

上海市成年人膳食中镉暴露水平评估

刘弘, 吴春峰, 陆屹, 方亚敏

摘要: [目的] 了解上海市成年人膳食中镉暴露的基础数据, 评估上海市成年人膳食镉暴露风险。[方法] 对上海市16类1680件市售食品中镉含量进行分层随机抽样监测, 对上海市1368名成年人膳食摄入量多阶段随机抽样调查, 应用世界卫生组织推荐的食物中化学污染物膳食暴露点评估方法, 对上海市成年居民膳食中镉暴露水平进行评估。[结果] 上海市成年人平均每周膳食中镉暴露量为0.1494 mg/人, 占暂定每周可耐受摄入量(PTWI)的34.56%。上海市成年人每周膳食中镉暴露量中位数为0.0324 mg/人, 占PTWI的7.50%。上海市成年人每周膳食中镉暴露量(膳食摄入量 P_{90} 、极端 P_{90})分别为0.2879 mg/人和0.9372 mg/人, 分别占PTWI的66.59%和216.80%。[结论] 上海市成年人膳食中镉暴露水平正常情况下低于PTWI, 但仍有进一步降低必要。

关键词: 食品; 镉; 膳食摄入; 膳食暴露评估

Dietary Cadmium Exposure Assessment in Shanghai Adult Residents LIU Hong, WU Chun-feng, LU Yi, FANG Ya-min (Department of Food Hygiene and Food-borne Disease Control, Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China)

Abstract: [Objective] To obtain the data base of dietary cadmium exposure level in Shanghai adult residents, and to estimate its risk to them. [Methods] Data that reflect the concentration of cadmium in food were collected from stratified random sampling monitoring programs in Shanghai involved 1680 food samples in 16 categories. Food consumption data were obtained from multi-stage sampling survey of dietary intake in 1368 Shanghai adult residents. The point estimates of dietary exposure assessment of chemicals in food method recommended by World Health Organization was applied for dietary exposure assessment of cadmium in food for this survey. [Results] The average and median dietary cadmium exposure of Shanghai adult residents per week were estimated to be 0.1494 mg per person and 0.0324 mg per person, reached 34.56% and 7.50% of provisional tolerable weekly intake (PTWI). The upper 90th percentile (P_{90}) dietary intake and the P_{90} maximum of dietary cadmium exposure of these people per week were estimated to be 0.2879 mg per person and 0.9372 mg per person, reached 66.59% and 216.80% of PTWI respectively. [Conclusion] Although the level of dietary cadmium exposure of Shanghai adult residents was usually lower than PTWI, it should be decreased to a further lower level.

Key Words: food; cadmium; dietary intake; dietary exposure assessment

随着现代工农业的迅猛发展, 镉污染问题日益严重。镉是最危险有毒有害环境污染物之一, 可对肾、肺、肝、骨、生殖等多种器官和系统造成损害。国际癌症研究机构(IARC)把镉归类为Ia类致癌物。镉在体内的生物半衰期一般为10~30 a, 是已知最易在体内蓄积的有毒物质。环境镉污染主要来源于冶炼、电镀蓄电池、油漆、电器制造及航空材料等工业生产领域。镉可污染空气、土壤和水体, 并通过食物链进入人体造成危害。发生在日本的“痛痛病”就是因为长期食用被矿山和冶炼厂的废弃物所污染了的稻米和大豆而引起的。日常膳食和吸烟是非职业性镉暴露的主要来源^[1-4]。

早在1974年联合国环境规划署(UNEP)就将镉定为重点化学污染物, 70年代世界卫生组织(WHO)和联合国粮农组

织(FAO)联合发起全球环境监测规划-食品污染物监测计划(GEMS-FOOD), 也把食品中污染的镉列入重点监测项目, 并通过多种方法, 对镉的膳食暴露危险性进行评估。我国也曾通过多次总膳食研究, 对全国不同地区、不同性别、不同年龄组人群进行膳食镉暴露量评估^[5-7]。

