

风险评估

广东省居民贝类水产品中镉暴露的风险评估

梁辉¹, 刘志婷¹, 周少君¹, 陈子慧², 龙朝阳¹, 王萍², 胡曙光¹, 邓小玲¹

(1. 广东省疾病预防控制中心, 广东 广州 511430;

2. 广东省公共卫生研究院, 广东 广州 511430)

摘要:目的 了解广东省贝类水产品中镉污染状况及居民对贝类水产品的消费情况,并对食用贝类水产品中镉暴露进行风险评估。方法 采用随机抽样方法,在广东省的粤东、粤西和珠三角地区采集贝类水产品样品307份,监测其镉含量,并结合广东省居民贝类水产品消费量数据,采用点评估模型评价广东省居民贝类水产品中镉暴露风险。结果 本次研究共检测307份样品,贝类水产品中镉总超标率为23.8%(73/307),中位数含量为0.630 mg/kg;粤东、粤西和珠三角地区的镉超标率分别为19.4%(13/67)、23.5%(16/68)及25.6%(44/172),中位数含量依次为0.530、0.806及0.853 mg/kg,差异无统计学意义($\chi^2 = 0.94, P > 0.05$)。人群摄入贝类水产品中镉的平均暴露量为0.957 $\mu\text{g}/\text{d}$,高消费人群的暴露量为4.511 $\mu\text{g}/\text{d}$;分别占暂定每月可耐受摄入量(PTMI)的1.91%和9.02%。结论 广东省贝类水产品中镉含量存在一定程度的超标情况,但人群摄入贝类中镉暴露风险相对较低。

关键词: 贝类; 水产品; 重金属; 镉; 暴露; 风险评估; 广东

中图分类号: R155 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2017)04-0492-04

DOI: 10.13590/j.cjfh.2017.04.021

Risk assessment of cadmium exposure in shellfish in Guangdong Province

LIANG Hui¹, LIU Zhi-ting¹, ZHOU Shao-jun¹, CHEN Zi-hui²,LONG Chao-yang¹, WANG Ping², HU Shu-guang¹, DENG Xiao-ling¹

(1. Center for Disease Control and Prevention of Guangdong Province, Guangdong Guangzhou 511430, China; 2. Guangdong Provincial Institute of Public Health, Guangdong Guangzhou

511430, China)

Abstract: Objective To investigate the content of cadmium in shellfish in Guangdong Province and make dietary exposure assessment of cadmium in shellfish. **Methods** The shellfish samples were collected from Pearl River Delta, Eastern and Western Guangdong Province using random sampling method. Point assessment method was used to evaluate the exposure of dietary cadmium intake from shellfish. The risk of dietary cadmium exposure from shellfish were evaluated. **Results** Three hundred and seven samples were included in the analysis. The median concentration of cadmium in shellfish was 0.630 mg/kg and the exceeding standard rate was 23.8% (73/307). The exceeding standard rates in Eastern Guangdong, Western Guangdong and Pearl River Delta were 19.4% (13/67), 23.5% (16/68), and 25.6% (44/172), respectively. The corresponding median concentration of cadmium were 0.530, 0.806 and 0.853 mg/kg, and the difference was not statistically significant ($\chi^2 = 0.94, P > 0.05$). The average (P_{50}) and high level ($P_{97.5}$) daily intake of cadmium from shellfish by the total survey population was 0.957 $\mu\text{g}/\text{d}$, and 4.511 $\mu\text{g}/\text{d}$, respectively. The monthly intake of cadmium associated with shellfish calculated from average and $P_{97.5}$ exposure doses accounted for 1.91% and 9.02% of PTMI, respectively. **Conclusion** The cadmium content of some shellfish in Guangdong Province exceeded the standard. However, the cadmium intake from shellfish by the survey population was not high.

