

风险评估专栏

中国高水碘地区人群膳食碘摄入量评估

张磊,李凤琴,刘兆平,何宇纳,朱江辉,马宁,李建文,严卫星,李宁,陈君石
(中国疾病预防控制中心营养与食品安全所,北京 100021)

摘要:目的 评估中国高水碘地区人群膳食碘摄入量及其潜在风险。方法 利用2002年中国营养与健康状况调查数据库中的食物、食盐消费量数据和饮用水推荐摄入量,以及中国食物成分表及盐碘和水碘监测数据,估计我国高碘地区13个性别~年龄组人群在食用加碘食盐和不加碘食盐情形下的膳食碘摄入量,并与我国推荐的膳食碘摄入量标准进行比较。结果 水碘介于150~300 $\mu\text{g}/\text{L}$ 地区,无论食用加碘食盐或不加碘食盐,各组人群的膳食碘平均摄入量均介于推荐摄入量(RNI)和可耐受最高摄入量(UL)之间;水碘高于300 $\mu\text{g}/\text{L}$ 地区,7岁以上男性和11岁以上女性(含孕妇和乳母)食用加碘食盐时的碘平均摄入量均超过UL,而所有人群食用不加碘食盐时的碘摄入量均介于RNI~UL之间。两类地区所有个体碘摄入量均超过RNI;但食用加碘食盐时,摄入量超过UL的个体比例为10.5%和24.9%,远高于食用不加碘食盐的1.5%和1.7%。在两类地区饮用水对膳食碘的贡献率均高于食盐。结论 在食用不加碘食盐的情况下,我国高水碘地区居民的膳食碘摄入量是适宜和安全的,食用加碘食盐会增加碘过量的风险;饮用水是高碘地区膳食碘的最主要来源。

关键词:碘;膳食摄入量;评估

中图分类号:R15;X820.4 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2011)01-0031-05

Assessment on iodine intake of people from iodine rich regions in China

Zhang Lei, Li Fengqin, Liu Zhaoping, He Yuna, Zhu Jianghui, Ma Ning,
Li Jianwen, Yan Weixing, Li Ning, Chen Junshi

(National Institute for Nutrition and Food Safety, China CDC, Beijing 100021, China)

Abstract: Objective To assess the iodine intake of people from iodine rich regions in China and the potential risk of excess iodine intake in these areas. **Methods** Data from the Chinese National Nutrition and Health Survey in 2002, the recommended water intake; the Chinese Food Composition and the data from iodine surveillance in China were used. The iodine intake of 13 age-sex population groups were estimated by combining the data of food, drinking water and salt consumption with their corresponding iodine content. **Results** The average iodine intake of all population groups from regions with water iodine concentration from 150 to 300 $\mu\text{g}/\text{L}$ (A region), no matter iodized salt was consumed or not, was higher than the Recommended Nutrient Intakes (RNIs) but lower than the Tolerable Upper Intake Levels (ULs). The average iodine intake of people from regions with water iodine concentration ≥ 300 $\mu\text{g}/\text{L}$ (B region) was higher than the ULs if iodized salt was consumed, and was in the range between RNI and UL if non-iodine salt was consumed. The iodine intake of individuals from both A and B regions was higher than RNI. The iodine intake exceeding UL was in 10.5% and 24.9% of individuals in A and B regions respectively if iodized salts was consumed; while that was 1.5% and 1.7% if non-iodine salt was consumed. The contribution of iodine from drinking water is higher than that from salt for both regions. **Conclusion** Iodine intake of people from iodine rich regions are generally adequate and safe in China if non-iodized salt was consumed. The risk of iodine overdosed will be increased if iodized salt was consumed in iodine rich regions. Iodine from drinking water was the main sources of dietary iodine in iodine rich regions.

