调查研究
Investigation

水源性高碘、高氟及高砷环境的学龄儿童尿中碘、氟、砷水平及甲状腺肿患病情况

钞虹[1]，李喜春[2]，刘军[3]，张天阳[1]

1. 齐齐哈尔医学院公共卫生学院，黑龙江 齐齐哈尔 161006
2. 齐齐哈尔医学院附属第三医院，黑龙江 齐齐哈尔 161006
3. 齐齐哈尔市第一医院，黑龙江 齐齐哈尔 161006

摘要：

[背景] 碘、氟、砷在自然界中的不均匀分布，使得我国某些农村地区出现生物地球化学性疾病。

[目的] 了解水源性高碘、高氟及高砷地区学龄儿童体格发育状况，尿碘、尿氟、尿砷的相关性以及甲状腺肿大的影响因素。

[方法] 采用整群抽样的方法，抽取山西省清徐县3个自然村8~12岁共208名（男101名，女107名）学龄儿童进行身高、体重的现场测量，采用甲状腺B超法进行甲状腺容积和结节的检查，同时采集日间随机尿液进行尿碘、尿氟和尿砷的检测。

[结果] 儿童尿碘中位数为541.85 μg·L^{-1}，尿氟中位数为1.82 mg·L^{-1}，尿砷中位数为0.11 mg·L^{-1}；该地区8~12岁学龄儿童身高、体重、体重指数（BMI）的均数分别为145.74 cm、35.95 kg和16.50 kg·m^{-2}；各年龄组的尿碘含量差异无统计学意义（$H_{尿碘}$=9.11，$P_{尿碘}$=0.06），而各年龄组的尿氟含量和尿砷含量差异均有统计学意义（$H_{尿氟}$=10.97，$P_{尿氟}$=0.03；$H_{尿砷}$=11.12，$P_{尿砷}$=0.03）；校正年龄因素进行偏相关分析发现，尿碘与尿氟存在正相关关系（r=0.44，P<0.001），尿碘与尿砷存在正相关关系（r=0.32，P<0.001），尿氟与尿砷之间存在正相关关系（r=0.40，P<0.001）。儿童甲状腺肿大检出率为10.58%；8~12岁各年龄组学龄儿童甲状腺肿大的检出率分别为13.33%、8.33%、14.70%、19.05%和3.84%，差异无统计学意义（χ^2=8.42，P=0.06）。B超结果显示高碘甲状腺肿大的类型主要为弥漫型（9.13%）和混合型（1.44%），不存在单纯结节型。多因素logistic回归分析发现，BMI大是甲状腺肿大发生的可疑危险因素，*OR*值及其95%*CI*为1.17（1.03~1.33），尿氟含量高是甲状腺肿大发生的可疑危险因素，*OR*值及其95%*CI*为2.67（1.72~4.14）。

[结论] 水源性高碘、高氟和高砷的地区，甲状腺肿大的检出率较高，其类型以弥漫型和混合型为主；8~12岁学龄儿童的体格发育基本正常；尿碘与尿氟、尿碘与尿砷、尿氟与尿砷之间存在正相关关系；BMI数值大、尿氟含量高是甲状腺肿大发生的可疑危险因素。

关键词：饮用水；碘；氟；砷；学龄儿童；甲状腺肿大

Urinary iodine, fluorine, and arsenic levels and goiter prevalence of school-age children exposed to water-source environment with high iodine, high fluorine, and high arsenic concentrations

CHAO Hong[1], LI Xi-chun[2], LIU Jun[3], ZHANG Tian-yang[1] (1.School of Public Health, Qiqihar Medical University, Qiqihar, Heilongjiang 161006, China; 2.The Third Affiliated Hospital of Qiqihar Medical University, Qiqihar, Heilongjiang 161006, China; 3.Qiqihar First Hospital, Qiqihar, Heilongjiang 161006, China)

Abstract:

[Background] The imbalanced distribution of iodine, fluorine, and arsenic in nature causes biogeochemical diseases in some rural areas of China.

[Objective] This study investigates the physical development status of school-age children in areas with high iodine, high fluorine, and high arsenic in drinking water, explores the relationships among urinary iodine, urinary fluorine, and urinary arsenic, and analyzes the influencing factors of goiter in this group.

