

风险评估

济南市居民主要膳食镉含量监测及暴露评估

孙延斌, 孙婷, 董淑香, 李士凯, 刘素华, 侯雪云
(济南市疾病预防控制中心, 山东 济南 250021)

摘要:目的 了解济南市居民主要膳食镉污染现状, 评估镉暴露风险。方法 2011—2012年对济南市小麦、大米、水产品、畜禽、蔬菜、蛋和乳制品中的镉含量进行监测, 应用点评估方法, 以山东省居民食物标准人平均消费量数据和 JECFA 2010年制定的镉的暂定每月耐受摄入量 (PTMI) 25 $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ 为参数, 对济南市居民膳食镉暴露水平进行评估。结果 共监测食品样品 441份, 镉平均含量为 49.39 $\mu\text{g}/\text{kg}$, P50 和 P95 镉含量分别为 13.40 和 118.20 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 总检出率为 90.02%, 总超标率为 0.91%。小麦、大米和蔬菜均检出镉, 乳制品镉检出率最低; 水产品镉含量最高, 镉平均含量为 206.43 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。济南市居民主要膳食镉每月平均暴露量为 8.83 $\mu\text{g}/\text{kg BW}$, 占 PTMI 的 35.32%。镉贡献率较高的食品为水产品、小麦和蔬菜, 贡献率分别为 46.43%、32.62% 和 9.51%, 三类食品对居民膳食镉暴露贡献了 80% 以上。结论 济南市居民膳食镉暴露水平位于安全限值以内, 通过膳食摄入镉没有明显风险, 但对头足类、贝壳类水产品应引起重视。

关键词: 镉; 膳食; 暴露评估; 食品安全

中图分类号: R155; R151.3 文献标志码: A 文章编号: 1004-8456(2014)03-0284-04

DOI: 10.13590/j.cjfh.2014.03.019

Surveillance on cadmium contents and dietary exposure assessment in Jinan

SUN Yan-bin, SUN Ting, DONG Shu-xiang, LI Shi-kai, LIU Su-hua, HOU Xue-yun
(Jinan Center for Disease Control and Prevention, Shandong Jinan 250021, China)

Abstract: Objective To understand the condition of cadmium contamination in main food, and to assess the risk of dietary exposure to cadmium in Jinan. **Methods** Surveillance on cadmium contents in wheat, rice, aquatic products, livestock and poultry, vegetable, egg and dairy products was conducted in Jinan from 2011 to 2012. According to the average food intake of Shandong residents and the cadmium PTMI 25 $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ in food established by JECFA in 2010, the point assessment method was applied to assess resident exposure risk. **Results** 441 food specimens were tested. The average cadmium contents were 49.39 $\mu\text{g}/\text{kg}$, the cadmium contents level at the 50th percentile (P50) was 13.40 $\mu\text{g}/\text{kg}$, and P95 was 118.20 $\mu\text{g}/\text{kg}$. The total detection rate was 90.02% and the violation rate was 0.91%. The cadmium contents in wheat, rice and vegetables were all detected but the detection rate of dairy products was the lowest. The cadmium contents in aquatic products was the highest with the average cadmium contents of 206.43 $\mu\text{g}/\text{kg}$. The monthly average cadmium intake from main food in Jinan was estimated to be 8.83 $\mu\text{g}/\text{kg BW}$, accounted for 35.32% of PTMI. Aquatic products, wheat and vegetable were the higher contributors and their contribution were 46.43%, 32.62% and 9.51%, respectively. These three foods contributed more than 80% to the total dietary cadmium exposure. **Conclusion** The level of dietary cadmium exposure from main food in Jinan was within safety limit, so the risk of dietary intake of cadmium was not obvious. However, more attention should be paid to cephalopods and shellfish.