本研究拟通过对上海市连续5年市售食品中镉含量的监测, 结合2002年上海市成年人膳食摄入量调查, 应用FAO与WHO推荐的食物中化学污染物膳食暴露评估方法^[8-9], 对上海市成年人膳食中镉暴露水平进行分析、评估, 了解上海市成年人膳食中镉暴露的基础数据, 评估上海市市售食品中镉污染的危险性, 为保障上海市民健康提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 市售食品中镉含量监测

自2002年至2007年, 参照WHO与FAO的GEMS-FOOD方法, 按大米、面粉、其他谷类、薯类、干豆类、鲜豆类、深色蔬

[作者简介] 刘弘(1965-), 男, 硕士, 主任医师; 研究方向: 营养与食品卫生; E-mail: hliu@sdc.sh.cn

[作者单位] 上海市疾病预防控制中心食品卫生与食源性疾病预防科, 上海 200336

菜、浅色蔬菜、新鲜水果、猪肉、其他畜肉、动物内脏、禽类、奶类、鲜蛋和鱼虾类共 16 类食物,按分层随机抽样的方法,每年在上海市 18 个区(县)分集贸市场、超市 2 个层面对销售的食物进行采样,共采集 1 680 件食品,按 GB/T5009 15—2003《食品中镉的测定方法》^[10]进行检测。

1.2 成年人膳食摄入量调查

2002 年,采用多阶段随机抽样方法进行膳食摄入量调查。第一阶段利用系统抽样的方法抽取了 3 个区(县),第二阶段在每个样本区(县)中抽取 3 个乡镇(街道),第三阶段在样本乡镇(街道)中抽取 2 个村(居委会),第四阶段在样本村(居委会)抽取 90 户共 1 368 名 18 岁及以上成年人;采用称重法、24 h 膳食回顾法、食物频率法相结合的膳食摄入量入户调查方法。

1.3 成年人膳食中镉的暴露量评估

采用 FAO 与 WHO 推荐的《食品中化学物质膳食暴露评估》方法中“点评估法”,分别计算上海市成年人膳食中镉暴露量及各类市售食品的镉贡献率,按 WHO 与 FAO 的食品法典委员会(CAC)食品添加剂专业委员会(JECFA)制定的食品中镉的暂定每周可耐受摄入量(PTWI)0.007 mg/kg(按体重计,下同)的标准评估^[11]。

膳食中镉暴露量 = $\sum(\text{食品中镉含量} \times \text{膳食摄入量}) / \text{体重}$ 。

膳食中镉暴露量均值 = 食品中镉含量均值 \times 膳食摄入量均值。

膳食中镉暴露量中位数 = 食品中镉含量中位数 \times 膳食摄入量中位数。

膳食中镉暴露量(膳食摄入量 P_{90}) = 食品中镉含量均值 \times 膳食摄入量 P_{90} 。

膳食中镉暴露量(极端 P_{90}) = 食品中镉含量 P_{90} \times 膳食摄入量 P_{90} 。

某类膳食镉贡献率 = (某类膳食中镉暴露量 / 各类膳食中镉暴露量之和) $\times 100\%$ 。

1.4 数据分析

采用 EXCEL 2003 和 SPSS 13.0 软件包进行数据汇总,进行数据描述性统计分析。

2 结果

2.1 市售食品中镉含量

对 1 680 件市售食品中镉含量进行了监测。市售食品中镉平均含量较高的食品是动物内脏、浅色蔬菜、鱼虾类,分别为 0.278、0.043、0.043 mg/kg; 镉平均含量较低的食品是奶类、新鲜水果、禽类,分别为 0.001、0.001、0.002 mg/kg(表 1)。

2.2 成年人膳食摄入量

1 368 名成年人平均日膳食消费量顺序为:谷类食物 303.45 g、蔬菜 274.73 g、畜禽肉类 121.16 g、鱼虾类 116.85 g、新鲜水果 92.83 g、奶类 81.55 g、蛋类 34.31 g、薯类 19.57 g 及豆类 18.80 g(表 2)。

表 1 2002—2007 年上海市市售食品中镉含量(mg/kg)

Table 1 The level of cadmium content in food in Shanghai during 2002 through 2007