[Methods] Using cluster sampling, 208 children aged from 8 to 12 years (101 males and 107

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2020.20048

基金项目
黑龙江省卫生计生委科研课题（2018100）；齐齐哈尔市科技局社会发展攻关项目（SFGG-201751）

作者简介
钞虹（1981—），女，博士，讲师；
E-mail：7046376@qq.com

通信作者
钞虹，E-mail：7046376@qq.com

伦理审批 已获取
利益冲突 无申报
收稿日期 2020-02-10
录用日期 2020-04-14

文章编号 2095-9982(2020)07-0685-05
中图分类号 R12
文献标志码 A

▸引用
钞虹，李喜春，刘军，等.水源性高碘、高氟及高砷环境的学龄儿童尿中碘、氟、砷水平及甲状腺肿患病情况[J].环境与职业医学，2020，37(7)：685-689.

▸本文链接
www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2020.20048

Funding
This study was funded.

Correspondence to
CHAO Hong, E-mail: 7046376@qq.com

Ethics approval Obtained
Competing interests None declared
Received 2020-02-10
Accepted 2020-04-14

▸To cite
CHAO Hong, LI Xi-chun, LIU Jun, et al. Urinary iodine, fluorine, and arsenic levels and goiter prevalence of school-age children exposed to water-source environment with high iodine, high fluorine, and high arsenic concentrations[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2020, 37(7): 685-689.

▸Link to this article
www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2020.20048

females) were selected from three villages in Qingxu County, Shanxi Province. The height and weight of the children were measured on the spot. Thyroid volume and nodules were examined by ultrasound. Meanwhile, random urine samples were collected during the day for the detection of urinary iodine, fluorine, and arsenic levels.

[Results] In the selected school-age children, the median urinary iodine, fluorine, and arsenic levels were 541.85 μg·L^{-1}, 1.82 mg·L^{-1}, and 0.11 mg·L^{-1}, respectively. The mean height, weight, and body mass index (BMI) were 145.74 cm, 35.95 kg, and 16.50 kg·m^{-2}, respectively. Except urinary iodine ($H_{urinary\ iodine}$=9.11, $P_{urinary\ iodine}$=0.06), there were significant differences in urinary fluorine and arsenic levels among different age groups ($H_{urinary\ fluorine}$=10.97, $P_{urinary\ fluorine}$=0.03; $H_{urinary\ arsenic}$=11.12, $P_{urinary\ arsenic}$=0.03). Based on the partial correlation analysis adjusting for age, there were positive correlations between urinary iodine and urinary fluorine (r=0.44, P<0.001), between urinary iodine and urinary arsenic (r=0.32, P<0.001), and between urinary fluorine and urinary arsenic (r=0.40, P<0.001). The positive rate of goiter was 10.58% in total participants, and the positive rate of goiter in each age stratum of the children aged 8 to 12 years was 13.33%, 8.33%, 14.70%, 19.05%, and 3.84%, respectively (χ^2=8.47, P=0.06). The thyroid ultrasound results showed that the goiters were mainly diffuse type (9.13%) and mixed type (1.44%), and there was no simple nodule type. In the multivariate logistic regression analysis, large BMI (OR=1.17, 95% CI: 1.03-1.33) and high urinary fluorine level (OR=2.67, 95% CI: 1.72-4.14) were risk factors for positive goiter detection.

[Conclusion] The positive rate of goiter is high in the study areas with high iodine, high fluorine, and high arsenic in drinking water. Types of goiter are mainly diffuse type and mixed type. The physical development of the school-age children aged from 8 to 12 years is basically normal. There are positive correlations among urinary iodine, urinary fluorine, and urinary arsenic. Large BMI and high urinary fluorine level are suspected risk factors for goiter.

