

· 调查报告 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2021.23.032

网络首发 [https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.r.20210728.1920.008.html\(2021-07-29\)](https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.r.20210728.1920.008.html(2021-07-29))

## 上海地区成年人碘营养状况及其与甲状腺功能的关系\*

韩 兵,王宁荐,陈 驰,俞 洁,陈 奕,陈颖超,程 静,陆颖理<sup>△</sup>

(上海交通大学医学院附属第九人民医院内分泌科 200011)

**[摘要]** **目的** 探讨上海市区及郊区成年人碘营养状况及其与甲状腺功能的关系,为成年人科学摄碘提供参考依据。**方法** 选取上海市区及郊区成年人作为研究对象进行问卷调查,包括年龄、性别、身高、体重、尿碘浓度(UIC)、促甲状腺素(TSH)、三碘甲状腺原氨酸(T3)、四碘甲状腺原氨酸(T4)、甲状腺过氧化物酶抗体(TPOAb)、甲状腺球蛋白抗体(TGAb)。比较不同人群 UIC、甲状腺功能及甲状腺自身抗体水平。logistic 回归分析 TPOAb 和 TGAb 阳性的危险因素。线性回归分析 TSH、T3 和 T4 的危险因素。**结果** 上海成年人整体 UIC 为 195.50(139.10~287.45)  $\mu\text{g/L}$ ; 市区成年人 UIC 为 206.25(141.30~309.03)  $\mu\text{g/L}$ , 郊区成年人 UIC 为 188.90(137.20~272.43)  $\mu\text{g/L}$ ; 男性成年人 UIC 为 204.30(142.65~292.08)  $\mu\text{g/L}$ , 女性成年人 UIC 为 189.10(137.45~285.10)  $\mu\text{g/L}$ , UIC 在郊区、市区及男、女性成年人间比较,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。TSH 水平女性成年人高于男性(2.70 mIU/L vs. 2.29 mIU/L), 郊区成年人高于市区(2.77 mIU/L vs. 2.25 mIU/L); T3、T4 水平郊区成年人低于市区(1.69 nmol/L vs. 1.79 nmol/L, 100.20 nmol/L vs. 105.30 nmol/L)。在郊区和市区,不同碘营养状态的成年人 TPOAb 和 TGAb 阳性率比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。logistic 回归分析显示,性别是 TPOAb 和 TGAb 阳性的主要危险因素。线性回归分析显示,居住地点是影响 TSH、T3 和 T4 水平的危险因素。**结论** 上海成年人 UIC 处于碘适量状态,男、女性及郊区、市区成年人间 UIC 存在明显差异;在不同 UIC 的人群中甲状腺自身抗体水平差异不明显。

**[关键词]** 上海市;碘营养状态;甲状腺功能;甲状腺自身抗体

**[中图分类号]** R581.9

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-8348(2021)23-4105-06

## Iodine nutrition status of adults in Shanghai area and its relationship with thyroid function\*

HAN Bing, WANG Ningjian, CHEN Chi, YU Jie, CHEN Yi,

CHEN Yingchao, CHENG Jin, LU Yingli<sup>△</sup>

(Department of Endocrinology, Affiliated Ninth People's Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200011, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the relationship between the iodine nutrition status and thyroid functions in both urban and suburban adults of Shanghai to provide references of scientific iodine intake for the residents. **Methods** The adults living in urban and suburban areas of Shanghai were selected as the study subjects. The questionnaire survey included the age, gender, height, body weight, urine iodine concentration (UIC), thyroid stimulating hormone (TSH), triiodothyronine (T3), tetraiodothyronine (T4), thyroid peroxidase antibody (TPOAb) and thyroglobulin antibody (TGAb). UIC, thyroid function and autoimmune thyroid antibodies were compared among different groups. The risk factors of TPOAb and TGAb positivity were analyzed by the logistic regression. The linear regression was used to analyze the risk factors for TSH, T3 and T4. **Results** UIC in adults of Shanghai was 195.50 (139.10–287.45)  $\mu\text{g/L}$ . UIC of urban adults was 206.25 (141.30–309.03)  $\mu\text{g/L}$  and UIC of suburban adults was 188.90 (137.20–272.43)  $\mu\text{g/L}$ ; in males and females, UIC were 204.30 (142.65–292.08)  $\mu\text{g/L}$  and 189.10 (137.45–285.10)  $\mu\text{g/L}$ , respectively, there was statistically significant difference in UIC between urban and suburban adults and between males and females ( $P < 0.05$ ). The TSH level in females was higher than that in males (2.70 mIU/L vs. 2.29 mIU/L). The TSH level in suburban adults was higher than that of urban adults (2.77 mIU/L vs. 2.25 mIU/L). The T3 and T4 levels in suburban adults were lower than those in urban adults (1.69 nmol/L vs. 1.79 nmol/L, 100.20