食物种类 Food	数量 n	均数 Mean	标准差 SD	最大值 Max	最小值 Min	中位数 P ₅₀	90 分位数 P ₉₀
大米(Rice)	117	0.023	0.031	0.150	0.001	0.009	0.090
面粉(Wheat flour)	77	0.014	0.015	0.099	0.001	0.011	0.023
其他谷类(Other cereals)	13	0.006	0.007	0.026	0.001	0.006	0.020
薯类(Starch tubers)	7	0.002	0.001	0.004	0.001	0.001	—
干豆类(Dry legume)	90	0.019	0.030	0.100	0.001	0.007	0.100
鲜豆类(Fresh legume)	61	0.004	0.005	0.035	0.001	0.002	0.007
深色蔬菜(Dark color vegetables)	104	0.006	0.009	0.054	0.000	0.003	0.016
浅色蔬菜(Light color vegetables)	104	0.043	0.092	0.630	0.000	0.007	0.170
新鲜水果(Fresh fruits)	61	0.001	0.002	0.012	0.000	0.001	0.003
猪肉(Pork)	67	0.018	0.035	0.100	0.001	0.002	0.100
其他畜肉(Other meats)	63	0.003	0.003	0.011	0.001	0.001	0.006
动物内脏(Animal viscera)	144	0.278	0.607	4.400	0.001	0.120	0.670
禽类(Poultry)	22	0.002	0.001	0.004	0.001	0.001	0.003
奶类(Milk)	68	0.001	0.001	0.010	0.001	0.001	0.003
鲜蛋(Eggs)	97	0.005	0.006	0.030	0.000	0.003	0.012
鱼虾(Fish/Shrimp)	585	0.043	0.225	5.000	0.000	0.007	0.091

表 2 2002 年上海市成年人膳食摄入量(g/人·d)

Table 2 Food consumption in adult residents in Shanghai, 2002

食物种类 Food	均数 Mean	标准差 SD	最大值 Max	最小值 Min	中位数 P ₅₀	90 分位数 P ₉₀
大米(Rice)	241.19	108.07	666.70	0.00	232.15	386.17
面粉(Wheat flour)	51.53	49.42	291.60	0.00	37.90	116.70
其他谷类(Other cereals)	10.73	29.76	333.30	0.00	0.00	41.70
薯类(Starch tubers)	19.57	38.04	400.00	0.00	0.00	66.60
干豆类(Dry legume)	1.50	7.54	115.80	0.00	0.00	0.00
鲜豆类(Fresh legume)	17.30	20.71	243.30	0.00	11.50	42.32
深色蔬菜(Dark color vegetables)	134.42	79.45	466.80	0.00	126.65	233.80
浅色蔬菜(Light color vegetables)	140.31	95.50	750.10	0.00	124.95	259.15
新鲜水果(Fresh fruits)	92.83	103.26	683.40	0.00	66.60	233.30
猪肉(Pork)	67.56	50.14	293.38	0.00	58.31	135.15
其他畜肉(Other meats)	9.29	23.80	266.60	0.00	0.00	33.30
动物内脏(Animal viscera)	5.06	17.00	216.60	0.00	0.00	16.70
禽类(Poultry)	39.25	52.36	400.00	0.00	16.70	116.60
奶类(Milk)	81.55	119.97	1093.90	0.00	0.00	258.30
鲜蛋(Eggs)	34.31	32.46	193.30	0.00	28.35	78.45
鱼虾类(Fish/Shrimp)	116.85	80.34	646.10	0.00	100.10	216.70

645 名成年男性平均日膳食消费量顺序为:谷类食物 346.87 g、蔬菜 285.66 g、畜禽肉类 134.76 g、鱼虾类 122.17 g、新鲜水果 85.79 g、奶类 75.06 g、蛋类 35.85 g、薯类 20.51 g 及豆类 19.73 g; 723 名成年女性平均日膳食消费量顺序为:谷类食物 264.73 g、蔬菜 264.98 g、鱼虾类 112.10 g、畜禽肉类 109.00 g、新鲜水果 99.11 g、奶类 87.34 g、蛋类 32.94 g、薯类 18.73 g 及豆类 17.97 g。除新鲜水果和奶类外,各类膳食平均日消费量男性均大于女性,女性鱼虾类平均日消费量超过畜禽肉类(表 3)。