Key words: Iodine; dietary intake; evaluation

收稿日期:2010-09-07

基金项目:卫生部委托评估项目

作者简介:张磊 男 副研究员 研究方向为食品化学物的监测与风险评估 E-mail: zhlcdc@gmail.com

通信作者:陈君石 男 中国工程院院士 国家食品安全风险评估委员会主任委员

碘是人体的必需微量元素之一,主要来源于膳食(包括饮用水)。碘在体内主要参与甲状腺激素的合成,从而间接具有增强新陈代谢,促进生长发育(尤其是脑发育)的作用。碘缺乏和碘过量均可对健康造成损害。当人体碘缺乏时,可因甲状腺功能紊乱而导致“碘缺乏病”^[1]。碘过量可以诱发或促进甲状腺功能减退和自身免疫性甲状腺炎的发生和发展^[2]。

我国是碘缺乏最严重的国家之一,自 1995 年实行全民食盐加碘预防碘缺乏病(IDD)策略以来,我国 IDD 得到有效控制^[3-4]。但我国也存在呈局灶性分布的高水碘(简称高碘)地区,且与低水碘地区交织并存。2006 年,我国开始在高碘地区实行的“供应不加碘食盐”措施,是否会导致这类地区居民碘的膳食摄入量低于预防碘缺乏所需要的推荐摄入量,目前尚不清楚。本研究利用我国现有的食物、饮用水和食盐消费量及碘含量监测数据,对我国高水碘地区居民的碘摄入量进行估计,并根据我国的膳食碘摄入量推荐标准对其潜在风险进行评估。

1 材料和方法

1.1 目标人群

本研究主要针对高碘地区 2 岁以上人群。根据卫生部确定的水碘高于 150 $\mu\text{g}/\text{L}$ 为高碘地区的标准^[5],考虑到我国不同地区水碘的含量差异及其对膳食碘摄入的贡献,将高碘地区分为两层,即水碘为 150 ~ 300 $\mu\text{g}/\text{L}$ (不含 300 $\mu\text{g}/\text{L}$,下同)地区(A 类地区)和水碘 ≥ 300 $\mu\text{g}/\text{L}$ 地区(B 类地区);同时又将食盐消费分为加碘食盐和不加碘食盐两种情形。鉴于不同性别-年龄人群的食物消费量存在差异,根据我国碘参考摄入量^[6]的年龄分组,将人群分成 2 ~ 3 岁、4 ~ 6 岁、7 ~ 10 岁、11 ~ 13 岁、14 ~ 17 岁、18 岁以上(以上各年龄段分性别)及孕妇和乳母共 13 组,分别计算各组人群的个体膳食碘摄入量。

1.2 膳食碘摄入量的计算方法

膳食碘摄入量的来源包括食物、饮用水及食盐三部分,计算公式为:

$$\text{膳食碘摄入量} = \sum(C_i \times FC_i)$$

其中, C_i 为食物、食盐及饮用水中的碘含量, mg/kg 或 mg/L ; FC_i 为食物、食盐及饮用水的消费量, g 或 ml 。

1.2.1 食物来源的碘摄入量估计

根据碘在食物中的分布特点,本评估将食物种类分为海带、紫菜、海鱼及其他食物 4 大类。食物消费量数据来自 2002 年中国居民营养与健康状况调

查数据库。食物碘含量数据来自《中国食物成分表 2002(第一册)》^[7]。以个体食物消费量数据结合食物中碘含量计算出个体的碘摄入量。

1.2.2 饮水及食盐来源的碘摄入量估计

各组人群饮用水及食盐的消费量见表 1。各组人群饮用水的消费量以中国居民膳食营养素参考摄入量中水的成人推荐量 1 200 ml 为基础^[6],根据不同年龄组人群的能量推荐量折算出不同年龄组的推荐饮水量。食盐的消费量来自 2002 年中国居民营养与健康状况调查数据。

表 1 各性别-年龄组人群饮水及食盐消费量

Table 1 The consumption of water and salt of different sex-age population groups

年龄	性别	n	推荐饮水量 (ml) ^a	食盐消费量 (g) ^b
2 岁 ~	男	669	800	6.4 ± 5.8
	女	519	800	6.5 ± 7.7
4 岁 ~	男	1276	900	7.6 ± 6.1
	女	1109	900	7.6 ± 6.8
7 岁 ~	男	2144	1000	9.4 ± 8.4
	女	1883	1000	8.9 ± 8.1
11 岁 ~	男	1870	1200	11.3 ± 10.1
	女	1662	1200	10.4 ± 10.3
14 岁 ~	男	1508	1200	12.4 ± 9.9
	女	1310	1200	11.5 ± 12.1
18 岁 ~	男	22860	1200	13.7 ± 19.1
	女	25663	1200	11.6 ± 11.1
孕妇及乳母		850	1200	13.5 ± 10.5