Key words: Cadmium; diet; exposure assessment; food safety

镉 (Cd) 是对人体有害的重金属元素, 在自然界中常以化合物状态存在, 一般含量很低, 正常环境状态下, 不会影响人体健康。镉污染主要来自工业

废渣、废水、粉尘和废气等, 污染的水、土壤和空气经食物链进入生物体, 并在体内富集引起慢性中毒。镉主要蓄积于肝、肾脏器官, 且不会自然消失或被降解^[1]。在人体内易形成镉硫蛋白, 损坏肝、肾脏器官中酶系统的正常功能, 影响机体钙、磷和小分子蛋白质的吸收利用, 导致人体骨骼生长代谢受阻, 引发骨骼的各种病变。本文根据 2011—2012 年济南市六类食品镉含量监测数据, 对居民膳食镉暴露水平进行了分析评估, 旨在了解济南市主要食

收稿日期: 2013-10-16

基金项目: 济南市科学技术发展计划项目 (201121055)

作者简介: 孙延斌 男 主任医师 研究方向为营养与食品安全

E-mail: shipinskyb@163.com

通讯作者: 李士凯 男 副主任技师 研究方向为食品检验

E-mail: lishikai@163.com

品中镉污染现状,评估居民膳食镉暴露的危险性,为确定重点监测的食品种类,合理调整居民膳食结构提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 样品来源及种类

按照《全国食品安全风险监测工作手册》中规定的采样技术要求采集样品。监测样品主要采集自济南市的农户、粮库、农贸市场、批发市场、超市和生产企 业等。共采集监测食品样品 441 份。其中小麦和 大米为当地产原粮,涵盖 6 个农业区县;水产品包 括海水鱼类、甲壳类、双壳类、腹足类和头足类等;畜 禽类包括猪、牛、羊肉和猪肾脏、肝脏及鸡肝脏;蛋 类包括鸡蛋、鹌鹑蛋、鸭蛋及制品等;乳制品包括 婴幼儿配方奶粉、生乳和酸乳等;蔬菜类包括叶菜 和茎块菜。

1.2 方 法

采用干式消解法,按国家标准 GB/T 5009.15— 2003《食品中镉的测定》^[2]规定的石墨炉原子吸 收光度法测定样品中镉含量。镉含量检出限(LOD) 为 0.02 μg/kg。

1.3 判定标准

依据国家标准 GB 2762—2012《食品中污染物 限量标准》^[3]规定的镉限量标准判定;乳制品无镉 限量值规定,故不做判定。

1.4 暴露评估

1.4.1 评估参数

采用联合国粮食及农业组织(FAO)/世界卫生 组织(WHO)食品添加剂联合专家委员会(JECFA) 2010 年制定的食品中镉的暂定每月耐受摄入量 (PTMI) 25 μg/kg BW 作为镉的健康指导值^[4]。

居民各类食品的平均消费量来自“2002 年山东省 居民营养与健康状况调查”的监测数据^[5]。居民膳食 平均消费量小麦及其制品、大米、水产品、畜禽类(含 畜肉和动物内脏)、蛋类、乳制品、蔬菜类分别为 266.4、 61.1、39.7、50.2、47.0、39.1、202.2 g/标准人·d。

1.4.2 评估方法

镉暴露评估采用点评估法^[6]。依据某类食品 标准人的平均消费量和相对应食品中镉含量,计算 某类食品镉的暴露量,然后累加得到标准人各类食 品的总暴露量,并计算不同类别食品镉的贡献率。 根据 JECFA 暂定镉的 PTMI 和标准人膳食镉的暴露 量,计算居民膳食镉的安全限值(MOS),MOS ≥ 1 表 示镉对居民健康风险可以接受,MOS < 1 表示镉对 居民健康风险较高。标准人体重统一按 60 kg 标准 计算。镉含量低于 LOD 且未检出率 < 60% 的样品, 按 LOD 的 1/2 计算。计算公式:

镉贡献率 = 某类食品镉暴露量/各类食品镉暴 露量之和

$$MOS = PTMI / \text{膳食镉暴露量}$$

$$\text{慢性暴露点评估模型: } EXP_c = \sum_{k=1}^n x_k \cdot c_k \cdot p \cdot 30 / BW$$

式中 EXP_c 表示居民每月膳食镉暴露量(μg/kg BW·月);x_k表示第 k 类食品居民平均消费量(kg);c_k 表示第 k 类食品镉平均含量(μg/kg);BW 为居民平 均体重(kg);n 为食品种类数目;p 为加工因子,本研 究未考虑食品加工前后镉含量变化,取 p = 1。