Key words: Shellfish; aquatic product; heavy metals; cadmium; exposure; risk assessment; Guangdong

收稿日期: 2017-07-08

基金项目: 广东省医学科研基金课题项目(A2014080); 2015年省公益研究与能力建设专项资金项目(2015A020218002)

作者简介: 梁辉 男 副主任医师 研究方向为食品安全风险监控
E-mail: 13925034528@139.com

通信作者: 邓小玲 女 主任技师 研究方向为食品安全风险监控与评估
E-mail: 2296895035@qq.com

重金属镉是一种半衰期很长的多器官损害毒物,长期食用被镉污染的食品,可能导致体内蓄积过量的镉而引起人体多系统、多脏器的损害,同时镉的致畸作用和致癌作用也已经动物试验得到证实^[1]。随着现代工农业的发展,水质污染日益严重,重金属超标问题尤其突出,水体中的镉通过食物链逐渐富集到鱼虾贝类等水产品中,造成食品污

染。贝类由于底栖的生活模式、滤食的食性、移动性差以及活动范围小等特点,对环境污染的变化通常缺乏回避能力,容易暴露于污染物并对其进行富集^[2],已有研究^[3-6]表明水产品中的贝类对镉有较强的浓缩富集能力,贝类水产品中存在一定程度的镉超标问题。广东省居民喜食牡蛎、贻贝、花蛤等贝类水产品,既往研究^[7]表明广东省沿海城市居民日均虾蟹贝类的摄入量达 66.6 g,因此对广东省居民贝类水产品中镉暴露的风险进行评估具有重要意义。既往研究存在样品量不足、采样范围较小、样品代表性不足的问题。本研究对广东省居民贝类消费量较大的粤东、粤西和珠三角等沿海地区的贝类中镉含量进行调查,同时结合膳食消费量数据,对广东省居民贝类水产品中镉暴露进行风险评估。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品采集

采用随机抽样的方法,在贝类消费量较高的粤东、粤西和珠三角等沿海地区的地级市和佛山顺德区采集贝类水产品样品,每个地级市(区)选择 1 个中心城区和 2 个县及其下辖的 1~2 个乡镇作为采样点,在每个采样点随机选择农贸市场、商店超市或者养殖场采集样品。

采集的贝类样品包括牡蛎、蛤、扇贝、贻贝、蚶等,每份样品采样量均不少于 500 g,采样环节包括流通和养殖环节。根据简单随机抽样中总体均数估计的样品含量计算公式 $n_0 = (Z_{\alpha/2})^2 \sigma^2 / (\mu \varepsilon)^2$,公式中 n_0 为最小样品量, σ 为总体标准差, μ 为总体均值, ε 为最大相对误差, $Z_{\alpha/2}$ 为在给定可信水平 $(1-\alpha)\%$ 上的 Z 值,本研究中采用的 95% 可信水平对应的 $Z_{\alpha/2}$ 值为 1.96。参照以往贝类水产品中镉含量平均水平 $(0.464 \pm 0.658) \text{ mg/kg}$ ^[8],使最大相对误差不超过 15%,则计算出需要样品量至少 305 份。

1.1.2 食物消费量数据

食物消费量数据来源于 2010—2012 年广东省居民营养与健康状况调查。采用多阶段分层整群抽样的方法,抽取大城市、中小城市和农村共 3 150 户家庭,进行连续 3 d 24 h 膳食回顾食物消费状况调查。从调查数据中选取水产品消费数据进行膳食暴露量计算。

1.2 检测方法

1.2.1 样品前处理

取样品可食部分,用清水清洗,再用纱布吸干表面水分,用搅拌机搅碎匀浆。采用微波消解法制备消化液,同时做试剂空白试验。

1.2.2 镉含量测定

采用电子耦合等离子体质谱(ICP-MS)法测定贝类中镉含量,检出限(LOD)为 0.001 mg/kg,当检测结果低于 LOD 时,采用 1/2LOD 替代未检出值进行统计学分析。

1.2.3 膳食暴露量计算及评估

采用点评估模型估计广东省居民的贝类镉暴露量^[9],根据点评估模型,金属 i 的平均膳食暴露量 $(X_i) = \sum_{k=1}^n M_k \times C_{ki}$, M_k 为第 k 种食物在目标人群中每人每天的平均消费量(g/d); C_{ki} 为第 k 种食物中污染物的平均含量(mg/kg); n 是调查的食物种类数目;根据第 $P97.5$ 百分位数人群的消费量,可以得出高消费人群的膳食中镉暴露量。