表 3 2002 年上海市成年男、女性膳食摄入量 (g/人·d)
Table 3 Food consumption in male and female adults in Shanghai, 2002

食物种类 Food	男性 (Male)						女性 (Female)					
	均数 Mean	标准差 SD	最大值 Max	最小值 Min	中位数 P ₅₀	90 分位数 P ₉₀	均数 Mean	标准差 SD	最大值 Max	最小值 Min	中位数 P ₅₀	90 分位数 P ₉₀
大米 (Rice)	276.94	114.63	650.00	0.00	266.40	433.30	209.30	90.73	666.70	0	199.80	333.10
面粉 (Wheat flour)	59.18	54.34	266.60	0.00	50.00	133.30	44.71	43.49	291.60	0	33.30	100.00
其他谷类 (Other cereals)	10.75	29.66	333.30	0.00	0.00	49.94	10.72	29.86	300.00	0	0.00	33.40
薯类 (Starch tubers)	20.51	39.99	333.20	0.00	0.00	66.64	18.73	36.22	400.00	0	0.00	66.60
干豆类 (Dry legume)	1.55	7.80	98.50	0.00	0.00	0.00	1.46	7.31	115.80	0	0.00	0.00
鲜豆类 (Fresh legume)	18.18	20.45	175.40	0.00	12.20	46.08	16.51	20.92	243.30	0	11.00	41.26
深色蔬菜 (Dark color vegetables)	139.86	82.11	466.80	0.00	133.30	249.90	129.57	76.74	400.00	0	124.90	233.30
浅色蔬菜 (Light color vegetables)	145.80	98.98	732.90	0.00	133.30	266.64	135.41	92.08	750.10	0	116.70	250.00
新鲜水果 (Fresh fruits)	85.79	101.32	566.70	0.00	50.00	227.38	99.11	104.63	683.40	0	78.30	235.26
猪肉 (Pork)	75.28	54.33	293.38	0.00	66.70	149.99	60.67	45.02	266.50	0	50.10	122.18
其他畜肉 (Other meats)	10.55	24.34	200.10	0.00	0.00	33.40	8.18	23.27	266.60	0	0.00	33.30
动物内脏 (Animal viscera)	5.41	17.14	175.00	0.00	0.00	16.70	4.76	16.87	216.60	0	0.00	16.70
禽类 (Poultry)	43.57	56.24	375.00	0.00	25.00	121.96	35.39	48.34	400.00	0	16.70	100.00
奶类 (Milk)	75.06	109.34	688.80	0.00	0.00	258.30	87.34	128.51	1093.90	0	0.00	258.30
鲜蛋 (Eggs)	35.85	33.40	193.30	0.00	31.70	80.00	32.94	31.56	184.80	0	25.00	73.36
鱼虾类 (Fish/Shrimp)	122.17	85.58	646.10	0.00	112.50	233.14	112.10	75.10	441.60	0	100.00	208.46

2.3 成年人膳食中镉暴露水平评估

2.3.1 成年人膳食中镉暴露量评估 从 16 类食物中, 成年人平均每周膳食中镉暴露量为 0.1494 mg/人, 占 PTWI 的 34.56%; 成年人每周膳食中镉暴露量中位数为 0.0324 mg/人, 占 PTWI 的 7.50%; 成年人每周膳食中镉暴露量(膳食摄入量 P₉₀、极端 P₉₀) 分别为 0.289 mg/人和 0.9372 mg/人, 分别占 PTWI 的 66.59% 和 216.80% (表 4)。

成年人平均每周膳食中镉暴露量来源分析: 蔬菜类、大米、

鱼虾类是镉摄入主要来源, 从上述 3 类食品中摄入的镉占膳食镉暴露量的 81.37%。其中从蔬菜中摄入的镉最多, 从浅色蔬菜和深色蔬菜摄入的镉占膳食镉暴露量的 32.22%; 大米其次, 从大米摄入的镉占膳食镉暴露量的 25.57%; 从鱼虾类摄入的镉占膳食镉暴露量的 23.58%。从面粉、新鲜水果、猪肉和奶类 4 类食品中摄入的镉占膳食镉暴露量的 9.95%, 主要来自猪肉和面粉; 从动物内脏中摄入的镉占膳食镉暴露量的 6.59%; 从其他食物中摄入的镉很少。