2 结 果

2.1 镉含量监测结果

共监测样品 441 份,镉平均含量为 49.39 μg/kg, P50 和 P95 镉含量分别为 13.40 和 118.20 μg/kg, 总检出率为 90.02%,总超标率为 0.91%。超标样 品为小麦 1 份和水产品中的牡蛎 2 份、鱿鱼 1 份,其 他食品样品均无超标。小麦、大米和蔬菜均检出 镉,检出率为 100%,乳制品检出率最低,为 43.75%。水产品中镉含量最高,镉平均含量为 206.43 μg/kg,最高含量为 2 800.00 μg/kg(牡蛎), 镉含量较高的为牡蛎、扇贝、花蛤等贝壳类和鱿鱼、 章鱼、毕管鱼等头足类水产品。畜禽产品中畜肉 镉检出率低,为 40.00%(6/15),而畜禽内脏检出率 高,为 100%(15/15),镉含量最高检测值为 117.00 μg/kg(猪肾脏)。乳制品、蛋类、蔬菜等种类食品 镉含量均较低,见表 1。

2.2 暴露评估结果

济南市居民主要膳食镉每月平均总暴露量为 8.83 μg/kg BW,未超过 PTMI,MOS > 1,表明经膳食 暴露于镉的健康风险较低。其中水产品镉每月平 均暴露量最高,小麦镉暴露量次之,分别为 4.10 和 2.88 μg/kg BW。膳食镉暴露主要来源于水产品 类、小麦和蔬菜类,三类食品累计贡献率为 88.56%。镉平均暴露贡献率较高的食品为水产品 和小麦,贡献率分别为 46.43% 和 32.62%,其他种 类的食品镉贡献率均较小,见表 2。

3 讨 论

我国经过 30 多年经济快速发展所积累的污染 问题逐渐进入了集中暴露阶段,尤其是重金属镉污 染事件频发,相继出现了湖南省镉中毒事件、广东 省“镉大米”事件等,已引起国际社会的普遍关注。 镉是典型的重金属污染物,其污染具有广泛性、长 期性、蓄积性,且无法被降解,具有相当大的不可逆 性,对人类健康造成严重威胁。考虑到镉的生物半 衰期较长,仅某一天内镉暴露量的多少对长期暴

表1 济南地区主要食品中镉含量监测结果

Table 1 Surveillance results of cadmium contents in main food in Jinan

食物类别	食物名称	样品数 /份	检出率 /%	超标率 /%	镉含量/($\mu\text{g}/\text{kg}$)			
					$\bar{x} \pm s$	P50	P95	监测值范围
谷物	小麦	171	100.00	0.58	21.59 \pm 20.13	16.30	58.46	4.27 ~ 194.00
	大米	63	100.00	0.00	14.05 \pm 11.39	15.30	34.60	0.40 ~ 64.60
水产品	鱼类	43	93.02	0.00	15.41 \pm 21.65	7.96	78.00	ND ~ 88.00
	头足类	10	100.00	20.00	527.88 \pm 748.95	197.00	2 200.00	14.80 ~ 2 200.00
	贝壳类	17	100.00	11.76	565.12 \pm 858.69	158.00	2 800.00	7.18 ~ 2 800.00
	甲壳类	9	88.89	0.00	84.39 \pm 126.30	11.60	370.00	ND ~ 370.00
畜禽产品	肉、肾脏、肝脏	30	70.00	0.00	18.49 \pm 30.57	2.79	104.46	ND ~ 117.00
乳制品	奶粉、生乳	48	43.75	—	1.02 \pm 1.54	0.01	4.78	ND ~ 6.18
蛋类	鸡、鸭蛋	30	86.67	0.00	4.28 \pm 5.31	2.20	18.90	ND ~ 20.00
蔬菜	叶菜、根茎类蔬菜	20	100.00	0.00	8.30 \pm 5.49	8.44	20.50	1.38 ~ 20.50
合计		441	90.02	0.91	49.39 \pm 238.21	13.40	118.20	ND ~ 2 800.00