Keywords: drinking water; iodine; fluorine; arsenic; school-age children; goiter

碘和氟均是人体所必需的微量元素，在水环境中氟和碘常伴随存在，水源性高碘和高氟可能对儿童甲状腺容积和功能产生不良影响[1]。慢性砷暴露会影响儿童甲状腺激素受体mRNA的正常表达，对内分泌功能有干扰效应[2]。长期生活在高碘、高氟和高砷的自然条件下，通过饮水、空气或者食物摄入过量的碘、氟和砷元素，人群会出现高碘甲状腺肿、地方性氟中毒和地方性砷中毒等生物地球化学性疾病[3]。水源性高碘甲状腺肿病区分布于我国9个省份的115个县，受威胁人口达3 100万；饮水型氟中毒病区分布在28个省份和兵团的1 115个县，受威胁人口达7 207万；饮水型砷中毒病区分布在11个省份和兵团的64个县，受威胁人口达56万。在我国115个水源性高碘县中，81个县同时属于高氟区，15个县同时属于高氟高砷区[4]。尿液是人体碘、氟和砷代谢排出的主要途径，尿液中元素水平可以反映出人体近期的暴露水平。因此，本次研究以同时存在水源性高碘、高氟和高砷的山西省清徐县部分地区学龄儿童作为调查对象，检测儿童尿碘、尿氟、尿砷水平和甲状腺肿大的患病情况，为后续干预措施的制定提供参考数据。

1 对象与方法

1.1 研究地区和对象

本次研究选取山西省清徐县丰润村、杨房村和马庄村，调查于2013年5月开展。调查地区生活饮用水中的碘含量范围为325.80~571.20 μg·L^{-1}，氟含量范围为1.32~1.81 mg·L^{-1}，砷含量范围为0.06~0.12 mg·L^{-1}。依据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》、GB/T 5750.5—2006《生活饮用水标准检验方法 无机非金属指标》、GB/T 5750—2001《生活饮用水卫生规范》标准，水碘含量≥150 μg·L^{-1}为高碘地区，水氟含量>1.0 mg·L^{-1}为高氟地区，水砷含量>0.05 mg·L^{-1}为高砷地区。本次研究地区符合水源性高碘、高氟和高砷地区的判定标准。

采用整群抽样的方法，在每个村抽取1所村小学，其中丰润村、杨房村和马庄村抽取的8~12岁学生分别为87名、65名和70名。排除在研究地区居住时间低于5年者（13名），有甲状腺疾病史和正在口服含有甲状腺类药物者（1名），共208名儿童纳入分析。本研究经齐齐哈尔医学院伦理委员会审批通过，编号：（齐）伦理［2020］25号。

1.2 调查与检测方法

采用自编问卷，调查研究对象的基本信息（年龄、性别、居住情况、疾病史等）。采集研究对象日间随机尿样10 mL，置于清洁聚乙烯塑料管中，标号、密封，置于4°C冰箱冷藏保存，依据WS/T 107—2006《尿中碘的砷铈催化分光光度测定方法》，采用砷铈催化分光光度法测定尿碘含量；依据WS/T 89—1996《尿中氟化物的测定离子选择电极法》，采用氟离子选择电极法测定尿氟含量；采用原子荧光法测定尿砷含量。由经过培训的专业人员，采用美国GE公司多普勒超声诊断仪（型号VolusonE9，探头频率7.5 MHz）进行甲状腺检查，记录双侧甲状腺长度、宽度、厚度和结节情况。采用校正后的电子身高计（Seca 213，德国）、

电子体重计（Tanita TBF 410，日本）测量受试者身高、体重，数据由经培训的两人一组的团队收集。

1.3 甲状腺肿判定标准

按照 WS 276—2007《地方性甲状腺肿诊断标准》判定甲状腺肿大及结节情况。甲状腺肿大的分型标准：弥漫型为甲状腺均匀增大，B 超检查不出结节；结节型为在甲状腺上可查到一个或几个结节；混合型为在弥漫肿大的甲状腺上可查到一个或几个结节。8~12 岁儿童甲状腺容积增大判断标准：8 岁组 >4.5 mL，9 岁组 >5.0 mL，10 岁组 >6.0 mL，11 岁组 >7.0 mL，12 岁组 >8.0 mL；甲状腺结节是指甲状腺容积正常，检出单个及以上结节。

