

2020—2024 年黄冈市饮用水氟化物特征、 氟斑牙流行现状及健康风险

刘雪芹, 赵旭军, 郑懿, 王红亮, 李聪, 王芬

黄冈市疾病预防控制中心, 湖北 黄冈 438000

摘要:目的 掌握黄冈市生活饮用水中氟化物含量特征及人群健康风险, 分析黄冈市氟斑牙流行现状, 为地方性氟中毒防治工作提供科学依据。方法 2020—2024 年, 于黄冈市 10 县区水质监测点采集饮用水样本, 在黄冈市饮水型氟中毒病区的 24 个村随机抽检 8~12 岁儿童氟斑牙患病情况。采用 Excel 2016 及 SPSS 20.0 软件统计分析数据。采用美国环保署 (United States Environmental Protection Agency, US EPA) 推荐的健康风险评估模型进行人群健康风险评估。结果 2020—2024 年共监测黄冈市饮用水 3 850 份, 氟化物含量中位数 0.19 mg/L, 含量范围 0.03~0.86 mg/L。不同年份、水期、消毒方式、地区的氟化物含量差异具有统计学意义 ($\chi^2=60.695$, $Z=-8.908$, $\chi^2=19.585$, $\chi^2=3 754.425$; P 均 <0.001)。水氟与 pH 值、溶解性总固体、氯化物相关性较强 ($r=0.619, 0.520, 0.516$, P 均 <0.001)。人群经饮水摄入途径的氟化物暴露非致癌健康风险危害系数中位数及最大值均小于 1, 不同地区人群非致癌健康风险差异具有统计学意义 ($H=77.626$, $P=0.027$)。2020—2024 年共监测黄冈市病村儿童 5 667 人, 氟斑牙年均检出率为 0.49%, 五年间检出率范围为 0.11%~0.74%, 不同地区氟斑牙检出率差异具有统计学意义 ($\chi^2=123.584$, $P<0.001$)。结论 2020—2024 年黄冈市生活饮用水氟化物指标合格率 100%, 氟斑牙检出率低于 30%, 符合国家地方性氟化病消除标准, 但存在地区间的明显差异, 有关部门需重点关注红安、武穴地区的人群氟暴露健康风险与氟斑牙流行趋势, 实行针对性的地方性氟中毒防治措施。

关键词: 饮用水; 氟化物; 地方性氟中毒; 健康风险评估

中图分类号: R123.1; R781.64 文献标志码: A 文章编号: 1003-8507(2025)15-2700-06

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202412275

Characteristics and health risks of fluoride in drinking water and the epidemic status of dental fluorosis in Huanggang City from 2020 to 2024

LIU Xue-qin, ZHAO Xu-jun, ZHENG Yi, WANG Hong-liang, LI Cong, WANG Fen

Huanggang Center for Disease Control and Prevention, Huanggang, Hubei 438000, China

Abstract: **Objective** To understand the concentration characteristics of fluoride in drinking water and the health risk of population exposure in Huanggang City, analyze the epidemic status of dental fluorosis in Huanggang City, and provide scientific basis for the prevention and control of endemic fluorosis. **Methods** Drinking water samples were collected from water quality monitoring sites in 10 counties of Huanggang City from 2020 to 2024, and the prevalence of dental fluorosis in children aged 8 to 12 years was randomly sampled from 24 villages in the drinking-water fluorosis area of Huanggang City. Excel 2016 and SPSS 20.0 were used to analyze the data. The health risk assessment model recommended by the United States Environmental Protection Agency (US EPA) was used for population health risk assessment. **Results** A total of 3 850 drinking water samples were monitored in Huanggang City from 2020 to 2024. The median fluoride concentration was 0.19 mg/L, and the concentration range was 0.03~0.86 mg/L. There were significant differences in fluoride concentration among different years, water periods, disinfection methods and regions ($\chi^2=60.695$, $Z=-8.908$, $\chi^2=19.585$, $\chi^2=3 754.425$; all $P<0.001$). Water fluorine was strongly correlated with pH, total dissolved solids and chloride ($r=0.619, 0.520, 0.516$, respectively; all $P<0.001$). The median and maximum hazard quotient (HQ) values for non-carcinogenic health risk from fluoride exposure through drinking water intake were less than 1, and the difference of non-carcinogenic health risk values among different regions was statistically significant ($H=77.626$, $P=0.027$). A total of 5 667 children from infected villages in Huanggang City were monitored from 2020 to 2024. The average annual detection rate of dental fluorosis was 0.49%, and the detection rate in five years ranged from 0.11% to 0.74%, with statistically significant differences among different regions ($\chi^2=123.584$, $P<0.001$). **Conclusion** From 2020 to 2024, the qualified rate of fluoride content in drinking water in Huanggang