注:^a以中国成人水的推荐量 1200 ml 为基础^[6],根据不同年龄组人群的能量推荐量计算不同年龄组的推荐饮水量。^b2002 年中国居民营养与健康状况调查数据。

饮水和食盐中碘含量见表 2,其中饮水中碘含量引自 2002 年中国碘缺乏病监测的水碘数据和 2005 年高碘地区水碘监测数据(内部资料,未发表)。食盐中碘含量引自 2005 年中国碘缺乏病盐碘监测数据(内部资料,未发表)。

1.3 碘摄入量评价标准

采用中国营养学会制定的碘膳食摄入推荐量(见表 3),以各性别-年龄组的平均摄入量与推荐摄入量(RNI)和可耐受最高摄入量(UL)比较进行人群摄入量状况的评价,以个体摄入量在 RNI 和 UL 之间和两侧的比例进行摄入量个体分布的描述和评价。

2 结果

2.1 水碘介于 150 ~ 300 $\mu\text{g}/\text{L}$ 地区的人群膳食碘摄入量

表 2 高碘地区饮用水和加碘食盐中碘含量

Table 2 The concentration of iodine in water in iodine rich regions and the iodine content in iodized salt

项目		n	平均值	标准差	P50	P95	P97.5
饮用水 ^a (μg/L)	150 ≤ 碘含量 < 300	488	212.2	43.1	204.1	287.9	293.7
	碘含量 ≥ 300	247	490.2	231.6	408.8	994.5	1172.3
食盐 ^b (mg/kg)		35936	30.7	8.4	31.1	41.3	44.3

注:^a 引自 2002 年水碘监测数据;^b 引自 2005 年盐碘监测数据。

表 3 碘的参考摄入量

Table 3 Recommended iodine intake(μg/d)

年龄	RNI	UL
<4 岁	50	/
4 岁 ~	90	/
7 岁 ~	90	800
11 岁 ~	120	800
14 岁 ~	150	800
18 岁 ~	150	1000
孕妇和乳母	200	1000

注:引自《中国居民膳食营养素参考摄入量》^[6]; / 未制定。

水碘介于 150 ~ 300 μg/L 地区人群的膳食碘摄

入量见表 4。在食用加碘盐的情形下,各组人群的膳食碘平均摄入量为 373.3 ~ 944.6 μg/d, 高于 RNI,但小于 UL;碘摄入量介于 RNI ~ UL 之间的个体占各组人群的 79.6% ~ 100%,平均 89.5%;各组平均有 10.5% 的个体碘摄入量超过 UL,最高为 14 岁年龄段男性,约有 20% 的个体碘摄入量过高;孕妇及乳母中有 12.7% 的个体超过 UL。

在食用不加碘食盐的情形下,各组人群的膳食碘平均摄入量为 190.6 ~ 538.0 μg/d,均在 RNI 与 UL 之间。各组人群中介于 RNI ~ UL 之间的个体占比均在 98% 以上,仅平均 1.5% 的个体碘摄入量超过 UL。

表 4 水碘介于 150 ~ 300 μg/L 地区不同人群的膳食碘平均摄入量及个体分布

Table 4 Average dietary iodine intake and individual intake distribution in regions with water iodine between 150 ~ 300 μg/L