将联合国粮食与农业组织/世界卫生组织食品添加剂联合专家委员会(JECFA)推荐的镉暂定每月可耐受摄入量(PTMI, 25 $\mu\text{g/kg BW}$)与本研究计算得到的镉每月评估摄入量(EMI)作对比,评估广东省居民食用贝类水产品的镉暴露风险。 $\text{EMI}(\mu\text{g/kg BW}) = C \times M \times 30 / WAB = \text{暴露量} \times 30 / WAB$, C 是贝类中镉平均含量(mg/kg); M 为贝类水产品的消费量(g/d); WAB 为体重(kg)。

1.3 统计学分析

贝类中镉含量呈非正态分布,采用中位数(M)和四分位数间距(Q)进行统计描述,Kruskal-Wallis 秩和检验进行组间比较;分类变量采用率进行描述,卡方(χ^2)检验进行组间比较。检验水准 $\alpha = 0.05$,SPSS 22.0 软件进行数据分析,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 贝类中镉含量

本研究实际采集贝类样品 307 份,包括牡蛎、蛤、扇贝、贻贝、蚶等。每份样品的镉含量在 0.004 ~ 10.800 mg/kg 之间,平均含量为 1.367 mg/kg,中位数为 0.630 mg/kg,四分位数间距为 1.650 mg/kg。参照 GB 2762—2012《食品安全国家标准 食品中污染物限量》^[10],贝类中镉含量不得超过 2 mg/kg,本次检测的 307 份样品中,超标率为 23.8% (73/307),对不同采样地区的镉含量进行分析,结果见表 1。珠三角地区的贝类中镉含量超标率高于粤西和粤东地区,但差异无统计学意义($\chi^2 = 1.02$, $P > 0.05$)。珠三角地区贝类中镉含量的中位数同样高于粤东和粤西地区,但差异仍无统计学意义($\chi^2 = 0.94$, $P > 0.05$)。

2.2 广东省居民贝类水产品中镉暴露量

根据 2010—2012 年广东省居民营养与健康调

表1 广东省不同采样地区贝类水产品中镉含量($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Cadmium content of shellfish in different sampling area of Guangdong Province

区域	样品份数	超标份数	超标率/%	均值 ± 标准差/(mg/kg)	M/(mg/kg)	Q/(mg/kg)	范围/(mg/kg)
粤东	67	13	19.4	1.252 ± 1.911	0.530	1.248	0.061 ~ 9.810
粤西	68	16	23.5	1.454 ± 1.952	0.806	1.664	0.004 ~ 10.800
珠三角	172	44	25.6	1.378 ± 1.534	0.853	1.876	0.004 ~ 0.920
合计	307	73	23.8	1.367 ± 1.715	0.630	1.650	0.004 ~ 10.800

查所获得的数据,贝类的平均消费量为(0.7 ± 0.1)g/d,其中高消费人群(P97.5 消费量的人群)的消费量为3.3 g/d。结合不同区域贝类中的镉平均含量,计算广东省居民摄入贝类的镉暴露量,结果见表2。总体上,广东省居民摄入贝类中镉平均暴露量为0.957 μg/d,高消费人群的暴露量为4.511 μg/d。粤东、粤西和珠三角地区的平均消费暴露量分别为0.876、1.018 和 0.965 μg/d,高消费暴露量分别为4.132、4.798 和 4.547 μg/d。

表2 广东省居民贝类水产品中镉暴露量

Table 2 Cadmium exposure doses of shellfish in Guangdong Province

区域	平均消费			高消费		
	暴露量/(μg/d)	EMI/(μg/kg BW)	占 PTMI/%	暴露量/(μg/d)	EMI/(μg/kg BW)	占 PTMI/%
粤东	0.876	0.44	1.75	4.132	2.07	8.26
粤西	1.018	0.51	2.04	4.798	2.40	9.60
珠三角	0.965	0.48	1.93	4.547	2.27	9.09
合计	0.957	0.48	1.91	4.511	2.26	9.02