nmol vs. 105.30 nmol/L). There was no statistically significant difference in TPOAb and TGAb positivity rates between urban and suburban adults of different iodine nutrition status ( $P > 0.05$ ). The logistic regression analysis showed that gender was the major risk factor of TPOAb and TGAb positive. The linear regression analysis indicated that the residence place was the risk factor for affecting the TSH, T3 and T4 levels. **Conclusion** UIC is in adequate status for Shanghai adults. There is significant difference in UIC between males and females as well as between urban and suburban adults. However, the difference in the level of thyroid autoimmune antibodies among different UIC of populations is unobvious.

**[Key words]** Shanghai City; iodine nutrition status; thyroid function; thyroid autoantibody

碘是一种合成甲状腺激素所必需的重要微量元素。在成年人,每日碘摄入量为 150  $\mu\text{g}$ ,而在孕妇和哺乳期的妇女,每日推荐碘摄入量为 250  $\mu\text{g}$  [1]。碘缺乏和碘过量都会导致甲状腺疾病。碘缺乏会导致甲状腺肿、甲状腺功能减退(简称甲减)、甲状腺功能亢进(简称甲亢)和甲状腺自身免疫性疾病[2]。而碘过量会导致甲亢和甲减[3]。长久以来,碘缺乏已被认为是一种重要的公共卫生问题,因此许多国家采用食盐加碘来消除碘缺乏[4]。1996 年开始我国实行全民食盐加碘法规。2000 年和 2011 年经历了两次食盐加碘浓度下调,允许各个省份根据不同情况选择食盐加碘浓度。2005 年我国已经完全消除碘缺乏症。然而,随着碘缺乏的逐渐纠正,流行病学调查显示中国人群总体处于碘超足量状态,这也导致了甲状腺疾病发病率的增加[5]。上海市从 1996 年 4 月开始全面实施食盐加碘政策。本研究通过检测上海郊区及市区成年人尿碘浓度(UIC),甲状腺功能及自身抗体情况,更好地了解上海市成年人碘营养状态及其与甲状腺功能的关系。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

2019 年 3—9 月,本课题组采取整群、分层抽样的方法,在上海市黄浦区(市区)及上海市奉贤区(郊区)共抽取 2 166 例 18 岁以上常住成年人,排除甲状腺手术史患者 90 例;垂体瘤手术病史患者 2 例;放射碘治疗患者 1 例;最终纳入 2 073 例。其中市区成年人 1 013 例,年龄( $56.03 \pm 13.66$ )岁;郊区成年人 1 060 例,年龄( $62.04 \pm 10.57$ )岁;男 848 例,女 1 225 例。纳入标准:年满 18 岁以上,汉族;在当地居住半年以上。排除标准:妊娠;终末期疾病;近 3 个月接受造影剂检查或者服用胺碘酮。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 一般资料收集

由统一培训的调查人员进行问卷调查。调查内容包括:地区、年龄、性别、籍贯、常住地、甲状腺病史及用药情况、甲状腺疾病家族史、吸烟情况。使用标准化方案测量人体参数,包括身高、体重,采用体重(kg)/身高平方( $\text{m}^2$ )计算体重指数(BMI)。

