

某市市政管网末梢水中氟化物健康风险分析

孙言凤, 刘俊玲, 徐立, 汪耀, 潘锋

武汉市疾病预防控制中心环境健康与食品安全所, 湖北 武汉 430015

摘要: **目的** 了解武汉市市政管网末梢水中氟化物的浓度水平, 并通过健康风险评价初步评估其对成人及儿童身体健康的潜在危害度。 **方法** 对 2017 年武汉市市政管网末梢水中氟化物的浓度进行调查, 并利用美国环保局推荐的风险评估模型进行健康风险评价。 **结果** 武汉市市政管网末梢水中氟化物的含量为 $0.13 \sim 0.35 \text{ mg/L}$, 均在国家生活饮用水卫生标准范围内, 所致成人和儿童健康风险分别为 $1.32 \times 10^{-9}/\text{a}$ 和 $1.59 \times 10^{-9}/\text{a}$, 均低于国际放射防护委员会推荐的最大可接受风险度 $5 \times 10^{-5}/\text{a}$ 。 **结论** 武汉市市政管网末梢水中氟化物浓度较低, 应在各城区及时开展儿童龋齿患病率的监测, 注意预防儿童龋病的流行。

关键词: 氟化物; 市政供水; 管网末梢水; 健康风险评价

中图分类号: R123.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-3110(2019)05-0563-03 **DOI:** 10.3969/j.issn.1006-3110.2019.05.014

Health risk analysis of fluoride in municipal terminal tap water in a city

SUN Yan-feng, LIU Jun-ling, XU Li, WANG Yao, PAN Feng

Institute of Environment Health and Food Safety, Wuhan Centers for Disease Prevention and Control, Wuhan, Hubei 430015, China

Corresponding author: LIU Jun-ling, E-mail: zhangyanjun@163.com

Abstract: **Objective** To investigate the concentration levels of fluoride in municipal terminal tap water in Wuhan City, and to preliminarily evaluate the potential harm to the health of adults and children by health risk assessment. **Methods** The concentration levels of fluoride in municipal terminal tap water in Wuhan in 2017 were tested. And health risk assessment was conducted by the risk assessment model recommended by the US Environmental Protection Agency. **Results** The concentration levels of fluoride in municipal terminal tap water in Wuhan were $0.13 \sim 0.35 \text{ mg/L}$, which met to the national sanitary standards for drinking water. The health risks to adults and children caused by fluoride in drinking water were $1.32 \times 10^{-9}/\text{annual}$ and $1.59 \times 10^{-9}/\text{annual}$ respectively, both were within the maximum acceptable risk range ($5 \times 10^{-5}/\text{annual}$) recommended by the International Commission on Radiation Protection. **Conclusions** The concentration of fluoride in municipal terminal tap water in Wuhan was low. We should take countermeasures to prevent the prevalence of dental caries in children in all urban areas.

Key words: fluoride; municipal water supply; terminal tap water; health risk assessment

作者简介: 孙言凤 (1984-), 女, 山东聊城人, 硕士, 主管技师, 主要从事环境与食品卫生监测工作。

通信作者: 刘俊玲, E-mail: zhangyanjun@163.com。

染有着密切的关联。此外, 分析结果也发现浑浊度与微生物污染互为因果, 微生物污染会造成浑浊度的上升, 同时浑浊度较高时会影响消毒效果, 导致饮用水中微生物的繁殖, 从而增加消毒剂的消耗。此外, 消毒剂投加方式对消毒效果存在一定的影响^[9], 但是由于本项监测工作未涉及消毒剂投加方式的调查, 故存在一定局限性。

本次研究显示, 影响 2014-2017 年湖南城市饮用水浑浊度的主要因素是水源类型及水源水质情况、水处理工艺和管网。因此, 选择安全可靠的水源, 完善水处理工艺流程、严格落实消毒措施、更换老旧输水管网、加强胶体颗粒的监控是提升湖南省城市饮用水水质卫生质量的关键。