2.3 贝类中镉暴露风险评估

将广东省居民摄入贝类中镉的暴露量按照60 kg成年人参考体重标化为镉暴露量的 EMI,并与相应的 PTMI 值(25 μg/kg BW)比较,结果见表2。广东省居民每月平均消费暴露量以及高消费人群暴露量的 EMI 分别为0.48 和 2.26 μg/kg BW,分别占 PTMI 的 1.91% 和 9.02%。不同区域的平均消费暴露量的 EMI 在 0.44 ~ 0.51 μg/kg BW 之间,高消费暴露量的 EMI 在 2.07 ~ 2.40 μg/kg BW 之间。

3 讨论

镉蓄积在肾脏,在人体内的半衰期长达 10 ~ 35 年,不断释放产生持续毒性作用和累计效应,危害人体健康。由于镉在人体内半衰期长,2010 年世界卫生组织将镉的限量值由暂定每周耐受摄入量(PTWI)7 μg/kg BW,改为 PTMI 25 μg/kg BW。研究^[11-12]表明,即便每日镉的暴露量在目前的推荐值以下,仍会增加肾功能损害和患周围血管疾病的风险,即使是微量的镉,也可通过生物积累和放大对人机体的肺、骨、肾、肝、免疫系统和生殖器官等产生一系列损伤。

本研究中广东省贝类水产品的平均镉含量为 1.367 mg/kg,中位数含量为 0.630 mg/kg,与姜杰等^[13]报道的广东沿海贝类的平均镉含量(1.26 mg/kg)相近,比王茂波等^[14]报道的烟台市海域中贝类的平均镉含量(0.354 mg/kg)高,这可能与广东省内,特别是珠江三角洲地区的工业迅速发展有关,大量含有重金属的工业废水通过各种途径进入珠江和河口区海域,给水环境造成污染。研究^[2]表明重金属进入水产动物的途径主要有以下 3 种:一是水产动物呼吸时,通过鳃吸收水中氧气的同时吸收重金属,经血液循环富集于各个部位;二是水产动物通过摄食,重金属进入体内;三是水产动物体表与水体的渗透交换作用富集。同时,双壳类动物能产生金属硫蛋白,金属硫蛋白能牢固地结合大量的重金属,因而这些动物体中的重金属含量较高,所以,贝类水产品中镉的含量也从一方面反映了相应水体中重金属的浓度,本研究显示贝类水产品中镉的中位含量高低依次为珠三角(0.853 mg/kg)、粤西(0.806 mg/kg)、粤东(0.530 mg/kg)地区,对广东省各个区域水体环境中镉的含量高低以及污染程度起到了一定的提示作用。

评估结果显示,在一般消费水平下,调查总人群的贝类镉暴露量远低于 PTMI 值,EMI 仅占 PTMI 的 1.91%;在高消费水平下,调查总人群暴露量的 EMI 占 PTMI 的 9.02%,结果表明仅从贝类中摄入的镉暴露风险不高。根据 2000 年中国膳食研究^[15],我国不同年龄组的人群镉膳食暴露量占 PTWI 的 30.3% ~ 67.0%,其中谷类和蔬菜的贡献最高,其次为水产品。戴光伟等^[4]的研究也表明,广东省居民食用水产品中镉平均暴露量的 EMI 仅占 PTMI 的 2.0%,高消费人群暴露量的 EMI 占 PTMI 的 15.5%,通过水产品的镉平均摄入量较低,尚不认为水产品中的镉会造成人体的健康损害。

广东省居民主要贝类消费品种繁多,主要有牡蛎、蛤、扇贝、贻贝、蚶等,以牡蛎为主,王立明等^[16]的研究结果显示,山东沿海养殖区的 5 种贝类中,成年人太平洋牡蛎的镉膳食暴露量的 EMI 占 PTMI 的 84%,其余 4 种贝类(毛蚶、菲律宾蛤仔、文蛤、四角蛤)均在 10% 左右,说明不同贝类中镉的膳食暴露风险可能有差异,虽然大多数贝类的镉暴露风险不

高,但牡蛎对重金属铜、镉的净积累型特性提示牡蛎的镉暴露风险应引起重点关注,敏感人群儿童食用可能会造成健康风险,建议去除内脏后食用。本次研究的膳食消费量数据来自2010—2012年广东省居民营养与健康调查,采用了膳食调查各个监测点的人群平均消费量数据,计算广东省粤东、粤西和珠三角地区居民摄入贝类的镉暴露量,一定程度上低估了3个地区居民贝类中镉暴露水平差异,评估结果存在一定不确定性。今后的研究可进一步针对不同地区的具体消费情况,采用较为精细的评估方法,进行贝类中镉暴露的更精确的风险评估。