注:ND表示未检出;—表示无判定标准

表2 居民主要膳食镉暴露量

Table 2 Cadmium contents in resident main diet

食物种类	平均消费量 /(g/标准人·d)	镉平均暴露量 /($\mu\text{g}/\text{kg BW}\cdot\text{月}$)	MOS	贡献率 /%
小麦	266.4	2.88	8.68	32.62
大米	61.1	0.43	58.14	4.87
水产品	39.7	4.10	6.10	46.43
畜禽产品	50.2	0.46	54.35	5.21
乳制品	39.1	0.02	1 250.00	0.23
蛋类	47.0	0.10	250.00	1.13
蔬菜	202.2	0.84	29.76	9.51
合计	705.7	8.83	2.83	100

注:每月按30 d计算

露的影响很小。因此2010年第73次JECFA会议决定将原来镉的健康指导值——每周可耐受摄入量(PTWI, 7 $\mu\text{g}/\text{kg BW}$, 相当于60 kg体重的成人每日镉摄入量为60 μg)修改为每月可耐受摄入量(PTMI, 25 $\mu\text{g}/\text{kg BW}$, 相当于60 kg体重的成人每日摄入量为50 μg), 并提高了膳食镉健康指导值的限量要求^[4]。2013年我国实施了新的GB 2762—2012《食品中污染物限量标准》, 增加了食品中镉监测限量范围, 这对控制和降低居民膳食镉暴露风险意义重大。

监测结果显示, 不同种类食品间镉含量差异较大, 除水产品外, 其他种类食品镉含量均较低, 而本地产小麦和大米镉检出率高。对大米而言, 广东、上海、广西大米镉平均含量分别为0.077 5^[7]、0.071^[8]、0.127 mg/kg ^[9], 镉含量明显高于本地产大米。据文献报道^[10], 土壤母质中镉普遍存在, 食物中镉含量与土壤母质镉含量及吸收富集系数有关。北京2007年监测麦地土壤平均镉含量为0.178 mg/kg , 其小麦为0.031 mg/kg ^[11]; 济南1984—1988年监测麦地土壤平均镉含量为0.091 mg/kg , 其小麦为0.017 6 mg/kg ^[12], 本次监测小麦镉含量为21.59 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 依此估算, 目前济南市农田土壤中镉本底值未出现太大的变化, 应与济南市早期及北京的监测结果基本相当。提示经过20多年的发展, 济

南市镉污染水平总体不高, 农业耕地尚未受到工业污染或污染较轻, 镉迁移主要源于土壤母质。

据报道^[13-14], 2002年我国监测的水产品镉平均含量为0.06~0.53 mg/kg , 海水鱼类、软体贝类、甲壳类分别为0.028、0.527、0.227 mg/kg 。2003—2007年烟台市监测的水产品镉平均含量鱼类、软体贝类、甲壳类分别为0.054、1.065、0.354、1.035 mg/kg 。本监测结果与2002年我国监测结果基本吻合, 但与山东省沿海的烟台市监测结果存在一定差别, 可能是监测的水产品单独统计样品量不足或产品来源地不同或季节性差别所致。从监测结果看, 各类水产品间镉含量差别较大, 大小顺序依次为: 贝壳类 > 头足类 > 甲壳类 > 鱼类。虽然头足类、贝壳类镉含量高, 但其均值和P50均未超过国家标准, 仅在P95分位数时超过标准值。由此可见, 济南市销售的水产品镉污染并不严重, 但对头足类、贝壳类水产品应引起重视。

评估结果显示, 济南市居民膳食镉累积平均暴露水平位于安全限值以内, 表明对普通居民而言, 通过膳食摄入镉风险较低, 这与广东、上海膳食镉暴露评估结果基本一致^[7-8]。膳食镉暴露量除与食物中镉含量有关外, 还与居民膳食消费结构密切相关。据报道^[7-8], 广东居民膳食镉贡献率列前三位的是大米、蔬菜和水产品, 上海为蔬菜、大米和水产品, 而济南为水产品、小麦和蔬菜, 各地区间前三位食品对居民膳食镉暴露的累计贡献率均在80%以上。作为我国主要谷类食物的大米和小麦, 南、北方的膳食消费量存在较大差别, 导致了膳食镉暴露量的不同, 影响了区域间膳食镉贡献率大小的顺序。同时也提示控制膳食镉贡献率前三位食品的镉含量, 将可直接降低居民膳食镉的暴露量。