基金项目: 湖北省公共卫生青年拔尖人才项目 (鄂卫通 2021-40 号)

作者简介: 刘雪芹 (1984—), 女, 硕士, 主管技师, 研究方向: 食品安全及理化检验

通信作者: 郑懿, E-mail: 2500838452@qq.com; 王红亮, E-mail: 156455449@qq.com; 郑懿与王红亮为共同通信作者

City was 100%, and the detection rate of dental fluorosis was less than 30%, which met the national standard of elimination of endemic fluorosis, but there are obvious differences between regions. Relevant departments need to focus on the health risk of fluoride exposure and the epidemic trend of dental fluorosis in Hong'an and Wuxue areas. We will take targeted measures to prevent and control endemic fluorosis.

Keywords: Drinking water; Fluoride; Endemic fluorosis; Health risk assessment

地方性氟中毒(简称地氟病)是一种因人群长期氟摄入过量而引起的慢性全身性疾病,人体在氟元素长期过量暴露下会在牙齿及骨关节发生病变,主要表现为氟斑牙和氟骨症^[1]。地氟病的发生与地理环境中氟元素的丰度密切相关,有研究表明,饮用水是人体氟元素的主要来源之一,其中儿童约 40%~70%、成人约 60%氟来源于饮用水^[2]。在典型饮水型氟中毒病区,儿童氟的来源中饮用水占比更高,可达 80%以上^[3],因此,地氟病常见的一种患病原因是饮水型氟摄入过量^[1,4]。我国地氟病分布广泛,几乎各省市自治区均有地氟病集中流行区^[1-4]。湖北省曾为饮水型氟中毒流行区,其中黄冈市有 111 个氟病区,且水中氟化物(简称水氟)含量水平中位数高达 2 mg/L^[5-7],超过《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006、GB 5749—2022)规定中生活饮用水氟化物的含量限值 1.0 mg/L。多年来湖北省实施以安全饮水工程为主的地氟病综合防治措施^[7],为了解黄冈市地氟病防治效果,对 2020—2024 年黄冈市饮用水水氟含量特点进行监测与系统分析,进一步掌握本地区人群氟斑牙患病率变化趋势,为实行有针对性的地氟病防治措施提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 数据来源 数据来源于“2020—2024 年湖北省及黄冈市生活饮用水水质监测和湖北省及黄冈市氟斑牙监测项目”。根据 2020—2024 年湖北省及黄冈市生活饮用水水质监测方案,2020—2024 年共收集黄冈市 10 县区生活饮用水水质监测点的各类水样 3 850 份,每年水质监测点基本一致,分别于枯水期(4—5 月)及丰水期(9—10 月)各采集一次,检测水样中氟化物及其他指标。根据 2020—2024 年湖北省及黄冈市地方病防治方案,2020—2024 年共监测黄冈市 24 个地氟病病村的 8~12 岁儿童 5 667 人牙齿健康状况,监测氟斑牙发病情况。

1.2 评价标准 按照《生活饮用水标准检验方法》(GB/T 5750—2006)、(GB/T 5750—2023)对饮用水水样常规指标进行检测^[8-9]。水氟含量限值参考《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)、(GB 5749—2022)^[10-11]。按照《氟斑牙诊断》(WS/T 208—2011)对 8~12 岁儿童牙齿患病情况进行评价。按照《地方性氟中毒病区