综上所述,广东省居民贝类水产品中镉暴露的风险总体不高,但贝类摄入过多会增加镉暴露的风险,所以对高消费人群,仍需重点关注。

参考文献

- [1] 王伟,刘国庆. 水产品中重金属镉污染安全评估[J]. 现代农业科技,2011(11):326-327.
- [2] 姚清华,颜孙安,林虬,等. 水产品重金属富集规律与风险评估[J]. 福建农业学报,2014,29(5):498-504.
- [3] 崔毅,陈碧鹃,宋云利,等. 胶州湾海水、海洋生物体中重金属含量的研究[J]. 应用生态学报,1997,8(6):650-654.
- [4] 戴光伟,梁辉,周少君,等. 广东省食用水产品中镉膳食暴露风险评估[J]. 华南预防医学,2016,42(3):223-226.
- [5] 王增焕,林钦,李刘冬,等. 华南沿海贝类体镉的调查与膳食暴露评估[J]. 南方水产科学,2012,8(5):9-14.
- [6] 樊伟,王晶,陈理. 绍兴地区水产品中铅、镉和总汞含量监测结果分析与评价[J]. 卫生研究,2016,45(1):121-124.
- [7] 唐洪磊,郭英,孟祥周,等. 广东省沿海城市居民膳食结构及食物污染状况的调研——对持久性卤代烃和重金属的人体暴露水平评价[J]. 农业环境科学学报,2009,28(2):329-336.
- [8] 夏运生,何江华,万洪富. 广东省农产品污染状况分析[J]. 生态环境,2004,13(1):119-111.
- [9] 李喜艳. 砷膳食暴露评估模型构建与应用研究[D]. 南京:东南大学,2015.
- [10] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准 食品中污染物限量:GB 2762—2012[S]. 北京:中国标准出版社,2012.
- [11] SATARUG S, VESEY D A, GOBE G C. Health risk assessment of dietary cadmium intake: do current guidelines indicate how much is safe? [J]. Environ Health Perspect, 2017, 125(3): 284-288.
- [12] HARTWIG A, SCHWERDTLE T. Interactions by carcinogenic metal compounds with DNA repair processes: toxicological implications[J]. Toxicol Lett,2002,127(1/3):47-54.
- [13] 姜杰,丘红梅,张慧敏,等. 广东沿海海域海产品中重金属的含量及评价[J]. 环境与健康杂志,2009,26(9):814-816.
- [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.
- [15] 张磊,高俊全,李筱薇. 2000年中国总膳食研究——不同性别年龄组人群膳食镉摄入量[J]. 卫生研究,2008,37(3):338-342.
- [16] 王立明,苑春亭,何鑫,等. 乳山和广饶养殖贝类重金属含量分析及食用健康风险评估[J]. 中国渔业质量与标准,2016,6(5):37-44.

· 请示批复 ·

农业部办公厅关于兽药生产用原料有关问题答复的函

广东省畜牧兽医局:

你局《关于兽药生产环节使用原料药有关问题的请示》(粤牧[2017]24号)收悉。经研究,现答复如下。

《兽药管理条例》第十七条第一款规定,兽药生产所用的原料、辅料,应当符合国家标准或所生产兽药的质量要求;《兽药生产质量管理规范》第四十三条规定,兽药生产所需的物料,应符合兽药标准、药品标准、包装材料标准、兽用生物制品规程或其它有关标准,不得对兽药的质量产生不良影响。根据上述规定,兽药生产所用的原料、辅料应当满足以下要求:一是已列入兽药管理范畴的兽药原料、辅料,应当符合兽药国家标准的规定;二是未列入兽药管理但已列入药品管理范畴的原料、辅料,应当符合药品国家标准的规定;三是不属于上述两类管理范畴的原料、辅料,应当符合相关兽药产品批准时认可的标准。

特此复函。

农业部办公厅

二〇一七年七月二十一日