针对水产品需要特别说明的是, 由于未能获取水产品中鱼类、贝壳类、头足类、甲壳类的分类膳食消费量; 以及各种水产品间镉含量差别较大, 贝壳

类、头足类镉含量远高于鱼类和甲壳类,且贝壳类、头足类居民膳食消费量的比例远低于鱼类,故本评估按四类水产品合并计算的镉暴露量,由于受到贝壳类、头足类镉含量高的影响,可能严重高估了水产品的镉暴露量和贡献率。

采用点评估方法对居民膳食镉暴露量进行评估,简便易行,基本描述了济南市居民膳食镉暴露的总体状况。但由于未考虑个体间体重、消费量的差异以及污染物残留量水平等方面的变异,不能对其之间存在的变异性和不确定性进行量化模拟分析,其评估结果较概率评估法粗糙。由于采用镉的高含量值推算,在总体上可能高估了镉暴露的危险。

本评估未对居民膳食消费量进行现况调查,仍引用山东省2002年的营养调查数据,该数据仅有全国代表性,而不能代表当地居民的膳食消费量;同时还忽略了十年间居民膳食消费结构等因素带来的变化,可能造成消费量数据的偏倚。另外,监测的食品种类、样本量尚未统一匹配,某些单独统计样本量偏少,可能使评估结果产生一定的偏差。

参考文献

[1] Satarug S, Garrett S H, Sens M A, et al. Cadmium, environmental exposure, and health outcomes [J]. Environmental Health

Perspectives, 2010, 118(2):182-190.

- [2] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 15—2003 食品中镉的测定[S]. 北京:中国标准出版社, 2004.
- [3] 中华人民共和国卫生部. GB 2762—2012 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, 2013.
- [4] JECFA. Evaluation of certain food additives and contaminants [R]. WHO Technical Report Series, 2011(960):149-162.
- [5] 周景洋, 张俊黎. 山东省居民膳食营养与健康状况[M]. 济南:山东电子音像出版社, 2008:28-31.
- [6] 罗祎, 吴永宁. 食品安全风险分析化学危害评估[M]. 北京:中国标准出版社, 2012:48-141.
- [7] 王桂安, 梁春穗, 黄琼, 等. 广东省居民主要膳食镉暴露风险的初步评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2012, 24(4):353-357.
- [8] 刘弘, 吴春峰, 陆屹, 等. 上海市居民膳食中铅镉暴露水平评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2011, 23(3):218-223.
- [9] 覃志英, 唐振柱, 吴祖军, 等. 广西2002—2003年部分食品镉含量监测及分析[J]. 微量元素与健康研究, 2006, 23(2):26-28.
- [10] 崔岩山, 陈晓晨. 土壤中镉的生物可给性及其对人体的健康风险评估[J]. 环境科学, 2010, 31(2):403-408.
- [11] 李晓燕, 陈同斌, 谭勇壁, 等. 北京市小麦籽粒的重金属含量及其健康风险分析[J]. 地理研究, 2008, 27(6):1340-1346.
- [12] 房素芝, 谢连庆, 张维勤, 等. 济南市农田环境质量评价的研究[J]. 山东农业科学, 1991(3):30-32.
- [13] 王竹天, 王茂起, 韩宏伟, 等. 2002年我国水产食品中镉含量监测及分析[J]. 卫生研究, 2004, 33(4):473-474.
- [14] 王茂波, 刘正毅, 李静, 等. 烟台市海域水产品中重金属和砷污染状况调查[J]. 中国食品卫生杂志, 2012, 24(1):67-70.

· 公告 ·

关于批准壳寡糖等6种新食品原料的公告

2014年第6号

根据《中华人民共和国食品安全法》和《新食品原料安全性审查管理办法》有关规定,现批准壳寡糖、水飞蓟籽油、柳叶蜡梅、杜仲雄花、乳酸片球菌、戊糖片球菌为新食品原料。生产经营上述食品应当符合有关法律、法规、标准规定。

特此公告。

附件:壳寡糖等6种新食品原料.doc

(相关链接:<http://www.moh.gov.cn/sps/s7890/201405/367ce408981e4807809e107417b3d361.shtml>)

国家卫生计生委
二〇一四年四月十六日