表 4 上海市成年人膳食中镉暴露水平评估
Table 4 Dietary cadmium exposure assessment in adult residents in Shanghai

食物种类 Food	均值 Mean		中位数 Median		膳食摄入量 P ₉₀ P ₉₀ (Dietary intake)		极端 P ₉₀ P ₉₀ (Maximum)	
	日暴露量 (mg)	贡献率 (%)	日暴露量 (mg)	贡献率 (%)	日暴露量 (mg)	贡献率 (%)	日暴露量 (mg)	贡献率 (%)
	Daily exposure	Contribution	Daily exposure	Contribution	Daily exposure	Contribution	Daily exposure	Contribution
大米 (Rice)	0.0055	25.57	0.0020	43.08	0.0087	21.25	0.0349	26.07
面粉 (Wheat flour)	0.0007	3.30	0.0004	9.00	0.0016	3.88	0.0027	2.00
其他谷类 (Other cereals)	0.0001	0.32	0.0000	0.00	0.0003	0.64	0.0008	0.61
薯类 (Starch tubers)	0.0000	0.14	0.0000	0.00	0.0001	0.25	0.0000	0.02
干豆类 (Dry legume)	0.0000	0.13	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00
鲜豆类 (Fresh legume)	0.0001	0.29	0.0000	0.40	0.0002	0.37	0.0003	0.22
深色蔬菜 (Dark color vegetables)	0.0008	3.96	0.0004	7.79	0.0015	3.57	0.0037	2.79
浅色蔬菜 (Light color vegetables)	0.0060	28.26	0.0008	18.20	0.0111	27.10	0.0441	32.90
新鲜水果 (Fresh fruits)	0.0001	0.65	0.0000	0.72	0.0003	0.85	0.0008	0.59
猪肉 (Pork)	0.0012	5.56	0.0001	3.02	0.0024	5.77	0.0135	10.09
其他畜肉 (Other meats)	0.0000	0.12	0.0000	0.00	0.0001	0.22	0.0002	0.16
动物内脏 (Animal viscera)	0.0014	6.59	0.0000	0.00	0.0046	11.27	0.0112	8.36
禽类 (Poultry)	0.0001	0.30	0.0000	0.47	0.0002	0.47	0.0004	0.28
奶类 (Milk)	0.0001	0.44	0.0000	0.00	0.0003	0.73	0.0007	0.49
鲜蛋 (Eggs)	0.0002	0.79	0.0001	1.77	0.0004	0.94	0.0010	0.71
鱼虾类 (Fish/Shrimp)	0.0050	23.58	0.0007	15.55	0.0093	22.70	0.0197	14.70
日摄入总量 (mg/人) (Total Cd intake per day)	0.0213		0.0046		0.0411		0.1339	
一周摄入量 (mg/人) (Dietary Cd intake per week)	0.1494		0.0324		0.2879		0.9372	
占 PTWI 百分数 (Percentage of PTWI, %)	34.56		7.50		66.59		216.80	

2.3.2 成年男性膳食中镉暴露量评估 从 16 类食物中, 成年男性平均每周膳食中镉暴露量为 0.1610 mg/人, 占 PTWI

的 34.67%; 每周膳食中镉暴露量中位数为 0.0368 mg/人, 占 PTWI 的 7.93%; 每周膳食中镉暴露量(膳食摄入量 P₉₀、极

端 P_{90}) 分别为 0.307 2 mg/人和 1.002 5 mg/人, 分别占 PTWI 的 66.17% 和 215.96%(表 5)。

成年男性平均每周膳食中镉暴露量来源分析: 蔬菜类、大米、鱼虾类是镉摄入主要来源, 从三类食品中摄入的镉占膳食镉暴露量 81.22%; 从蔬菜中摄入的镉最多, 从浅色蔬菜和深色蔬菜摄入的镉占膳食镉暴露量 31.09%; 大米其次, 从大米