#### 1.2.2 甲状腺功能、维生素 D 及 UIC 检测

收集受试者血清,采用化学发光法进行促甲状腺

激素(TSH)、三碘甲状腺原氨酸(T3)、四碘甲状腺原氨酸(T4)、甲状腺过氧化物酶抗体(TPOAb)、甲状腺球蛋白抗体(TGAb)检测(SIEMENS immulite 2000, 德国)。TSH、T3、T4 可反映机体总的甲状腺激素水平[6],TPOAb 和 TGAb 高于 60 IU/mL 定为抗体阳性。采用化学发光法(SIEMENS ADVIA Centaur XP, 德国)检测受试者血清维生素 D。组内差异 6.25%,组间差异 8.33%。UIC 的测定使用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS, Agilent 7700x, 美国)。组内差异 10%,组间差异 15%。判定标准:根据 WHO/UNICEF/ICCIDD 建议,UIC 中位数小于 100  $\mu\text{g}/\text{L}$  为碘缺乏,100~<200  $\mu\text{g}/\text{L}$  为碘适量,200~300  $\mu\text{g}/\text{L}$  为碘超足量,>300  $\mu\text{g}/\text{L}$  为碘过量。

### 1.3 统计学处理

采用 SPSS19.0 进行数据分析,计量资料符合正态分布的以  $\bar{x} \pm s$  表示,组间比较采用  $t$  检验;非正态分布、方差不齐的数据以中位数(四分位间距)[ $M(P_{25}, P_{75})$ ]表示,两组间比较采用 Mann-Whitney  $U$  检验,多组间比较采用 Kruskal-Wallis 检验。计数资料以率表示,组间采用  $\chi^2$  检验。分别以 TPOAb 和 TGAb 是否阳性作为因变量(阴性=0,阳性=1),居住地点、年龄、性别、BMI、维生素 D、吸烟、碘营养状态作为自变量,进行 logistic 回归分析。分别以 TSH, T3, T4 作为因变量,居住地点、年龄、性别、BMI、维生素 D、吸烟、碘营养状态作为自变量,进行多元线性回归分析。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 基线特征

研究对象整体人群年龄( $59.33 \pm 12.61$ )岁,UIC 为 195.50(139.10~287.45)  $\mu\text{g}/\text{L}$ ,碘缺乏、碘足量、碘超足量、碘过量的比例分别为 8.32%、43.03%、26.22%、22.43%。男、女性间年龄比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ );男性 UIC 明显高于女性(204.30  $\mu\text{g}/\text{L}$  vs. 189.10  $\mu\text{g}/\text{L}$ )。男、女性 BMI 和维生素 D 水平比较,差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。女性 TSH 及 TPOAb、TGAb 阳性率均高于男性( $P < 0.01$ ),见表 1。

**2.2 郊区及市区成年人 UIC 及甲状腺功能相关指标等比较**

郊区、市区成年人平均年龄分别为( $62.04 \pm 10.57$ )、( $56.03 \pm 13.66$ )岁。市区成年人 UIC 明显高

于郊区( $P < 0.01$ )。市区和郊区成年人的 BMI 和维生素 D 存在明显差异( $P < 0.05$ )。郊区成年人 TSH 水平高于市区,市区成年人 T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 水平高于郊区,差异均有统计学意义( $P < 0.01$ )。根据上海市统计局 2018 年黄浦区和奉贤区成年人口比例调整碘营养状态比例、吸烟比例及 TPOAb 和 TGAb 阳性率。黄浦区 18~<35、35~60、60 岁以上人口比例分别为 19.30%、37.20%、43.50%。奉贤区 18~<35、35~60、60 岁以上人口比例分别为 17.20%、46.60%、36.20%。经过不同年龄段人口比例校正后,郊区和市区成年人的 TPOAb 阳性率比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),而 TGAb 阳性率比较差异有统计学意义

( $P < 0.05$ )。另外,二者碘营养状态比较差异有统计学意义( $P < 0.01$ ),见表 2。

**2.3 不同碘营养状态的成年人 UIC 及甲状腺功能情况**

郊区成年人碘缺乏、碘适量、碘超足量、碘过量成年人的 UIC 分别为 83.55、153.60、242.80、379.05  $\mu\text{g/L}$ 。市区碘缺乏、碘适量、碘超足量、碘过量成年人的 UIC 分别为 88.05、145.30、245.10、415.80  $\mu\text{g/L}$ 。郊区和市区不同碘营养状态的成年人 TSH 和 T<sub>3</sub> 水平比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ );T<sub>4</sub> 水平比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。郊区和市区不同碘营养状态的成年人 TPOAb、TGAb 阳性率比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 3。