年龄	性别	n	食用加碘盐			食用不加碘盐		
			平均摄入量 (μg/d)	分布(%)		平均摄入量 (μg/d)	分布(%)	
				RNI ~ UL	≥UL		RNI ~ UL	≥UL
2 岁 ~	男	669	373.3	100.0	-	190.6	100.0	-
	女	519	482.7	100.0	-	294.0	100.0	-
4 岁 ~	男	1276	514.3	100.0	-	289.2	100.0	-
	女	1109	548.6	100.0	-	320.5	100.0	-
7 岁 ~	男	2144	604.8	91.4	8.6	331.2	98.5	1.5
	女	1883	590.5	91.5	8.5	327.9	98.2	1.8
11 岁 ~	男	1870	693.4	85.2	14.8	362.1	98.5	1.5
	女	1662	676.1	87.1	12.9	369.9	98.9	1.1
14 岁 ~	男	1508	765.2	79.6	20.4	401.0	98.3	1.7
	女	1310	706.1	83.7	16.3	379.8	98.5	1.5
18 岁 ~	男	22860	827.8	87.5	12.5	421.9	98.3	1.7
	女	25663	760.3	90.9	9.1	416.9	98.4	1.6
孕妇及乳母		850	944.6	87.3	12.7	538.0	98.7	1.3
均值		/	/	89.5	10.5	/	98.5	1.5

注: - 无相应标准,未计算;/ 未计算数值。

2.2 水碘高于 300 μg/L 地区的人群膳食碘摄入量

水碘高于 300 μg/L 地区的人群膳食碘平均摄入量见表 5。从表 5 可见,在食用加碘食盐的情形下,7 岁以上男性和 11 岁以上女性(含孕妇和乳母)的碘平均摄入量均超过 UL,其他各年龄组人群碘平均摄入量介于 RNI ~ UL 之间。碘摄入量介于 RNI

~ UL 之间的个体平均比例为 75.1%,其余 24.9% 的人群碘摄入量高于 UL,其中 14 岁年龄段男性人群有一半个体碘摄入超过 UL,而孕妇和乳母则有近 1/3 个体超过 UL。

在食用不加碘食盐的情况下,所有人群的膳食碘平均摄入量在 354.3 ~ 783.7 μg/d,均介于 RNI ~

表 5 水碘 ≥ 300 μg/L 地区不同人群的膳食碘平均摄入量及个体分布

Table 5 Average dietary iodine intake and individual intake distribution in regions with water iodine higher than 300 μg/L

年龄	性别	n	食用加碘盐			食用不加碘盐		
			平均摄入量 (μg/d)	分布(%)		平均摄入量 (μg/d)	分布(%)	
				RNI ~ UL	≥ UL		RNI ~ UL	≥ UL
2 岁 ~	男	669	537	100.0	-	354.3	100.0	-
	女	519	646.4	100.0	-	457.7	100.0	-
4 岁 ~	男	1276	698.5	100.0	-	473.4	100.0	-
	女	1109	732.8	100.0	-	504.7	100.0	-
7 岁 ~	男	2144	809.5	77.8	22.2	535.9	98.5	1.5
	女	1883	795.2	78.1	21.9	532.6	98.2	1.8
11 岁 ~	男	1870	939.1	53.7	46.3	607.8	98.3	1.7
	女	1662	921.8	59.1	40.9	615.6	98.6	1.4
14 岁 ~	男	1508	1010.9	46.5	53.5	646.7	98.1	1.9
	女	1310	951.8	55.3	44.7	625.5	98.2	1.8
18 岁 ~	男	22860	1073.5	71.9	28.1	667.6	98.2	1.8
	女	25663	1006	79.5	20.5	662.6	98.2	1.8
孕妇及乳母		850	1190.3	71.5	28.5	783.7	98.5	1.5
均值	/	/	/	75.1	24.9	/	98.3	1.7