摄入的镉占膳食镉暴露量的 27.25%; 从鱼虾类摄入的镉占膳食镉暴露量 22.89%。从面粉、新鲜水果、猪肉和奶类四类食品中摄入的镉占膳食镉暴露量 10.21%, 主要来自猪肉和面粉; 从动物内脏中摄入的镉占膳食镉暴露量 6.53%, 从其他食物中摄入的镉很少(表 5)。

表 5 上海市成年男性膳食中镉暴露水平评估

Table 5 Dietary cadmium exposure assessment of male adults in Shanghai

食物种类 Food	均值 Mean		中位数 Median		膳食摄入量 P_{90} P_{90} (Dietary intake)		极端 P_{90} P_{90} (Maximum)	
	日暴露量(mg) Daily exposure	贡献率(%) Contribution	日暴露量(mg) Daily exposure	贡献率(%) Contribution	日暴露量(mg) Daily exposure	贡献率(%) Contribution	日暴露量(mg) Daily exposure	贡献率(%) Contribution
	大米(Rice)	0.0063	27.25	0.0023	43.56	0.0098	22.34	0.0392
面粉(Wheat flour)	0.0008	3.52	0.0006	10.46	0.0018	4.15	0.0031	2.14
其他谷类(Other cereals)	0.0001	0.29	0.0000	0.00	0.0003	0.71	0.0010	0.68
薯类(Starch tubers)	0.0000	0.14	0.0000	0.00	0.0001	0.24	0.0000	0.00
干豆类(Dry legume)	0.0000	0.13	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00
鲜豆类(Fresh legume)	0.0001	0.28	0.0000	0.37	0.0002	0.37	0.0003	0.22
深色蔬菜(Dark color vegetables)	0.0009	3.82	0.0004	7.22	0.0016	3.58	0.0040	2.79
浅色蔬菜(Light color vegetables)	0.0063	27.26	0.0009	17.11	0.0115	26.13	0.0453	31.65
新鲜水果(Fresh fruits)	0.0001	0.56	0.0000	0.48	0.0003	0.78	0.0008	0.53
猪肉(Pork)	0.0013	5.75	0.0002	3.04	0.0026	6.00	0.0150	10.47
其他畜肉(Other meats)	0.0000	0.12	0.0000	0.00	0.0001	0.20	0.0002	0.15
动物内脏(Animal viscera)	0.0015	6.53	0.0000	0.00	0.0046	10.57	0.0112	7.81
禽类(Poultry)	0.0001	0.31	0.0000	0.62	0.0002	0.46	0.0004	0.27
奶类(Milk)	0.0001	0.38	0.0000	0.00	0.0003	0.68	0.0007	0.45
鲜蛋(Eggs)	0.0002	0.77	0.0001	1.75	0.0004	0.90	0.0010	0.68
鱼虾类(Fish/Shrimp)	0.0053	22.89	0.0008	15.40	0.0100	22.89	0.0212	14.78
日摄入总量(mg/人)(Total Cd intake per day)	0.0230		0.0053		0.0439		0.1432	
一周摄入量(mg/人)(Dietary Cd intake per week)	0.1610		0.0368		0.3072		1.0025	
占 PTWI 百分数(Percentage of PTWI, %)	34.67		7.93		66.17		215.96	

2.3.3 成年女性膳食中镉暴露量评估 从 16 类食物中, 成年女性平均每周膳食中镉暴露量为 0.139 1 mg/人, 占 PTWI 的 34.30%; 每周膳食中镉暴露量中位数为 0.029 5 mg/人, 占

PTWI 的 7.28%; 每周膳食中镉暴露量(膳食摄入量 P_{90} 、极端 P_{90}) 分别为 0.270 3 mg/人和 0.873 8 mg/人, 分别占 PTWI 的 66.63% 和 215.42%(表 6)。