**表 1 男、女性成年人年龄、UIC 及甲状腺功能相关指标等比较**

项目	男( $n=848$ )	女( $n=1\ 225$ )	$t/U/\chi^2$	$P$
年龄( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	59.65 ± 12.96	59.10 ± 12.37	0.965	0.335
UIC [ $M(P_{25}, P_{75})$ , $\mu\text{g/L}$ ]	204.30(142.65, 292.08)	189.10(137.45, 285.10)	489 299.500	0.025
TSH [ $M(P_{25}, P_{75})$ , mIU/L]	2.29(1.69, 3.11)	2.70(1.93, 3.85)	418 408.500	<0.001
T <sub>3</sub> [ $M(P_{25}, P_{75})$ , nmol/L]	1.75(1.59, 1.96)	1.72(1.55, 1.91)	473 317.000	0.001
T <sub>4</sub> [ $M(P_{25}, P_{75})$ , nmol/L]	102.25(90.11, 113.33)	102.70(91.92, 114.05)	495 683.500	0.093
市区人口 [ $n(\%)$ ]	410(48.35)	602(49.18)	0.139	0.709
碘营养状态 [ $n(\%)$ ]			5.771	0.123
碘缺乏	59(6.96)	114(9.31)		
碘适量	355(41.86)	537(43.84)		
碘超足量	236(27.83)	307(25.06)		
碘过量	198(23.35)	267(21.80)		
吸烟 [ $n(\%)$ ]	338(41.52)	19(1.60)	524.618	<0.001
TPOAb 阳性 [ $n(\%)$ ]	26(3.07)	95(7.76)	20.121	<0.001
TGAb 阳性 [ $n(\%)$ ]	28(3.30)	147(12.00)	48.852	<0.001
BMI ( $\bar{x} \pm s$ , $\text{kg/m}^2$ )	25.05 ± 3.13	24.46 ± 3.54	3.887	<0.001
维生素 D ( $\bar{x} \pm s$ , $\text{ng/mL}$ )	49.74 ± 13.10	43.06 ± 13.03	11.428	<0.001

**表 2 郊区及市区成年人 UIC 及甲状腺功能相关指标比较**

项目	郊区( $n=1\ 060$ )	市区( $n=1\ 013$ )	$t/U/\chi^2$	$P$
年龄( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	62.04 ± 10.57	56.03 ± 13.66	11.233	<0.001
UIC [ $M(P_{25}, P_{75})$ , $\mu\text{g/L}$ ]	188.90(137.20, 272.43)	206.25(141.30, 309.03)	481 660.500	<0.001
TSH [ $M(P_{25}, P_{75})$ , mIU/L]	2.77(2.01, 3.91)	2.25(1.65, 3.14)	405 631.500	<0.001
T <sub>3</sub> [ $M(P_{25}, P_{75})$ , nmol/L]	1.69(1.53, 1.87)	1.79(1.61, 1.98)	431 470.000	<0.001
T <sub>4</sub> [ $M(P_{25}, P_{75})$ , nmol/L]	100.20(89.76, 110.90)	105.30(93.71, 117.18)	440 130.000	<0.001
性别 [男, $n(\%)$ ]	438(41.32)	410(40.51)	0.139	0.709
碘营养状态* [ $n(\%)$ ]			33.089	<0.001
碘缺乏	118(11.13)	55(5.43)		
碘适量	460(43.40)	432(42.65)		
碘超足量	283(26.70)	260(25.67)		
碘过量	199(18.77)	266(26.26)		
吸烟* [ $n(\%)$ ]	208(20.37)	149(15.22)	8.986	<0.001
TPOAb 阳性率* [ $n(\%)$ ]	53(5.11)	68(6.81)	2.655	0.103
TGAb 阳性率* [ $n(\%)$ ]	77(7.28)	98(9.67)	3.869	0.049
BMI ( $\bar{x} \pm s$ , $\text{kg/m}^2$ )	25.10 ± 3.39	24.28 ± 3.33	5.527	<0.001
维生素 D ( $\bar{x} \pm s$ , $\text{ng/mL}$ )	46.57 ± 14.10	45.00 ± 12.70	2.644	0.008