1.4 统计学分析

采用 EpiData 3.1 软件建立数据库，采用 SPSS 17.0 进行统计分析。经贝叶斯正态性检验，服从正态性分布的身高、体重、体重指数（body mass index，BMI）用均数 ± 标准差表示，采用单因素方差分析进行组间比较；非正态分布的甲状腺容积、尿碘 / 尿氟 / 尿砷含量用 M（P_{25}，P_{75}）表示，采用非参数秩和检验进行组间比较；性别构成、甲状腺肿大检出率采用 χ^2 检验进行组间比较；校正年龄因素对尿碘、尿氟和尿砷含量的影响，将尿碘、尿氟和尿砷作偏相关分析；将弥漫型、结节型和混合型 3 种类型甲状腺肿大病例合并，以是否患甲状腺肿大为应变量（赋值：是 =1，否 =0），以性别（赋值：女 =1，男 =0）、年龄、BMI、尿氟为自变量，进行甲状腺肿大影响因素的 logistic 回归分析。检验水准 α=0.05。

2 结果

2.1 基本情况

调查 8~12 岁学龄儿童 208 人，其中男性儿童 101 人，女性儿童 107 人；甲状腺容积中位数为 4.20 mL，身高和体重分别为（145.74±11.54）cm 和（35.95±11.57）kg。各年龄组的性别构成比较，差异无统计学意义（χ^2=0.70，P=0.95）；各年龄组儿童的甲状腺容积、身高、体重和 BMI 的均值比较，差异均有统计学意义（P<0.001），见表 1。

2.2 尿碘、尿氟和尿砷含量

8~12 岁学龄儿童尿碘中位数为 541.85 μg·L^{-1}，尿氟中位数为 1.82 mg·L^{-1}，尿砷中位数为 0.11 mg·L^{-1}。各年龄组尿碘、尿氟和尿砷中位数比较，尿碘中位数差异无统计学意义（H=9.11，P=0.06），尿氟和尿砷中位数差异均有统计学意义（$H_{尿氟}$=10.97，$P_{尿氟}$=0.03；$H_{尿砷}$=11.12，$P_{尿砷}$=0.03），见表 2。校正年龄因素对尿碘、尿氟和尿砷含量的影响，将尿碘、尿氟和尿砷进行偏相关分析发现，尿碘与尿氟存在正相关关系（r=0.44，P<0.001），尿碘与尿砷存在正相关关系（r=0.32，P<0.001），尿氟与尿砷之间存在正相关关系（r=0.40，P<0.001）。

表 1 水源性高碘、高氟及高砷地区 8~12 岁学龄儿童的甲状腺容积和体格发育的基本情况

Table 1 Thyroid volume and physical development indicators of school-age children at 8-12 years old from areas with high iodine, high fluorine, and high arsenic in drinking water

年龄组 / 岁	样本量（n）（男 / 女）	甲状腺容积 /mL M（P_{25}，P_{75}）	身高 / cm	体重 / kg	BMI/（kg·m^{-2}）
8~	30（13/17）	2.90（2.13，3.83）	131.70±6.18	25.47±8.23	14.48±3.38
9~	24（11/13）	3.40（2.45，4.30）	134.54±6.11	27.67±6.11	15.19±2.67
10~	34（16/18）	3.75（3.20，5.53）	140.79±7.91	32.65±8.45	16.41±3.62
11~	42（21/21）	4.90（3.35，6.30）	147.57±6.38	36.17±7.90	16.51±2.91
12~	78（40/38）	5.15（3.78，6.53）	155.76±7.50	43.86±11.87	17.71±3.52
合计	208（101/107）	4.20（3.21，5.80）	145.74±11.54	35.95±11.57	16.50±3.48
$\chi^2/H/F$	0.70[a]	44.54[b]	88.76[c]	27.10[c]	6.36[c]
P	0.95	**<0.001**	**<0.001**	**<0.001**	**<0.001**

[注] a：χ^2 值；b：H 值；c：F 值。

表 2 水源性高碘、高氟及高砷地区 8~12 岁学龄儿童尿碘、尿氟和尿砷含量 [M（P_{25}，P_{75}）]