表 6 上海市成年女性膳食中镉暴露水平评估

Table 6 Dietary cadmium exposure assessment of female adults in Shanghai

食物种类 Food	均值 Mean		中位数 Median		膳食摄入量 P_{90} P_{90} (Dietary intake)		极端 P_{90} P_{90} (Maximum)	
	日暴露量(mg) Daily exposure	贡献率(%) Contribution	日暴露量(mg) Daily exposure	贡献率(%) Contribution	日暴露量(mg) Daily exposure	贡献率(%) Contribution	日暴露量(mg) Daily exposure	贡献率(%) Contribution
	大米(Rice)	0.0047	23.83	0.0017	40.72	0.0075	19.52	0.0301
面粉(Wheat flour)	0.0006	3.08	0.0004	8.68	0.0014	3.54	0.0023	1.84
其他谷类(Other cereals)	0.0001	0.34	0.0000	0.00	0.0002	0.54	0.0007	0.52
薯类(Starch tubers)	0.0000	0.15	0.0000	0.00	0.0001	0.27	0.0000	0.03
干豆类(Dry legume)	0.0000	0.14	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00
鲜豆类(Fresh legume)	0.0001	0.30	0.0000	0.42	0.0001	0.38	0.0003	0.23
深色蔬菜(Dark color vegetables)	0.0008	4.10	0.0004	8.44	0.0015	3.80	0.0037	2.99
浅色蔬菜(Light color vegetables)	0.0058	29.30	0.0008	18.67	0.0107	27.84	0.0425	34.05
新鲜水果(Fresh fruits)	0.0001	0.75	0.0000	0.93	0.0004	0.91	0.0008	0.63
猪肉(Pork)	0.0011	5.36	0.0001	2.85	0.0021	5.55	0.0122	9.79
其他畜肉(Other meats)	0.0000	0.11	0.0000	0.00	0.0001	0.23	0.0002	0.17
动物内脏(Animal viscera)	0.0013	6.65	0.0000	0.00	0.0046	12.01	0.0112	8.96
禽类(Poultry)	0.0001	0.29	0.0000	0.51	0.0002	0.43	0.0003	0.26
奶类(Milk)	0.0001	0.51	0.0000	0.00	0.0003	0.78	0.0007	0.52
鲜蛋(Eggs)	0.0002	0.82	0.0001	1.72	0.0004	0.94	0.0009	0.72
鱼虾类(Fish/Shrimp)	0.0048	24.30	0.0007	17.06	0.0090	23.26	0.0189	15.16
日摄入总量(mg/人)(Total Cd intake per day)	0.0199		0.0042		0.0386		0.1248	
一周摄入量(mg/人)(Dietary Cd intake per week)	0.1391		0.0295		0.2703		0.8738	
占 PTWI 百分数(Percentage of PTWI, %)	34.30		7.28		66.63		215.42	

成年女性平均每周膳食中镉暴露量来源分析: 蔬菜类、鱼虾类、大米是镉摄入主要来源, 从3类食品中摄入的镉占膳食镉暴露量81.52%; 从蔬菜中摄入的镉最多, 从浅色蔬菜和深色蔬菜摄入的镉占膳食镉暴露量33.39%; 鱼虾类其次, 从鱼虾类摄入的镉占膳食镉暴露量的24.30%; 从大米摄入的镉占膳食镉暴露量23.83%。从面粉、新鲜水果、猪肉和奶类4类食品中摄入的镉占膳食镉暴露量9.69%, 主要来自猪肉和面粉; 从动物内脏中摄入的镉占膳食镉暴露量6.65%, 从其他食物中摄入的镉很少。

3 讨论

上海市成年人平均膳食中镉暴露量低于JECFA规定的PTWI, 且男性与女性相比基本一致; 上海市成年人膳食中镉暴露量(极端 P_{90})无论男性还是女性都超过PTWI。由于镉的来源很多, 除了职业因素外, 吸烟也是镉的重要来源^[4]。综合考虑可认为, 虽然上海市成年人膳食中镉暴露水平正常情况下低于PTWI, 仍有必要减少膳食中镉的摄入。

与2000年中国总膳食研究结果相比, 上海市成年人膳食中镉暴露量平均值接近全国水平, 高于北方平均水平, 低于南方平均水平; 也高于西方一些发达国家美国、英国、法国、澳大利亚等国家, 但低于日本^[12-15]。这可能说明近年来上海采取的一些降低环境中镉污染措施, 对降低成人膳食中镉暴露水平有一定的作用, 但环境污染的镉水平还需进一步降低。

上海市成年人膳食中镉暴露量的来源主要是蔬菜、大米、鱼虾类, 其中女性从鱼虾类摄入的镉略多于大米, 与2000年中国总膳食研究结果基本一致, 但顺序随地区不同而不一致, 这可能与不同地区的饮食结构差异有关。