控制标准》(GB 17017—2010)判断黄冈市地氟病流行情况,同时满足以下两点,即为实现控制目标:(1)农村大中型集中式供水水氟 ≤ 1.0 mg/L,农村小型集中式供水水氟 ≤ 1.2 mg/L;(2)当地出生居住的 8~12 周岁儿童氟斑牙患病率 $\leq 30\%$ 。

1.3 健康风险评价 氟化物目前尚无确切证据证实其致癌效应,因此主要评估人群经饮水摄入氟化物所致的非致癌健康风险。根据美国国家环境保护署(United States Environmental Protection Agency, US EPA)推荐的非致癌物健康风险评估模型^[12],结合《化学物质环境健康风险评估技术指南》(WS/T 777—2021)^[13],对水样数据按不同类型进行分组分层评价,以危害系数(hazard quotient, HQ)评估水氟的人群非致癌健康风险,若 $HQ \leq 1$ 表示非致癌风险较低,若 $HQ > 1$ 表示存在较高非致癌风险。

其计算公式如下:

$$ADD = \frac{C \times I_R \times E_F \times E_D}{B_W \times A_T}$$
$$HQ = \frac{ADD}{RfD}$$

式中:ADD 为日均暴露量,mg/(kg·d);C 为氟化物的含量,mg/L; I_R 为经口日均摄入量,L/d; E_F 为每年暴露频率,d,取值为 365 d; E_D 为暴露周期; B_W 为人体体重,kg; A_T 为平均时间,d,非致癌效应的平均时间为 E_D 对应的天数,即 $E_D \times 365$; I_R 和 B_W 取值均来自于 2013 年中国环境出版社出版的《中国人群暴露参数手册》,其中 0~5 岁和 6~17 岁儿童以及成人的 I_R 取值分别为 0.795、1.496 和 2.796 L/d, B_W 取值分别为 14.3、43.6 和 64.1 kg^[14]。根据美国环保局综合风险信息查询系统(IRIS),氟化物经口摄入途径非致癌参考剂量(RfD)为 0.060 mg/(kg·d)。

1.4 统计学分析 采用 Excel 2016 软件收集与整理数据,采用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析,采用 Origin 2018 绘图。因饮用水中氟化物经 Kolmogorov-Smirnov 检验均呈偏态分布,因此采用中位数及四分位数间距 $M(IQ_R)$ 进行统计学描述。未检出的数据以 1/2 检出限纳入计算分析。对率的计数资料进行比较采用 χ^2 检验,趋势分析采用 χ^2 趋势检验;水氟含量两组间差异比较采用 Mann-Whitney U 检验,多组间差异比较采用 Kruskal-Wallis H 检验,饮用水

不同监测指标间的相关性采用 Spearman 分析, 检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 饮用水氟化物含量水平及分布特征 2020—2024 年黄冈市饮用水水氟检出率 91.26%, 合格率 100.00%, 含量范围在 0.03 ~ 0.86 mg/L, 中位数 0.19 mg/L。不同年份、水期、消毒方式、地区的水氟含量比较, 差异具有统计学意义。水氟含量在五年内呈下降

趋势 ($\chi^2=60.695, P<0.001$); 枯水期高于丰水期 ($Z=-8.908, P<0.001$); 不同消毒方式水氟含量比较, 不消毒方式最高, 复合二氧化氯消毒方式最低 ($\chi^2=19.585, P<0.001$)。区域间水氟含量差异显著 ($\chi^2=3754.425, P<0.001$), 团风水氟含量较高, 麻城、黄梅水氟含量偏低, 最大值分布在团风。不同水样类型、采样类型、水源类型、供水规模的水氟含量差异无统计学意义 (χ^2 或 $Z=2.543, -0.216, 11.561, 8.561, P=0.280, 0.829, 0.073, 0.121$)。见表 1。