注: - 无相应标准,未计算;/ 未计算数值。

UL 之间。碘摄入量在 RNI ~ UL 之间的个体所占比例也达 98.3%, 仅有 1.7% 个体的碘摄入量超过 UL。

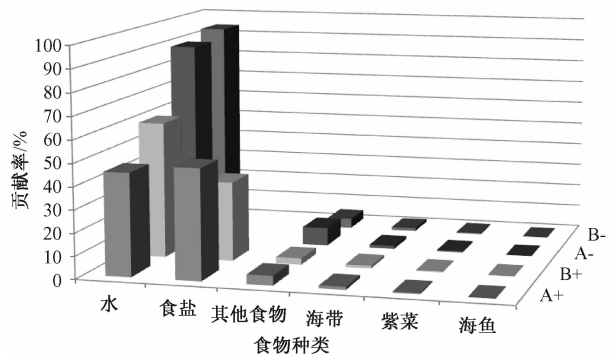
2.3 食物、食盐和饮用水对膳食碘的贡献率

图 1 为两类高碘地区(即水碘介于 150 ~ 300 μg/L 和水碘 ≥ 300 μg/L 的地区)分别在食用和不食用加碘食盐的情形下,食物、食盐和饮用水在膳食碘摄入量中的贡献率比较。如图可见,如果食用加碘食盐,在水碘介于 150 ~ 300 μg/L 的地区(A+),食盐和饮用水的贡献率相当,分别为 48.7% 和 45.4%,来自食物的贡献率不到 6.0% (海带、紫菜和海鱼共占 1.8%);在水碘 ≥ 300 μg/L 的地区(B+),饮用水是膳食碘的最大来源(60.4%),食盐的贡献率下降至 35.2%,食物贡献率仅为 4.4% (海带、紫菜和海鱼共占 1.6%)。如果食用不加碘食盐,那么两类地区(A-和 B-)的膳食碘摄入均主要来自饮用水,分别达到 89.8% 和 93.9%;各类食物合并的平均贡献率最高约 10%,而其中来自海带、紫菜和海鱼的贡献率与食用加碘食盐地区相当,仅占约 2%。

3 讨论

3.1 高碘地区居民碘营养状况

在评价营养素缺乏或过量的潜在风险时,通常采用人群或个体营养素摄入量与 EAR、RNI、UL 比较进行综合判断的方法。当个体的碘摄入量达到



注: A+ 为水碘介于 150 ~ 300 μg/L 的地区,食用加碘食盐; B+ 为水碘 ≥ 300 μg/L 的地区,食用加碘食盐; A- 为水碘介于 150 ~ 300 μg/L 的地区,不食用加碘食盐; B- 为水碘 ≥ 300 μg/L 的地区,不食用加碘食盐。

图 1 高碘地区食物、食盐和饮用水对膳食碘的贡献率
Figure 1 Contributions of food, table salt and water to dietary iodine intakes in iodine rich regions

EAR 水平,其碘缺乏的概率为 50%。当个体的碘摄入量达到 RNI 水平时,发生碘缺乏的概率小于 3%;即绝大多数个体发生碘缺乏的风险很低。当摄入量继续增加超过 UL 时,个体出现毒副作用的几率增加,但并不等于超过 UL 就会造成碘中毒。发生碘中毒的风险取决于超过 UL 的程度、持续时间和机体状态。而介于 RNI 和 UL 之间的碘摄入量是一个“安全摄入范围”,在此范围内发生碘缺乏和中毒的风险都很低^[8]。

本研究表明,在我国高碘地区,无论是否食用

加碘食盐,居民的平均碘摄入量和所有个体的碘摄入量均高于 RNI,说明在高碘地区居民发生碘缺乏的风险很低。但是如果在高碘地区继续食用加碘食盐,那么碘摄入量大于 UL 的个体所占比例将分别达到 10.5% (A 类地区)和 24.9% (B 类地区),这与桑仲娜等^[9]通过尿碘对高碘地区的调查结果是一致的。而如果不食用加碘盐,两类地区碘摄入量大于 UL 的比例均不超过 2%。这种差异提示在食用碘盐的情况下,高碘地区人群碘摄入过量的风险将明显增加。于德奎等^[10]现场干预研究结果显示,高碘地区儿童食用加碘食盐后,患甲状腺肿风险显著增高。因此,本研究结果说明在高碘地区即使食用不加碘食盐,居民的碘摄入量也处于一个“适宜和安全摄入范围”,既不会引起碘摄入量不足,发生碘过量的风险也很低。