上海市成年人膳食中镉暴露量(极端 P_{90})高于膳食中镉暴露量(以膳食摄入量 P_{90} 计算)3倍多, 说明镉污染量高的食品在高摄入量的情况下, 仍有一定的风险。降低人群膳食中镉暴露量, 首先要降低食品中镉污染水平, 其次要减少高镉食品摄入量。

上海市成年人膳食中镉暴露量评估, 采用的2002年上海市成年人膳食摄入量调查, 是2002年全国居民营养与健康状况调查上海地区调查的一部分; 采用的2002—2007年食品中镉含量监测是上海市2002—2007年食品污染物监测的一部分, 其评估的方法应用、评估结果都有一定的局限性, 就如FAO与WHO《食品中化学物质膳食暴露评估》指出的那样, 食品中化学物质膳食暴露评估结果的准确性取决于食品摄入量的准确性及食品中化学物质含量数据的准确性, 而这两类数据都有一定的不确定性, 都可从不同的方法上得到准确性的提高。本次评估采用的膳食摄入量调查、食品中镉含量监测方法是比较准确的方法, 也有一定的改善空间。

食品中化学污染物的膳食暴露量评估, 可采用“点评估法”、“概率评估法”, 本文采用了“点评估”的方法对上海市成年人膳食中镉暴露量进行了评估, 与“概率评估法”相比有简

便易行的优点, 也已描述了上海市成年人膳食中镉暴露量总体情况。

参考文献:

- [1] IPCS. Environmental health criteria 134: cadmium [R]. Geneva: WHO, 1992.
- [2] 魏筱红, 魏泽义. 镉的毒性及其危害[J]. 公共卫生与预防医学, 2007, 18(4): 44-46.
- [3] LJÄRUP L. Hazards of heavy metal contamination [J]. Br Med Bull, 2003, 68(1): 167-182.
- [4] 丁鸿, 杨杏芬. 环境镉危害早期健康效应风险评估的研究进展 [J]. 国外医学: 卫生学分册, 2007, 34(5): 279-282.
- [5] GALAL-GORCHEV H. Dietary intake, level in food and estimated intake of lead, cadmium, and mercury [J]. Food Addit Contam, 1993, 10(1): 115-128.
- [6] WHO. Global environment monitoring system-food contamination monitoring and assessment programme (GEMS/Food) [R]. Geneva: WHO, 2010.
- [7] 吴永年. 现代食品安全科学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003, 183-192.
- [8] BAHT R V, MOY G G. Monitoring and assessment of dietary exposure to chemical contaminants [J]. World Health Stat Q, 1997, 50(1): 132-149.
- [9] FAO/WHO. Dietary exposure assessment of chemicals in food, Report of a Joint FAO/WHO Consultation [R]. Maryland: FAO/WHO, 2005.
- [10] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB/T5009 15—2003 食品中镉的测定方法 [S]. 北京: 中国标准化出版社, 2004.
- [11] IPCS. Summary of evaluations performed by the joint FAO/WHO expert committee on food additives: cadmium [R]. Rome: JECFA, 2005.
- [12] 高俊全, 李筱薇, 赵京玲. 2000年中国总膳食研究—膳食铅、镉摄入量 [J]. 卫生研究, 2006, 35(6): 750-754.
- [13] TAMIO M. Evaluation of exposure to chemical substances through food exposure to pesticides, heavy metals, dioxins, acrylamide and food additives in Japan [J]. Health Sci, 2004, 50(3): 205-209.
- [14] EGAN S K. FDA total diet study: Dietary intakes of pesticides, selected contaminant and nutrient elements for 2000/01 [R]. New York: U.S. FDA, 2005.
- [15] UK Food Safety Agency. Survey of metals and other elements: 2000 total diet study of 12 elements aluminium, arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, manganese, mercury, nickel, selenium, tin and zinc. Food survey information sheet 48/04 [R]. London: UK Food Safety Agency, 2004.

(收稿日期: 2010-06-12)

(英文编审: 黄建权; 编辑: 王晓宇; 校对: 丁瑾瑜)