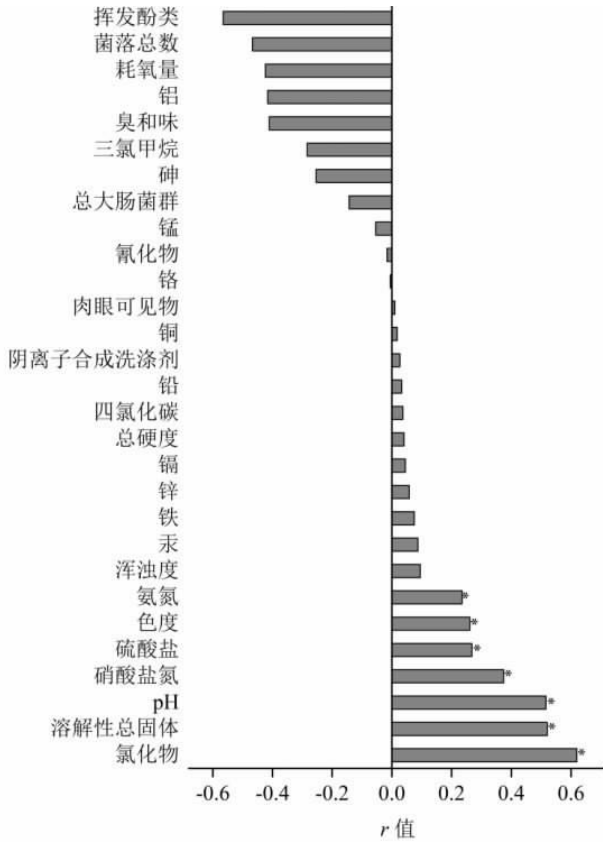
表 1 2020—2024 年黄冈市饮用水氟化物含量及分布特征

Table 1 The concentration and distribution characteristics of fluoride in drinking water in Huanggang City from 2020 to 2024

分组	份数	氟化物含量(mg/L)		统计量 χ^2/Z 值	P 值
		含量范围	$M(IQR)$		
年度(年)					
2020	765	ND ~ 0.67	0.20(0.03-0.23)	60.695	<0.001
2021	771	ND ~ 0.86	0.18(0.03-0.23)		
2022	768	ND ~ 0.86	0.20(0.13-0.23)		
2023	771	ND ~ 0.61	0.21(0.13-0.25)		
2024	775	ND ~ 0.74	0.17(0.11-0.22)		
水期					
枯水期	1 926	ND ~ 0.86	0.19(0.10-0.23)	-8.908	<0.001
丰水期	1 924	ND ~ 0.75	0.20(0.09-0.23)		
水样类型					
出厂水	1 179	ND ~ 0.75	0.18(0.03-0.23)	2.543	0.280
末梢水	2 334	ND ~ 0.86	0.20(0.12-0.23)		
二次供水	337	ND ~ 0.59	0.20(0.03-0.30)		
消毒方式					
不消毒	91	ND ~ 0.58	0.20(0.03-0.25)	19.585	<0.001
次氯酸钠	658	ND ~ 0.41	0.16(0.03-0.22)		
液氯	562	ND ~ 0.64	0.21(0.19-0.25)		
漂白粉	706	ND ~ 0.86	0.19(0.03-0.26)		
复合二氧化氯	1 560	ND ~ 0.86	0.18(0.10-0.22)		
高纯二氧化氯	276	ND ~ 0.84	0.21(0.18-0.25)		
采样类型					
城市水	1 058	ND ~ 0.84	0.20(0.17-0.23)	-0.216	0.829
农村水	2 792	ND ~ 0.86	0.18(0.03-0.23)		
水源类型					
地下水	156	ND ~ 0.58	0.18(0.03-0.23)	11.561	0.073
浅井	44	ND ~ 0.57	0.08(0.03-0.21)		
深井	55	ND ~ 0.58	0.26(0.20-0.36)		
泉水	57	ND ~ 0.33	0.03(0.03-0.14)		
地表水	3 694	ND ~ 0.86	0.19(0.10-0.23)		
江河	1 803	ND ~ 0.84	0.20(0.17-0.24)		
湖泊	101	ND ~ 0.56	0.18(0.10-0.23)		
水库	1 790	ND ~ 0.86	0.16(0.03-0.22)		
供水规模					
I 型	2 036	ND ~ 0.86	0.18(0.03-0.23)	8.561	0.121
II 型	543	ND ~ 0.64	0.19(0.03-0.23)		
III 型	1 147	ND ~ 0.86	0.20(0.17-0.23)		
IV 型	124	ND ~ 0.35	0.16(0.05-0.18)		
地区					
黄州	696	0.11 ~ 0.84	0.21(0.19-0.24)	3 754.425	<0.001
麻城	366	ND ~ 0.28	0.20(0.03-0.21)		
团风	261	0.14 ~ 0.86	0.28(0.22-0.42)		
红安	360	ND ~ 0.67	0.14(0.03-0.28)		
英山	361	ND ~ 0.60	0.14(0.03-0.20)		
蕲春	360	0.11 ~ 0.80	0.22(0.19-0.24)		
浠水	361	ND ~ 0.41	0.12(0.03-0.19)		
罗田	340	ND ~ 0.42	0.15(0.03-0.20)		
武穴	367	0.10 ~ 0.42	0.20(0.17-0.24)		
黄梅	378	ND ~ 0.34	0.12(0.03-0.22)		
合计	3 850	ND ~ 0.86	0.19(0.12-0.23)		