Table 2 Urinary iodine, fluorine, and arsenic levels of school-age children at 8-12 years old from areas with high iodine, high fluorine, and high arsenic in drinking water [M(P_{25}, P_{75})]

年龄组 / 岁	样本量（n）	尿碘 /（μg·L^{-1}）	尿氟 /（mg·L^{-1}）	尿砷 /（mg·L^{-1}）
8~	30	674.60（493.45，902.30）	1.76（1.40，2.18）	0.11（0.08，0.17）
9~	24	551.05（383.70，851.95）	1.50（0.92，2.06）	0.08（0.05，0.14）
10~	34	540.40（344.50，946.25）	1.49（1.26，2.34）	0.09（0.07，0.14）
11~	42	462.85（206.05，628.48）	1.75（1.07，2.45）	0.08（0.04，0.14）
12~	78	553.50（346.15，1016.10）	2.06（1.51，2.98）	0.13（0.08，0.20）
合计	208	541.85（339.60，857.53）	1.82（1.37，2.41）	0.11（0.07，0.17）
H		9.11	10.97	11.12
P		0.06	**0.03**	**0.03**

2.3 甲状腺肿大及结节的检出情况

B 超检测弥漫性、结节型和混合型 3 种甲状腺肿大的人数分别为 19 例、0 例和 3 例，甲状腺肿大的检出率为 10.58%。不同年龄组学龄儿童甲状腺肿大的检出率，差异无统计学意义（χ^2=8.42，P=0.06），见表 3。

2.4 甲状腺肿大的影响因素

多因素 logistic 回归分析结果显示，BMI 数值大是甲状腺肿大发生的可疑危险因素，OR 值及其 95% CI 为 1.17（1.03~1.33）；尿氟含量高是甲状腺肿大发生的

可疑危险因素，*OR* 值及其 95% *CI* 为 2.67（1.72~4.14）。见表 4。

表 3 水源性高碘、高氟及高砷地区 8~12 岁学龄儿童甲状腺肿大的检出情况

Table 3 Positive rates of goiter of school-age children at 8-12 years old from areas with high iodine, high fluorine, and high arsenic in drinking water

年龄组/岁	样本量（*n*）	弥漫性		混合型		合计	
		例	检出率/%	例	检出率/%	例	检出率/%
8~	30	4	13.33	0	0.00	4	13.33
9~	24	2	8.33	0	0.00	2	8.33
10~	34	4	11.76	1	2.94	5	14.70
11~	42	7	16.67	1	2.38	8	19.05
12~	78	2	2.56	1	1.28	3	3.84
合计	208	19	9.13	3	1.44	22	10.58
χ^2		8.79		1.97		8.42	
P		0.04		0.91		0.06	

表 4 8~12 岁学龄儿童甲状腺肿大影响因素的多因素 logistic 回归分析

Table 4 Multinomial logistic regression analysis of goiter in school-age children at 8-12 years old from areas with high iodine, high fluorine, and high arsenic in drinking water

自变量	*b*	S_b	Wald χ^2	*P*	*OR*（95% *CI*）
性别	0.02	0.50	0.01	0.96	1.02（0.39~2.71）
年龄	-0.30	0.16	3.62	0.06	0.74（0.54~1.01）
BMI	0.16	0.06	5.99	**0.01**	1.17（1.03~1.33）
尿氟	0.98	0.22	19.23	**<0.001**	2.67（1.72~4.14）

3 讨论

水源性碘与氟的富集具有相似性，还原环境有利于地下水中砷的富集，干旱气候条件下强烈的蒸发浓缩作用亦是高碘、高氟、高砷地下水形成的重要因素[5]。学龄期是儿童生长发育的关键时期，对个体认知能力、社会技能以及心理发展有着重要的意义[6]。本研究调查了山西省清徐县的水源性高碘高氟高砷地区学龄儿童身高、体重和 BMI 指标，结果表明，该地区 8~12 岁儿童各年龄身高、体重等生长指标，与河南省儿童基本一致[7]。说明该地区的水源性高碘、高氟和高砷环境尚未对 8~12 岁儿童身高、体重和 BMI 的体格发育指标产生明显影响。