\* 经过校正的比例。

表 3 郊区及市区不同碘营养状态的成年人 UIC 及甲状腺功能相关指标比较

项目	UIC	TSH	T3	T4	TPOAb	TGAb 阳性率
	[ $M(P_{25}, P_{75}), \mu\text{g/L}$ ]	[ $M(P_{25}, P_{75}), \text{mIU/L}$ ]	[ $M(P_{25}, P_{75}), \text{nmol/L}$ ]	[ $M(P_{25}, P_{75}), \text{nmol/L}$ ]	阳性率[ $n(\%)$ ]	[ $n(\%)$ ]
郊区						
碘缺乏	83.55(71.18,93.10)	2.93(2.02,3.90)	1.69(1.52,1.88)	102.75(94.36,114.38)	7(5.93)	6(5.08)
碘适量	153.60(128.60,175.30)	2.80(2.10,3.99)	1.68(1.53,1.86)	100.40(90.10,111.00)	23(5.11)	32(6.97)
碘超足量	242.80(222.00,269.30)	2.58(1.90,3.74)	1.68(1.54,1.88)	99.36(88.22,109.50)	14(5.05)	30(10.60)
碘过量	379.05(333.75,475.90)	2.79(2.01,3.78)	1.72(1.53,1.89)	99.22(87.70,108.88)	9(4.68)	9(4.55)
$U/\chi^2$	943.834	3.191	1.165	8.031	0.237	7.726
$P$	<0.001	0.363	0.761	0.045	0.971	0.052
市区						
碘缺乏	88.05(81.03,94.03)	2.30(1.84,3.02)	1.78(1.63,2.02)	108.10(97.61,120.48)	5(9.26)	3(5.45)
碘适量	145.30(121.20,170.80)	2.31(1.65,3.23)	1.77(1.59,1.97)	104.70(93.83,117.80)	30(7.08)	40(9.26)
碘超足量	245.10(219.23,271.35)	2.17(1.58,2.98)	1.81(1.62,2.00)	103.20(91.02,113.78)	17(6.59)	26(10.00)
碘过量	415.80(353.30,550.15)	2.23(1.63,3.05)	1.80(1.62,2.00)	107.25(95.44,118.35)	16(6.13)	29(10.94)
$U/\chi^2$	896.899	2.543	2.356	10.509	0.766	1.724
$P$	<0.001	0.468	0.502	0.015	0.858	0.632

## 2.4 回归分析 TPOAb、TGAb 阳性及影响 TSH、T3、T4 水平的危险因素

logistic 回归分析结果显示,性别是 TPOAb 和 TGAb 阳性的主要危险因素( $OR=2.483, 4.317$ ),见表 4。线性回归分析结果显示,居住地点和年龄是影

响 TSH 水平的危险因素( $P<0.05$ );居住地点、年龄、BMI 和吸烟是影响 T3 水平的危险因素( $P<0.01$ );居住地点、性别和 BMI 是影响 T4 水平的危险因素( $P<0.05$ ),见表 5。

表 4 logistic 回归分析 TPOAb、TGAb 阳性的危险因素

项目	TPOAb 阳性			TGAb 阳性		
	OR	95%CI	P	OR	95%CI	P
居住地点	1.367	0.923~2.024	0.119	1.314	0.939~1.837	0.111
年龄	1.000	0.984~1.016	0.995	0.997	0.983~1.010	0.626
性别	2.483	1.461~4.217	0.001	4.317	2.557~7.288	<0.001
BMI	1.035	0.981~1.092	0.202	0.988	0.942~1.036	0.620
维生素 D	1.005	0.991~1.019	0.508	0.998	0.985~1.011	0.742
吸烟	0.844	0.403~1.765	0.652	1.284	0.669~2.462	0.452
碘营养状态						
碘适量	1.000			1.000		
碘缺乏	1.181	0.610~2.287	0.621	0.631	0.306~1.303	0.214
碘超足量	0.941	0.585~1.515	0.803	1.344	0.913~1.978	0.134
碘过量	0.931	0.561~1.543	0.780	1.019	0.662~1.569	0.932

表 5 线性回归分析 TSH、T3、T4 的危险因素

项目	TSH		T3		T4	
	Beta	P	Beta	P	Beta	P
居住地点	-0.122	<0.001	0.154	<0.001	0.161	<0.001
年龄	0.052	0.028	-0.065	0.006	0.023	0.325
性别	0.042	0.119	0.005	0.863	0.064	0.017
BMI	0.012	0.594	0.075	0.001	-0.045	0.047
维生素 D	-0.015	0.508	0.043	0.064	0.044	0.055
吸烟	-0.035	0.186	0.099	<0.001	-0.006	0.818
碘营养状态	0.003	0.905	0.020	0.387	-0.026	0.249