注:ND 表示未检出。

2.2 相关性分析 Spearman 相关性分析结果显示,水氟主要与 pH 值、溶解性总固体、氯化物相关性较强, r 值均在 0.5 以上 ($r=0.619, 0.520, 0.516, P$ 均 < 0.001)。水氟与氨氮、色度、硫酸盐、硝酸盐氮有一定的相关性, r 值均在 0.2 ~ 0.5 之间 ($r=0.374, 0.268, 0.261, 0.235, P$ 均 < 0.001)。水氟与其他指标相关性较弱或负相关。结果见图 1。



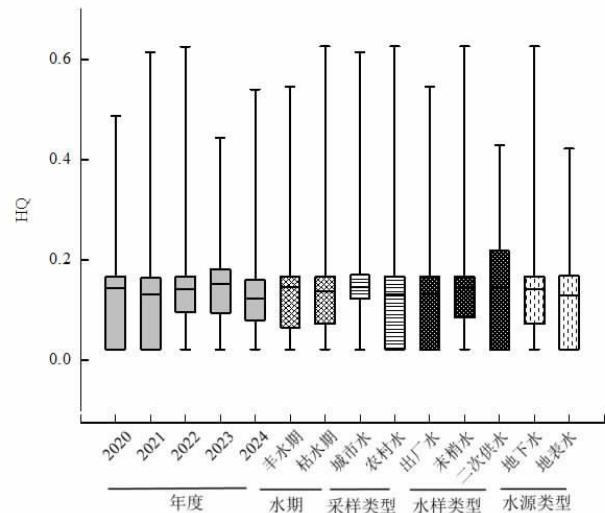
注: * 表示 $P < 0.001$ 。

图 1 2020—2024 年黄冈市生活饮用水中水氟与其他监测指标相关性

Figure 1 Correlation between fluoride in drinking water and other monitoring indicators in Huanggang City from 2020 to 2024

2.3 氟化物健康风险评估 在不同年度、地区、水样类型、采样类型、水源类型的水氟经口摄入暴露途径下, 不同年龄段人群非致癌健康风险值 HQ 均小于 1。健康风险最高的群体为 0 ~ 5 岁儿童, 健康风险最低群体为 6 ~ 17 岁儿童。不同地区间人群非致癌健康风险差异具有统计学意义 ($H=77.626, P=0.027$), 团风水氟 HQ 中位数最高, 最大值也是较高的几个地区之一。浠水、黄梅水氟 HQ 中位数及最大值均较低。不同年度、水样类型、采样类型、水源类型水氟 HQ 差异均无统计学意义 ($H=0.181, 3.185, Z=-0.161, -0.242, P=0.996, 0.211, 0.872, 0.718$)。结果见图 2。