机体 90% 的碘经尿液排出，尿碘是反映近期碘摄入量一个较好的指标[8]。尿中氟含量占机体总排氟量 85% 左右，所以尿氟含量可以反映环境氟暴露水平和人体氟摄入状态[9]。尿砷水平能够明确地监测人群砷暴露情况，是动态监测居民近期砷暴露的主要指标[10]。本研究对 8~12 岁学龄儿童尿碘、尿氟和尿砷水平的检测结果显示：该地区学龄儿童尿碘中位数为 541.85 μg·L^{-1}，各年龄段尿碘中位数水平为 462.85~674.60 μg·L^{-1}，均明显超出世界卫生组织推荐的碘适宜水平（100~199 μg·L^{-1}）[11]，提示该地区学龄儿童存在碘摄入过量的问题；各年龄段儿童尿氟中位数水平（1.49~2.06 mg·L^{-1}）均超过人群尿氟正常值（1.40 mg·L^{-1}），表明该地区水氟暴露现状不容乐观；儿童尿砷中位数为 0.11 mg·L^{-1}，明显高于湖北武汉地区学龄儿童的尿砷水平[12]。尿砷超过 0.12 mg·L^{-1} 提示有过量砷吸收[13]，因此，该地区水砷暴露问题的解决应引起重视。同时，研究结果显示，8~12 岁儿童各年龄组尿氟、尿砷含量差异均有统计学意义；因此，校正年龄因素对尿碘、尿氟和尿砷含量的影响，将尿碘、尿氟和尿砷进行偏相关分析，结果显示尿碘与尿氟、尿碘与尿砷、尿氟与尿砷之间均存在正相关关系。氟与碘同属卤族元素，故在碘过量的情况下，过量的氟可以抑制甲状腺滤泡细胞摄取过量的碘，促使其排出体外，因此儿童的尿碘与尿氟代谢呈现正相关关系。而尿碘与尿砷、尿氟与尿砷之间存在的正相关关系，与体内的碘、氟和砷暴露水平密切相关，提示对碘、氟和砷暴露人群进行健康监测时，应考虑碘、氟和砷元素之间存在的交互作用。

甲状腺肿大是由于碘摄入不足或过量引起的世界性健康问题，甲状腺呈弥漫性或结节性生长而导致甲状腺肿大。高碘引起的甲状腺肿大在光镜下表现为典型的胶质样改变，在甲状腺组织中，滤泡细胞的形成将继续改变，进而形成单个结节[14-15]。本研究结果表明，该地区儿童甲状腺肿大的检出率为 10.58%；这与既往高碘地区学龄儿童甲状腺肿大的检出率相似[16]，与河北省沧州市高碘、高氟地区儿童甲状腺肿大的检出率相近[17]，明显高于水碘适宜地区的学龄儿童[18]。值得注意的是，本研究 8~12 岁学龄儿童甲状腺肿大的主要类型是弥漫型（9.13%）和混合型（1.44%），而不存在单纯的结节型，进一步证实了高碘引起甲状腺肿大是经过胶质样改变后，继而形成结节的发生发展过程。生活在水源性高碘、高氟及高砷环境 3~5 年内，对儿童期结节型甲肿的形成可能没有明显影响。长期摄入过量的氟可以使甲状腺功能降低，使甲状腺合成及释放的甲状腺素、三碘甲状腺原氨酸量减少，进而使促甲状腺激素分泌增加，加之过量碘的作用，促进了甲状腺肿大的发生[19]。本研究结果显示，BMI 数值大、尿氟含量高是甲状腺肿大发生的可疑危险因素，这可能与肥胖引起的慢性炎症、氧化应激及长期过量

的氟对甲状腺功能的影响有关。

由于本次调查样本量较少，可能会影响结果的稳定性；尚未开展膳食碘和盐碘摄入的调查，故无法对膳食碘、盐碘与尿碘、甲状腺肿大的关系进行探讨。在今后的研究中，可扩大样本量，使数据更具有代表性，进一步探讨膳食碘、盐碘对学龄儿童尿碘、甲状腺肿大的影响，从而全面分析学龄儿童甲状腺肿大的影响因素。

综上，本次调查显示，水源性高碘、高氟及高砷的山西省清徐县8~12岁学龄儿童的尿碘中位数为541.85 μg·L^{-1}，甲状腺肿大的检出率为10.58%，均超过世界卫生组织推荐标准范围。同时，BMI数值大、尿氟含量高是甲状腺肿大的可疑危险因素。应根据当地水源性碘、氟、砷的监测结果，改善饮水条件，保证学龄儿童健康成长。

参考文献

[1] 田永红，李家才，刘靖圆. 高碘与高氟联合慢性暴露对8~10岁儿童甲状腺功能的影响[J]. 中国地方病防治杂志，2016，31（6）：660-661.