参考文献

- [1] 杨克敌, 郑玉建. 环境卫生学[M]. 第 7 版. 北京: 人民卫生出版社, 2013: 159-166.
- [2] 雷钦. 关于饮用水浑浊度对余氯消毒效果的影响分析[J]. 低碳世界, 2014, 15(1): 19-20.
- [3] Wang L, Ma F, Pang C, et al. Multicausal analysis on water deterioration processes present in a drinking water treatment system[J]. Water Environ Res, 2013, 85(3): 232-238.
- [4] Suzuki J, Imamura M, Nakano D, et al. Effects of water turbidity and different temperatures on oxidative stress in caddisfly (*Stenopsyche marmorata*) larvae[J]. Sci Total Environ, 2018, 630: 1078-1085.
- [5] 朱官平. 停留时间对不同原水二次供水污染物产生的影响及其防治措施研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [6] 武景福, 张爱霞, 刘楠. 生活饮用水浑浊度与耗氧量相关性分析[J]. 现代预防医学, 2008, 35(9): 1731-1732.
- [7] 吴卿, 赵新华. 影响生活饮用水细菌总数指标的研究与评论[J]. 卫生研究, 2007, 36(3): 283-285.
- [8] 白春林, 马蓓蓓, 余青, 等. 宜昌市 2016 年城镇供水日监测情况分析[J]. 实用预防医学, 2018, 25(5): 604-606.
- [9] 刘丽君, 焦中志, 刘文君, 等. 给水厂常规消毒工艺的优化技术与应用[J]. 中国给水排水, 2005, 21(1): 5-8.

收稿日期: 2018-04-03

氟是人体必需的微量元素之一。微量氟可促进儿童生长发育和防龋齿,但过量的氟会导致氟中毒,主要表现为氟斑牙及氟骨病^[1-3]。我国是世界上地方性氟病流行较严重的国家之一,90%以上的患者为饮水型氟疾病^[4]。饮水是人体氟摄入的主要途径,加强饮水中氟的监测是预防与氟有关的健康问题的关键因素^[5]。水中氟化物在 0.5~1.0 mg/L 时氟斑牙患病率为 10%~30%,多数为轻度斑釉齿;1.0~1.5 mg/L 时,多数地区氟斑牙患病率已高达 45%以上,且中、重度患者明显增多^[6]。而在 0.5 mg/L 以下地区,居民龋齿患病率高达 50%~60%,但在 0.5~1.0 mg/L 的地区,仅为 30%~40%^[6]。综合考虑氟在 1 mg/L 时对牙齿的轻度影响和防龋作用,以及高氟地区除氟在经济技术上的可行性,我国生活饮用水卫生标准规定饮水中氟化物含量不应超过 1.0 mg/L^[6]。世界卫生组织推荐的饮水中氟化物的指导值是 1.5 mg/L^[7]。武汉市市政管网末梢水中氟化物的含量及其对居民的健康风险未见报道,本文对 2017 年 168 份武汉市市政管网末梢水中氟化物浓度进行了调查,并初步评估其对成人和儿童的健康风险水平。

1 材料与方法

1.1 样品来源 2017 年在武汉市江岸区、江汉区、硚口区、汉阳区、武昌区、洪山区、江夏区和汉南区设立 42 个市政管网末梢水监测点,于每个季度在各监测点采样一次,采样、保存、运输按 GB/T 5750.2-2006^[8] 执行。共监测水样 168 份。

1.2 检测方法及判定标准 氟化物检测按照 GB/T 5750.5-2006《生活饮用水标准检验方法 无机非金属指标》^[9] 中的离子色谱法进行检测,仪器为 ICS-2100 型离子色谱(编号:074854-01),使用 IonPacAS19A 阴离子交换色谱柱。结果按照《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)^[10] 规定的 1.0 mg/L 为限值进行评价。

1.3 健康风险评价模型 采用美国环保局推荐的健康风险评价模型,按照化学非致癌物经由饮水途径所致的健康风险评价模型计算氟化物的健康风险^[11]:

$$HI=(CDI\times10^{-6}/RfD)/80.55$$
 (1)

$$CDI=IR\times C/BW$$
 (2)

式中:HI 为化学非致癌物经由饮水途径所致的个人年均健康风险度,a⁻¹; CDI 为化学非致癌物经由饮水途径的单位体重日均暴露剂量[mg/(kg·d)]; RfD 为化学非致癌物经由饮水途径摄入的参考剂量[mg/(kg·d)],根据美国环境保护局综合风险信息系

统(IRIS)的分类信息,氟化物的非致癌参考剂量为 0.06 mg/(kg·d);80.55 为 2015 年武汉市人均期望寿命,a;IR 为每人每日平均饮水量(成人 1.6 L/d,儿童 0.8 L/d);C 为化学非致癌物的浓度(mg/L);BW 为平均体重(成人 60 kg,儿童 25 kg)。