2.4 氟斑牙流行趋势 黄冈市地氟病主要流行病征为氟斑牙。对黄冈市 24 个地氟病病村 8 ~ 12 岁儿童



注: 箱式图中上下端分别代表 P_{75}, P_{25} , 横线代表 P_{50} 即中位数; 须线上下端代表最大值、最小值。

图 2 2020—2024 年黄冈市生活饮用水成人氟化物 HQ

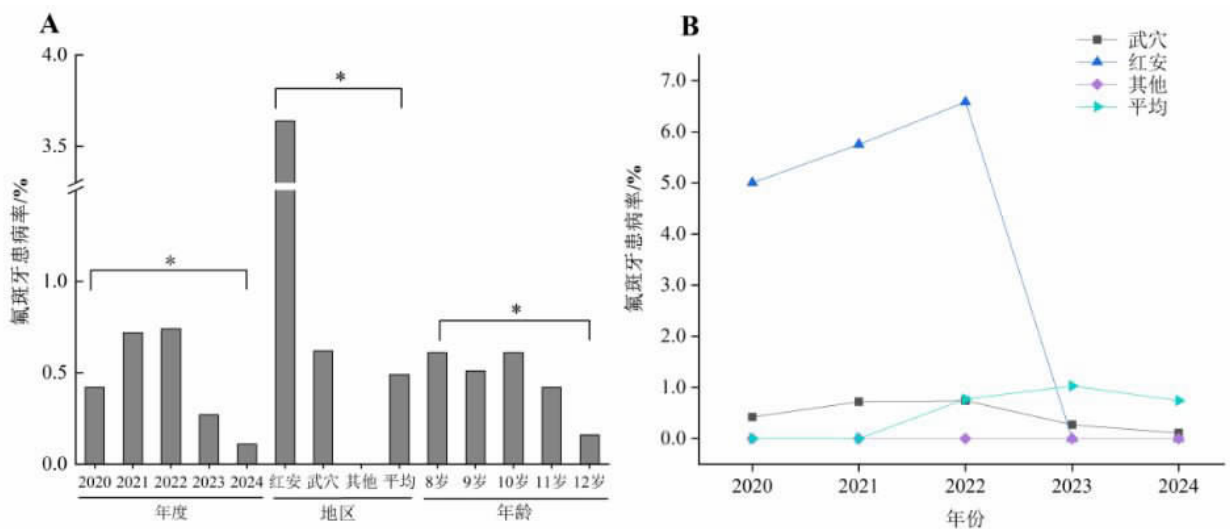
Figure 2 Adult fluoride HQ in drinking water of Huanggang City from 2020 to 2024

开展氟斑牙患病情况调查, 2020—2024 年累积调查 5 667 人, 检出可疑人数 39 人, 确诊人数 28 人, 其中极轻 19 人、轻度 7 人、中度 2 人。氟斑牙年均检出率为 0.49%, 五年检出率范围为 0.11% ~ 0.74%; 不同年份、年龄氟斑牙检出率差异无统计学意义 ($\chi^2=7.111, 6.535, P=0.130, 0.258$); 不同地区氟斑牙检出率差异具有统计学意义 ($\chi^2=123.584, P < 0.001$); 红安最高, 武穴次之, 其余地区均未发现氟斑牙患者。见图 3。

2020—2024 年红安氟斑牙年平均检出率 3.47%, 五年氟斑牙检出率范围为 0 ~ 6.58%; 武穴氟斑牙年平均检出率 0.51%, 五年氟斑牙检出率范围为 0 ~ 1.03%。红安不同年份氟斑牙检出率差异具有统计学意义 ($\chi^2=8.767, P=0.033$), 呈下降趋势 ($\chi^2_{趋势}=5.285, P=0.022$); 武穴不同年份氟斑牙检出率差异无统计学意义 ($\chi^2=4.642, P=0.326$), 无明显变化趋势 ($\chi^2_{趋势}=3.373, P=0.066$)。见图 3。

