养殖区域布局工作,降低水产品污染^[24-25]。

本次评估结果有一定局限性,评估使用的消费量数据来自 2008 年深圳居民膳食消费量调查;目前可查到的最新数据^[26]因调查目的和调查机构不同未对

食品分类进行细分,对实际风险评估结果有很大影响;开展新一轮深圳居民膳食消费量调查具有一定意义。由于镉在环境中污染较广,监测及消费量调查的食品类别未能覆盖膳食中镉的全部暴露来源,存在低估暴露风险的可能。评估未考虑居民年龄、体重及性别等差异,尤其需食用特殊食品的婴幼儿及学龄前儿童群体对摄入量及体重关系较为敏感。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

- [1] Chen X, Chen X, Wang XR, et al. The association between estimated glomerular filtration rate and Cadmium exposure: An 8-year follow-up study[J]. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2021, 235: 113774.
- [2] 李丹阳,梁春梅,纪冬梅,等. 环境镉暴露影响辅助生殖结局及生殖毒性的研究进展 [J]. 现代预防医学, 2021, 48(15): 2716-2719.
Li DY, Liang CM, Ji DM, et al. Research progress of environmental Cadmium exposure impacting on ART outcomes and reproductive toxicity[J]. Modern Preventive Medicine, 2021, 48(15): 2716-2719.
- [3] 王婷,韩旭,邵冉起,等. 镉暴露致肾损伤早期效应标志探讨及尿镉基准剂量分析 [J]. 现代预防医学, 2023, 50(12): 2233-2238, 2288.
Wang T, Han X, Shao RQ, et al. Markers of early renal damage induced by Cadmium exposure and urinary Cadmium reference dose [J]. Modern Preventive Medicine, 2023, 50(12): 2233-2238, 2288.
- [4] 李娟,王艳敏,胡玲玲,等. 江西省食品中铅和镉污染调查及健康风险评估[J]. 现代预防医学, 2023, 50(3): 446-450.
Li J, Wang YM, Hu LL, et al. Investigation and health risk assessment of Lead and Cadmium pollution in food in Jiangxi Province[J]. Modern Preventive Medicine, 2023, 50(3): 446-450.
- [5] Charkiewicz AE, Omeljaniuk WJ, Nowak K, et al. Cadmium toxicity and health Effects—A brief summary [J]. Molecules, 2023, 28(18): 6620.
- [6] Tarhonska K, Lesicka M, Janasik B, et al. Cadmium and breast cancer – Current state and research gaps in the underlying mechanisms [J]. Toxicology Letters, 2022, 361: 29-42.
- [7] Satarug S, Đorđević AB, Yimthiang S, et al. The NOAEL equivalent of environmental Cadmium exposure associated with GFR reduction and chronic kidney disease[J]. Toxics, 2022, 10(10): 614.
- [8] 蒋立新,杨梅,李玥,等. 深圳居民镉的膳食暴露评估[J]. 中国热带医学, 2016, 16(10): 981-985.
Jiang LX, Yang M, Li Y, et al. Assessment on the level of dietary Cadmium exposure of residents in Shenzhen [J]. China Tropical Medicine, 2016, 16(10): 981-985.
- [9] 黄薇,潘柳波,王舟,等. 深圳市居民食物消费量调查分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2015, 27(1): 57-61.
Huang W, Pan LB, Wang Z, et al. Food consumption survey of residents in Shenzhen[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2015, 27(1): 57-61.
- [10] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.268-2016 食品安全国家标准 食品中多元素的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.