1.4 统计分析 采用 SPSS 25.0 软件对数据进行统计分析,经正态性检验,各检测指标数据均属于非正态分布,故其浓度使用中位数和四分位数间距 $Q(P_{75} \sim P_{25})$ 表示,各城区之间浓度差异比较用 Kruskal-wallis 秩和检验,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 武汉市市政管网末梢水中氟化物检测浓度
2.1.1 武汉市各城区市政管网末梢水中氟化物检测浓度 共检测水样 168 份,氟化物的浓度范围为 0.13~0.35 mg/L,均在国家生活饮用水卫生标准的限值范围内,合格率为 100%。不同城区之间氟化物浓度差异有统计学意义($H=75.579,P=0.000$)。各城区市政管网末梢水中氟化物含量见表 1。

表 1 武汉市各城区市政管网末梢水中氟化物含量(mg/L)

城区	水样数	浓度范围	中位数	$Q(P_{75} \sim P_{25})$
江岸区	24	0.22~0.35	0.26	0.07
江汉区	20	0.20~0.33	0.26	0.04
硚口区	32	0.22~0.32	0.26	0.05
汉阳区	24	0.19~0.29	0.24	0.03
武昌区	28	0.13~0.26	0.18	0.07
洪山区	28	0.13~0.26	0.18	0.08
汉南区	4	0.16~0.24	0.21	0.08
江夏区	8	0.14~0.23	0.18	0.05
合计	168	0.13~0.35	0.24	0.06

2.1.2 不同季度市政管网末梢水中氟化物检测浓度 不同季度的氟化物浓度差异有统计学意义($H=79.579,P=0.000$)。各季度市政管网末梢水中氟化物含量见表 2。

表 2 武汉市各季度市政管网末梢水中氟化物含量(mg/L)

季度	水样数	浓度范围	中位数	$Q(P_{75} \sim P_{25})$
第一季度	42	0.20~0.31	0.25	0.03
第二季度	42	0.18~0.35	0.27	0.08
第三季度	42	0.15~0.35	0.23	0.07
第四季度	42	0.13~0.27	0.22	0.10
合计	168	0.13~0.35	0.24	0.06

2.2 武汉市市政管网末梢水中氟化物健康风险评价
2.2.1 武汉市各城区市政管网末梢水中氟化物健康

风险评价 武汉市市政管网末梢水中氟化物所致成人 各城区市政管网末梢水中氟化物致癌风险值见表 3。和儿童健康风险分别为 $1.32\times10^{-9}/a$ 和 $1.59\times10^{-9}/a$,

表 3 武汉市各城区市政管网末梢水中氟化物健康风险($\times10^{-9}/a$)

人群	江岸区	江汉区	硚口区	汉阳区	武昌区	洪山区	汉南区	江夏区	合计
成人	1.43	1.43	1.43	1.32	0.99	0.99	1.16	0.99	1.32
儿童	1.72	1.72	1.72	1.59	1.19	1.19	1.39	1.19	1.59

2.2.2 各季度市政管网末梢水中氟化物健康风险评价 武汉市各季度市政管网末梢水中氟化物健康风险值见表 4。

表 4 武汉市各季度市政管网末梢水中氟化物健康风险($\times10^{-9}/a$)

人群	第一季度	第二季度	第三季度	第四季度	合计
成人	1.38	1.49	1.27	1.21	1.32
儿童	1.66	1.79	1.52	1.46	1.59

3 讨论

2017 年武汉市各城区市政管网末梢水中氟化物浓度均未超过国家生活饮用水卫生标准限值 1.0 mg/L,且均小于 0.5 mg/L,低于美国卫生健康署推荐的饮用水中氟化物的浓度范围(0.7~1.2 mg/L)^[11-12]。有研究表明,6~14 岁儿童长期饮用氟化物含量低于 0.5 mg/L 的水,龋齿率高达 82.3%^[13]。研究表明武汉市市政供水导致居民氟斑牙及氟骨症的可能性不大,但是应注意预防儿童龋病的流行,在各城区及时开展儿童龋齿患病率的监测。