## 3 讨论

近 20 多年来我国实行了全民加碘政策及食盐加碘浓度的下调。本研究的开展可以了解上海市成年人碘营养状态及其与甲状腺函数的关系。共纳入了 2 073 例上海市区和郊区成年人,研究发现上海成年人 UIC 为 195.50  $\mu\text{g/L}$ ,接近碘适量的上限。郊区成年人 UIC 为碘适量,而市区成年人 UIC 为碘超足量;女性成年人 UIC 为碘适量,男性成年人 UIC 为碘超足量。2009 年,上海市的调查研究表明 UIC 为 146.7  $\mu\text{g/L}$ <sup>[7]</sup>。到 2015 年上海市开展的流行病学调查结果显示 18 岁以上男性和女性 UIC 中位数分别为 215.4  $\mu\text{g/L}$  和 186.1  $\mu\text{g/L}$ <sup>[8]</sup>。与本研究结果比较接近(男:

204.30  $\mu\text{g/L}$  女:189.10  $\mu\text{g/L}$ 。

2009 年上海市碘缺乏 ( $\text{UIC} < 100 \mu\text{g/L}$ ) 和碘过量 ( $\text{UIC} > 300 \mu\text{g/L}$ ) 的比例分别为 28.6% 和 10.1%<sup>[7]</sup>。2016 年中国十城市甲状腺疾病流行病学调查发现,上海人群中碘缺乏的比例为 18.8%<sup>[5]</sup>。本研究结果显示,上海市碘缺乏和碘过量的比例分别为 8.32% 和 22.43%。可以看出从 2009—2019 年上海市碘缺乏人群的比例呈逐渐下降趋势。但是在碘缺乏纠正的同时,碘过量人群的比例逐渐升高。有研究表明,上海各年龄段人群膳食主要来源中,碘盐的贡献率均在 50.0% 左右。其他贡献比较多的食物包括海带紫菜(7.6%~16.6%),肉蛋(7.1%~12.7%),鱼虾(4.5%~7.4%),最少的包括谷类(1.7%~4.9%) 蔬菜(1.3%~2.4%)<sup>[8]</sup>。同时该研究发现,上海成年人消费较多动物性海产品,但是由于动物性水产品中碘含量较低,因此,对 UIC 的贡献率较低。饮水中碘含量较低,因此,水对上海成年人碘的贡献也有限。

碘与甲状腺疾病密切相关。有研究表明,过量的碘抑制自噬促进甲状腺滤泡细胞凋亡,因此与桥本甲状腺炎的发生有关<sup>[9]</sup>。碘过量增加甲状腺内 Th17 细胞浸润,抑制调节性 T 细胞发育,诱发甲状腺细胞内肿瘤坏死因子  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) 相关凋亡诱导配体,因此导致凋亡和实质性破坏<sup>[10]</sup>。在既往碘缺乏地区补充碘之后,甲状腺自身抗体的阳性率会升高<sup>[11]</sup>。提示体内碘营养状态的改变会影响甲状腺自身免疫。本研究发现,在郊区和市区不同碘营养状态的人群中 TPOAb 和 TGAb 的阳性率比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ),提示可能在整体碘营养状态适量的情况下,对甲状腺自身抗体的阳性率无明显影响。

在既往的研究中,本课题组发现 UIC 降低与自身免疫性甲状腺疾病密切相关 ( $OR = 1.50, 95\% CI: 1.10 \sim 2.05, P = 0.01$ )<sup>[12]</sup>。TENG 等<sup>[13]</sup> 曾经对不同 UIC 的地区进行前瞻性随访研究,结果显示碘超足量地区和碘过量地区亚临床甲减的发病率分别升高 11.3 倍和 12.6 倍,自身免疫性甲状腺炎的发病率分别升高 4.4 倍和 5.5 倍。2016 年发表的中国十城市甲状腺疾病流行病学调查也证实碘超足量地区的临床甲减、亚临床甲减和甲状腺自身抗体的患病率均明显高于碘充足地区。其中在上海人群中 UIC 为 170.20  $\mu\text{g/L}$ <sup>[5]</sup>。但是本研究显示上海人群 UIC 为 195.50  $\mu\text{g/L}$ ,较之前的报道有所升高。由此可以看出,碘摄入量与自身免疫性甲状腺疾病呈现 U 型曲线的关系。