- National Health and Family Planning Commission, National Food and Drug Administration. GB 5009.268-2016 National food safety standard-Determination of multi-element in foods[S]. Beijing: Standards Press Of China, 2017.
- [11] 刘宇,王彩霞,袁文婷,等. 2012-2020 年陕西省食品中镉污染状况及健康风险评估[J]. 卫生研究,2022,51(2):308-312.
Liu Y, Wang CX, Yuan WT, et al. Contamination status and health risk assessment on the dietary exposure of Cadmium in foods of Shaanxi Province from 2012 to 2020 [J]. Journal of Hygiene Research, 2022, 51(2): 308-312.
- [12] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 2762-2022 食品安全国家标准 食品中污染物限量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
National Health and Family Planning Commission, National Food and Drug Administration. GB 2762-2022 National food safety standard- Maximum levels of contaminants in foods [S]. Beijing: Standards Press Of China, 2023.
- [13] 黄建萍,陶艳芳,陈秀斌,等. 2019-2021 年杭州市居民主要膳食的镉暴露风险评估 [J]. 现代预防医学,2022,49(18): 3316-3319.
Huang JP, Tao YF, Chen XB, et al. Risk assessment of Cadmium exposure in the main diets of Hangzhou residents from 2019 to 2021[J]. Modern Preventive Medicine, 2022, 49(18): 3316-3319.
- [14] 黄婕,陈坤才,刘于飞,等. 广州市 3~17 岁儿童青少年主要膳食镉暴露风险评估[J]. 华南预防医学,2021,47(7):834-838.
Huang J, Chen KC, Liu YF, et al. Risk assessment of major dietary Cadmium exposure for the children and adolescents aged 3-17 years in Guangzhou[J]. South China Journal of Preventive Medicine, 2021, 47(7): 834-838.
- [15] 于奎峰,刘楠,孙学丽,等. 2019 年—2021 年临沂市食品中铅镉污染状况及健康风险评估[J]. 中国卫生检验杂志,2022,32(22):2804-2806.
Yu KF, Liu N, Sun XL, et al. Contamination of Lead and Cadmium in food and its health risk assessment in Linyi City from 2019 to 2021 [J]. Chinses Journal of Health Laboratory Technology, 2022, 32(22): 2804-2806.
- [16] 韩高超,敬海明,韩逸陶,等. 基于北京市某城区和张家口崇礼地区食品调查数据的镉暴露评估 [J]. 中国食品卫生杂志, 2022, 34(4):780-785.
Han GC, Jing HM, Han YT, et al. Cadmium exposure assessment based on food survey data in an urban area of Beijing and Chongli area of Zhangjiakou [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2022, 34(4): 780-785.
- [17] 杨冬燕,王舟,雷伶俐,等. 2018~2019 年深圳市米面及其制品中重金属污染状况的监测与分析[J]. 食品安全质量检测学报,2020,11(24):9261-9265.
Yang DY, Wang Z, Lei LG, et al. Monitoring and analysis of heavy metal pollution in rice, flour and their products in Shenzhen from 2018 to 2019 [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(24): 9261-9265.
- [18] 刘素芬,苗思慧,殷国英,等. 惠州市成年居民主要膳食镉铅暴露风险评估[J]. 海峡预防医学,2021,27(1):68-71.
Liu SF, Miao SH, Yin GY, et al. Risk assessment of dietary cadmium and lead exposure of adult residents in Huizhou [J]. Strait Journal of Preventive Medicine, 2021, 27(1): 68-71.
- [19] 冯哲伟,王峥,杨海斌,等. 杭州市下城区居民主要膳食中镉暴露评估[J]. 中国食品卫生杂志,2019,31(2):162-166.
Feng ZW, Wang Z, Yang HB, et al. Assessment on the dietary exposure of Cadmium in residents of Xiacheng District Hangzhou City[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2019, 31(2): 162-166.
- [20] 蔡文焰,黄唐嘉,郑晓燕,等. 泉州市 2018-2020 年居民主要膳食镉暴露评估[J]. 海峡预防医学杂志,2022,28(6):75-77.
Cai WY, Huang TJ, Zheng XY, et al. Assessment of dietary Cadmium exposure in Quanzhou City from 2018 to 2020 [J]. Strait Journal of Preventive Medicine, 2022, 28(6): 75-77.
- [21] 冯月明,郑德生,李建超,等. 北京市密云区居民膳食镉暴露风险评估[J]. 食品安全质量检测学报,2017,8(1):355-359.
Feng YM, Zheng DS, Li JC, et al. Risk assessment of residents' dietary exposure of Cadmium in Miyun district of Beijing[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2017, 8(1): 355-359.
- [22] 甘鹏,吴丽敏,张鑫,等. 2011-2021 年重庆市沙坪坝区居民膳食中镉暴露风险评估 [J]. 预防医学情报杂志,2023,39(7): 835-841.
Gan P, Wu LM, Zhang X, et al. Risk assessment of Cadmium dietary exposure among residents in Shapingba District of Chongqing from 2011 to 2021 [J]. Journal of Preventive Medicine Information, 2023, 39(7): 835-841.
- [23] 汪洁,朱有为,杨肖娥,等. 农用地土壤可持续安全利用的研究与实践——以浙江省镉污染农田为例[J]. 土壤学报,2023,60(6):1662-1675.
Wang J, Zhu YW, Yang XE, et al. Research and practice on sustainable and safe utilization of Soil in agricultural Land—A case study of Cadmium contaminated farmland in Zhejiang province [J]. Acta Pedologica Sinica, 2023, 60(6): 1662-1675.
- [24] 杨容滔. 海水养殖成近海重要污染源[J]. 生态经济,2023,39(6):9-12.
Yang RT. Mariculture has become an important source of offshore pollution[J]. Ecological Economy, 2023, 39(6): 9-12.
- [25] 陈敬,黄建春,陈珊珊. 三明市 2020 年市售大米中铅、镉污染状况监测分析[J]. 海峡预防医学杂志,2021,27(6):68-70.
Chen J, Huang JC, Chen SS. Monitoring and analysis of lead and cadmium pollution in rice in Sanming City in 2020 [J]. Strait Journal of Preventive Medicine, 2021, 27(6): 68-70.
- [26] 彭晓琳,王珊珊,赵丹,等. 2009-2018 年深圳居民膳食结构变化趋势[J]. 现代预防医学,2022,49(9):1595-1599.
Peng XL, Wang SS, Zhao D, et al. Trend of dietary patterns among Shenzhen residents,2009-2018 [J]. Modern Preventive Medicine, 2022, 49(9): 1595-1599.

收稿日期:2023-10-10