健康风险评价把环境污染与人体健康联系起来,定量描述污染对人体健康产生的危害^[14]。本研究通过调查武汉市市政管网末梢水中氟化物的浓度,再结合美国环保局的健康风险评价模型,所得武汉市市政管网末梢水中氟化物所致成人和儿童健康风险值均为 10^{-9} 数量级,远低于国际放射防护委员会推荐的最大可接受风险度 $5\times10^{-5}/a$ ^[15]。与中山市^[16]、南昌市^[17]、大连市^[18]等地的研究结果相似,低于深圳市^[19]的研究结果。

饮水是人体获得氟的主要途径,但几乎所有的食物都含有氟化物,通过空气皮肤接触也可能会摄入微量氟^[20-21],因此本研究仅通过饮水途径所得氟化物的健康风险度可能会偏低。建议采取措施增加氟摄入量,如饮水加氟、饮食补氟,使用含氟牙膏等以降低龋齿发生率。

参考文献

[1] 于瑞敏,佟亮,王民,等. 华北地区某单位自备水源氟化物、硝酸盐含量调查及健康风险评价[J]. 灾害医学与救援(电子版),2014,3(3):144-148.

[2] 肖健秋,杨建洪,黄建军,等. 地方性氟中毒病区人群氟性骨损伤致

病风险评价[J]. 实用预防医学,2014,21(11):1313-1316.

[3] 坑斌,赵艳华,周纪臣. 北京市怀柔区农村高氟地区饮用水中化学污染的健康风险评价[J]. 职业与健康,2016,32(17):2410-2413.

[4] 邵红建,张显晨,张正竹,等. 安徽省饮用水中氟化物含量及健康风险分析[J]. 中国环境科学,2010,30(4):464-467.

[5] Ghaderpoori M, Najafpoor AA, Ghaderpoury A, et al. Data on fluoride concentration and health risk assessment of drinking water in Khorasan Razavi province, Iran[J]. Data Brief, 2018,18:1596-1601.

[6] 杨克敌. 环境卫生学[M]. 第 8 版. 北京:人民出版社,2017:147.

[7] Chen J, Wu H, Qian H, et al. Assessing nitrate and fluoride contaminants in drinking water and their health risk of rural residents living in a semiarid region of Northwest China[J]. Expo Health, 2017(9):183-195.

[8] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5750. 2-2006 生活饮用水标准检验方法 水样的采集与保存[S].北京:中国标准出版社,2007:2-6.

[9] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5750. 5-2006 生活饮用水标准检验方法 无机非金属指标[S].北京:中国标准出版社,2007:10-12.

[10] 中华人民共和国卫生部. GB 5749-2006 生活饮用水卫生标准[S].北京:中国标准出版社,2007:2.

[11] 杨财平,李燕,都海燕. 宜昌市农村集中式供水中砷、氟化物和硝酸盐的健康风险评价[J]. 职业与健康,2016,32(14):1967-1968,1971.

[12] Gao HJ, Jin YQ, Wei JL. Health risk assessment of fluoride in drinking water from Anhui Province in China[J]. Environ Monit Assess, 2013, 185(5):3687-3695.

[13] 郭占景,苏振军,范尉尉,等. 石家庄市农村饮用水中氟化物健康风险评估[J]. 中国环境监测,2013,29(3):72-73.

[14] 符刚,曾强,赵亮,等. 基于 GIS 的天津市饮用水水质健康风险评价[J]. 环境科学,2015,36(12):4553-4560.

[15] 赵怡楠,罗书全,向新志,等. 2015 年重庆市农村集中式供水化学污染指标健康风险评价[J]. 实用预防医学,2018,25(7):833-837.

[16] 邓春拓,何伦发,郭艳,等. 珠三角某市管网末梢水中化学污染物健康风险评价[J]. 现代预防医学,2016,43(17):3116-3119,3123.

[17] 章英,谢许情,熊文艳. 南昌市生活饮水健康风险评价[J]. 现代预防医学,2014,41(13):2327-2329.

[18] 魏金波,郑怀军,刘欣. 大连市水环境健康风险评价[J]. 环境科学导刊,2012,31(5):71-73,105.

[19] 刘国红,蓝涛,徐新云,等. 深圳市政供水健康风险评价[J]. 环境卫生学杂志,2014,4(2):119-124.

[20] 王利波,宋传清,王兰珍. 濮阳市饮水型地方性氟中毒病区改水效果分析[J]. 实用预防医学,2018,25(6):699-702.

[21] 田华,马永红,张建江. 新疆部队饮用水中氟化物和砷污染的健康风险评价[J]. 解放军预防医学杂志,2012,30(1):74.