[2] 韩晓红，郭志伟，杨卫红，等. 饮水型砷暴露人群甲状腺激素受体mRNA的表达及意义[J]. 中华地方病学杂志，2016，35（8）：552-556.

[3] 傅华. 预防医学[M]. 7版. 北京：人民卫生出版社，2018：288-294.

[4] 高彦辉，孙殿军. 生物地球化学性地方病研究 —— 古老又崭新的领域[J]. 中华疾病控制杂志，2018，22（2）：107-108，121.

[5] 韩颖，张宏民，张永峰，等. 大同盆地地下水高砷、氟、碘分布规律与成因分析及质量区划[J]. 中国地质调查，2017，4（1）：57-68.

[6] 王璐璐，徐培培，许娟，等. 6~18岁学龄儿童生长发育评价指标综述[J]. 中国学校卫生，2019，40（4）：627-631.

[7] 周昇昇，叶冰，付鹏钰，等. 2010—2013年河南省6~17岁儿童青少年生长发育及营养状况[J]. 卫生研究，2019，48（6）：892-897.

[8] 汪正园，周静哲，贾晓东. 碘与人类健康[J]. 环境与职业医学，2017，34（2）：169-174.

[9] 李振林，常子丽，赵成祥，等. 内蒙古托克托县某小学儿童氟斑牙和尿氟水平分析[J]. 疾病监测与控制，2016，10（8）：607-609.

[10] 刘一君，崔娜，郭志伟，等. 2009—2018年内蒙古自治区饮水型地方性砷中毒监测结果分析[J]. 中华地方病学杂志，2019，38（12）：971-974.

[11] WHO，UNICEF，ICCIDD. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination：a guide for programme managers[R]. 3rd ed. Geneva：WHO，2007.

[12] 张璇，崔骁勇，柴团耀，等. 湖北地区120名健康在校儿童尿肌酐及尿砷测定分析[J]. 中国预防医学杂志，2015，16（8）：586-590.

[13] 马潘红. 砷暴露对儿童智力发育及运动功能影响的调查分析[D]. 乌鲁木齐：新疆医科大学，2019.

[14] 刘守军，刘鹏，张树彬，等. 碘酸钾与碘化钾对小鼠下丘脑-垂体-甲状腺轴形态学影响的实验研究[J]. 中国地方病防治杂志，2019，34（2）：121-124.

[15] KRAVCHENKO VI，ANDRUSYSHYNA IM，LUZANCHUK IA，et al. Association between thyroid hormone status and trace elements in serum of patients with nodular goiter[J]. Biol Trace Elem Res，2019，doi：10.1007/s12011-019-01943-9.

[16] 吕胜敏，徐栋，王玉春，等. 高碘地区儿童碘营养影响因素和甲状腺肿大及结节的流行特征[J]. 中国地方病防治杂志，2012，27（3）：161-164.

[17] 闫瑞霞，周媛，李彦国，等. 河北沧州饮水中碘氟含量差异地区儿童甲状腺结节的检出情况[J]. 环境与职业医学，2019，36（5）：470-473，478.

[18] 张一鸣，王莹莹，王学才，等. 德清县青春期女生碘营养及甲状腺异常状况[J]. 中国学校卫生，2018，39（11）：1723-1725.

[19] 崔玉山，钟琦，李文凤，等. 氟暴露对子代大鼠甲状腺激素水平改变及智力损伤的影响[J]. 中华劳动卫生职业病杂志，2017，35（12）：888-892.

（**英文编辑**：汪源；**责任编辑**：王晓宇）