3.2 高碘地区居民碘的膳食来源

碘的天然膳食来源主要为食物和饮用水,但在推行加碘食盐的地区(多为碘缺乏地区),加碘食盐是膳食碘的最主要来源^[11]。本研究结果表明,对于实行“供应不加碘食盐”措施的高碘地区,饮用水是膳食碘的最主要来源,对碘摄入量的贡献率为 89.8% ~ 93.9%,而食物来源的碘仅占 6.1% ~ 10.2%。对于含碘丰富的高碘食物海带和紫菜,由于其消费量很低,无论食用加碘食盐和外加碘食盐,这类食物在高碘地区均不起主要作用。

3.3 不确定性分析

本研究由于材料和数据方面的原因,存在一些不确定因素,可能高估或低估了我国高碘地区居民的膳食碘摄入量。造成高估的可能因素有近年来食盐消费量下降的趋势、未考虑碘的烹调损失^[12]等。造成低估的可能因素包括海产品消费量的增长趋势、未考虑不加碘食盐中碘的本底水平(通常小于 5mg/kg^[13])等。虽然这些因素对本研究结果无实质性影响,但在应用本研究结果时应充分考虑上述不确定性。

4 结论

综上所述,我国高碘地区居民碘摄入量总体处于适宜和安全水平;如果食用加碘食盐,则发生碘过量的风险较高;但如果食用不加碘食盐,发生碘缺乏的风险也很低。因此,根据我国水碘分布存在

明显地域差异的特点,推行因地制宜、分类指导和科学补碘的防控策略,在高碘地区停止供应加碘食盐的措施是合理的,既能保证高碘地区居民碘的适宜营养水平,又将碘过量可能造成的健康风险控制可在可接受的低水平。

志谢:感谢中国疾病预防控制中心营养与食品安全所、中国卫生部疾病预防控制中心、中国疾病预防控制中心地方病控制中心为本研究提供相关数据。

参考文献

- [1] BLEICHRODT N, BORN M A. A meta-analysis of research on iodine and its relationship to cognitive development. In: Stanbury J, ed. The damaged brain of iodine deficiency: cognitive, behavioral, neuromotor, and educative aspects [M]. New York: Cognizant Communication Corporation, 1994:195-200.
- [2] 滕晓春, 滕笛, 单忠艳, 等. 碘摄入量增加对甲状腺疾病影响的五年前瞻性流行病学研究[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2006, 22(6):512-517.
- [3] 陈祖培. 全民食盐加碘的意义及对当前人群碘营养状况的评价[J]. 中国地方病防治杂志, 2002, 17(4):251-253.
- [4] 刘颖, 刘守军, 苏晓辉, 等. 2005 年全国学龄儿童尿碘水平监测结果评价[J]. 中国地方病学杂志, 2007, 26(4):438-440.
- [5] 中华人民共和国卫生部. GB/T 19380—2003 水源性高碘地区和地方性高碘甲状腺肿病区的划定[S]. 北京:中国标准出版社, 2004.
- [6] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2000.
- [7] 杨月欣, 王光亚, 潘兴昌. 中国食物成分表 2002 (第一册) [M]. 北京:北京大学医学出版社, 2002.
- [8] 葛可佑. 中国营养科学全书[M]. 北京:人民卫生出版社, 2004.
- [9] 桑仲娜, 郭晓尉, 沈钧, 等. 部分高碘地区 7~10 岁儿童营养状况评价[J]. 天津医科大学学报, 2006, 12(2): 159-161.
- [10] 于德奎, 王壮业, 董健, 等. 碘盐对高碘区儿童健康影响的研究[J]. 微量元素与健康研究, 1999, 16(3): 47-49.
- [11] Scientific Committee on Food. Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake level of Iodine [R/OL]. Brussels: SCF, 2002 [2010-11-01]. http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out146_en.pdf.
- [12] WHO/UNICEF/ICCIDD. Assessment of Iodine deficiency disorders and monitoring their elimination [R/OL]. Geneva: WHO, 2007 [2010-11-01]. http://whqlibdoc.who.int/publications/2007/9789241595827_eng.pdf.
- [13] 苏晓辉. 中国/联合国儿童基金会消除 IDD 合作项目(2001-2005 年)启动会暨全国碘盐监测工作会议在重庆召开[J]. 中国地方病学杂志, 2001, 20(3):189.