过量的碘摄入会引起 Wolff-Chaikoff 效应,导致甲状腺激素合成短暂性减少<sup>[14]</sup>。在易感人群中,如自身免疫性甲状腺疾病患者,有甲状腺手术史患者,<sup>131</sup>I 或者抗甲状腺药物治疗的 Graves 病患者等,会出现碘诱导的甲减。其具体机制尚不明确,可能与无法适

应急性 Wolff-Chaikoff 效应有关。而在另外一些易感人群中,过量的碘摄入提供了合成甲状腺激素的丰富原料而导致碘诱导的甲亢。这种碘诱导的甲亢可能是短暂性的,也可能是永久性的。其危险因素包括非毒性或弥漫性结节性甲状腺肿,潜伏性 Graves 病和长期碘缺乏<sup>[15]</sup>。

本研究发现,上海郊区和市区成年人在 TGAAb 阳性率比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。而甲状腺自身抗体与性别和年龄密切相关<sup>[16]</sup>。2018 年的 meta 分析研究显示补充维生素 D 可以在短期内降低血清 TPOAb 和 TGAb 滴度<sup>[17]</sup>。2019 年一项横断面研究显示,吸烟与 TPOAb 水平的下降有关 ( $\beta = -0.287$ )<sup>[18]</sup>。WU 等<sup>[19]</sup> 在 2020 年 TIDE 研究中发现,TPOAb/TGAb 阳性组的 BMI 明显高于 TPOAb/TgAb 阴性组。因此,在 logistic 回归分析中调整了居住地、年龄、性别、BMI、维生素 D 和吸烟。研究发现相较于碘适量,其他不同的碘营养状态并不会增加 TPOAb 和 TGAb 的阳性率。

碘营养状态除了与甲状腺疾病密切相关之外,也会带来其他危害。有研究表明,碘缺乏与心血管结局呈负相关<sup>[20]</sup>。UIC 降低是血脂紊乱和心脏代谢生物标志物异常的危险因素<sup>[21]</sup>。并且 UIC 与高尿酸血症和痛风呈负相关<sup>[22]</sup>。美国的一项研究表明,过量碘暴露 ( $\text{UIC} \geq 400 \mu\text{g/L}$ ) 的个体全因死亡率较 UIC 正常 ( $\text{UIC} 100 \sim 299 \mu\text{g/L}$ ) 的个体明显升高 ( $HR = 1.19$ )。而 UIC 降低 ( $\text{UIC} < 100 \mu\text{g/L}$ ) 与病死率的增加无明显相关<sup>[23]</sup>。

本研究尚存在一些局限性。(1) 本研究为横断面研究,缺乏长期随访数据;(2) 本研究为社区整群抽样,因此选取的人群年龄偏大,本课题组根据 2018 年上海市黄浦区和奉贤区成年人口的比例将碘营养状态在人群中的比例进行了校正;(3) 本研究未涉及重点人群如儿童及孕妇的碘营养状态。

综上所述,上海成年人整体处于碘适量状态,其中市区成年人处于碘超足量状态,郊区成年人处于碘适量状态。不同碘营养状态的成年人 TPOAb 及 TGAb 阳性率比较无明显差异。因此,碘摄入状态与甲状腺自身抗体之间的关系,需要进一步随访。

## 参考文献

- [1] ZHAO F, FENG J, LI J, et al. Alterations of the gut microbiota in hashimoto's thyroiditis patients[J]. *Thyroid*, 2018, 28(2): 175-186.
- [2] ZIMMERMANN M B, BOELAERT K. Iodine deficiency and thyroid disorders[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2015, 3(4): 286-295.
- [3] LEUNG A M, BRAVERMAN L E. Consequences of excess iodine[J]. *Nat Rev Endocrinol*, 2014, 10

- (3):136-142.
- [4] LI M, EASTMAN C J. The changing epidemiology of iodine deficiency[J]. *Nat Rev Endocrinol*, 2012, 8(7):434-440.
- [5] SHAN Z, CHEN L, LIAN X, et al. Iodine status and prevalence of thyroid disorders after introduction of mandatory universal salt iodization for 16 years in China: a cross-sectional study in 10 cities[J]. *Thyroid*, 2016, 26(8):1125-1130.
- [6] WU H, WANG J, XIANG Y, et al. Effects of tetrabromobisphenol A (TBBPA) on the reproductive health of male rodents: a systematic review and meta-analysis[J]. *Sci Total Environ*, 2021, 781:146745.
- [7] ZOU S, WU F, GUO C, et al. Iodine nutrition and the prevalence of thyroid disease after salt iodization: a cross-sectional survey in Shanghai, a coastal area in China[J]. *PLoS One*, 2012, 7(7):e40718.
- [8] 臧嘉捷, 周静哲, 邹淑蓉, 等. 上海市居民碘营养及膳食碘摄入状况综合评估[J]. *上海预防医学*, 2017, 29(6):417-422.
- [9] XU C, WU F, MAO C, et al. Excess iodine promotes apoptosis of thyroid follicular epithelial cells by inducing autophagy suppression and is associated with Hashimoto thyroiditis disease[J]. *J Autoimmun*, 2016, 75:50-57.
- [10] DUNTAS L H. The role of iodine and selenium in autoimmune thyroiditis [J]. *Horm Metab Res*, 2015, 47(10):721-726.
- [11] PEDERSEN I B, KNUDSEN N, CARLE A, et al. A cautious iodization programme bringing iodine intake to a low recommended level is associated with an increase in the prevalence of thyroid autoantibodies in the population [J]. *Clin Endocrinol (Oxf)*, 2011, 75(1):120-126.
- [12] CHEN C, XU H, CHEN Y, et al. Iodized salt intake and its association with urinary iodine, thyroid peroxidase antibodies, and thyroglobulin antibodies among urban chinese [J]. *Thyroid*, 2017, 27(12):1566-1573.
- [13] TENG W, SHAN Z, TENG X, et al. Effect of iodine intake on thyroid diseases in China [J]. *N Engl J Med*, 2006, 354(26):2783-2793.
- [14] LEUNG A M, BRAVERMAN L E. Consequences of excess iodine [J]. *Nat Rev Endocrinol*, 2014, 10(3):136-142.
- [15] PRAMYOTHIN P, LEUNG A M, PEARCE E N, et al. Clinical problem-solving. A hidden solution [J]. *N Engl J Med*, 2011, 365(22):2123-2127.
- [16] PEDERSEN I B, KNUDSEN N, JORGENSEN T, et al. Thyroid peroxidase and thyroglobulin autoantibodies in a large survey of populations with mild and moderate iodine deficiency [J]. *Clin Endocrinol (Oxf)*, 2003, 58(1):36-42.
- [17] WANG S, WU Y, ZUO Z, et al. The effect of vitamin D supplementation on thyroid autoantibody levels in the treatment of autoimmune thyroiditis: a systematic review and a meta-analysis [J]. *Endocrine*, 2018, 59(3):499-505.
- [18] ZHANG Y, SHI L, ZHANG Q, et al. The association between cigarette smoking and serum thyroid stimulating hormone, thyroid peroxidase antibodies and thyroglobulin antibodies levels in Chinese residents: a cross-sectional study in 10 cities [J]. *PLoS One*, 2019, 14(11):e0225435.
- [19] WU Y, SHI X, TANG X, et al. The correlation between metabolic disorders and TPOAb/TGAb: a cross-sectional population-based study [J]. *Endocr Pract*, 2020, 26(8):869-882.
- [20] VENTURI S, DONATI FM, VENTURI A, et al. Environmental iodine deficiency: a challenge to the evolution of terrestrial life [J]. *Thyroid*, 2000, 10(8):727-729.
- [21] WANG X, XIAN T, ZHANG L, et al. Associations between urinary iodine concentration, lipid profile and other cardiometabolic risk factors in adolescents: a cross-sectional, population-based analysis [J]. *Br J Nutr*, 2019, 121(9):1039-1048.
- [22] LU X, SHI X, LI Y, et al. A negative association between urinary iodine concentration and the prevalence of hyperuricemia and gout: a cross-sectional and population-based study in Mainland China [J]. *Eur J Nutr*, 2020, 59(8):3659-3668.
- [23] INOUE K, LEUNG A M, SUGIYAMA T, et al. Urinary iodine concentration and mortality among U. S. Adults [J]. *Thyroid*, 2018, 28(7):913-920.