3 讨论

湖北省曾为饮水性氟中毒重度流行区域, 黄冈市饮用水水氟平均值曾达 2.0 mg/L 以上, 农村地区氟斑牙检出率高达 45% 以上^[5-7]。随着《湖北省地方病防治工作计划》实施, 农村安全饮水工程覆盖率达 100%, 地氟病的防治工作取得了阶段性成果^[15], 但是黄冈地区水氟含量分布特征及地氟病的流行情况尚无报道。监测表明, 黄冈市在实施集中病区饮水改造工程后, 不同类型饮用水水氟含量中位数及最大值均小于国家标准限值, 合格率达 100%。人群经饮水摄入途径的水氟暴露非致癌健康风险较低, 人群地氟病检出率小于 1%, 处于低流行水平, 说明黄冈市地氟病防治



注:A 为不同年度、地区、年龄人群氟斑牙检出率(%);B 为 2020—2024 年红安、武穴、其他县区、黄冈市整体平均氟斑牙检出率(%)。

图 3 2020—2024 年黄冈市氟斑牙检出率

Figure 3 Detection rate of dental fluorosis in Huanggang City, 2020—2024

工作效果显著,但地区间差异明显。

监测结果表明,团风县饮用水水氟含量中位数明显高于其他区县,而黄梅、浠水等地的水氟含量最低,中位数在 0.20mg/L 以下。有研究表明,饮用水与龋齿发病率、氟中毒发病率呈 U 型曲线关系,过低的氟化物含量反而对牙齿健康存着不利影响^[16]。当前,黄冈市饮用水水氟整体处于低值,需要关注龋齿的流行趋势。黄冈市饮用水水氟主要与 pH 值、氯化物、溶解性总固体存着正相关关系,这可能与 pH 值较高,水环境趋向碱性时有利于氟的富集有关^[16-17]。水氟与氯化物、溶解性总固体的正相关关系以及其他指标间的负相关关系原因不明。

监测结果表明,黄冈市氟斑牙检出率 0.49%,低于长春市的 4.98%^[18]、呼和浩特市 1.7%^[19]、陕西省的 5.69%^[20]。氟骨症未有近五年新发病例,大部分县区未检出地氟病,氟斑牙病例集中在红安、武穴两地。红安 2023 年氟斑牙检出率骤降至零,这可能与红安检测人数历年在百人规模,样本量较少影响整体数据的代表性,以及与儿童超 12 岁未纳入监测范围、人口流动等因素有关。武穴自 2022 年持续发现氟斑牙患者,但武穴水氟含量未超标,可能与非饮水型氟中毒有关,有关部门应加强关注。

本研究仍具有一定的局限性:(1) 人群氟化物非致癌健康风险评价依赖于国外参考值,人群饮用水摄入量与体重参考全国平均值,与黄冈市实际情况可能存在差异;(2) 未考虑水氟经皮肤接触暴露途径所致健康风险;(3) 特定县区人群氟斑牙抽检样本较少,需要扩大检测覆盖面,增强数据代表性。总之,黄冈市饮用水氟化物含量低于国家限值,地氟病检出率低于 30%,符合地氟病消除标准,但要注意部分县区的流

行情况,扩大样本检测,深入掌握人群饮用水氟化物暴露风险变化趋势,关注氟斑牙流行趋势。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] 孙殿军,高彦辉,刘辉. 中国 70 年地方病防治成效及展望[J]. 中国公共卫生,2019,35(7):793-796.
Sun DJ, Gao YH, Liu H. Achievements and prospects of endemic disease prevention and control in China in past 70 years [J]. Chinese Journal of Public Health, 2019, 35(7): 793-796.(In Chinese)

[2] U.S. Department of health and human services federal panel on community water fluoridation. U.S. public health service recommendation for fluoride concentration in drinking water for the prevention of dental caries [J]. Public Health Reports, 2015, 130(4): 318-331.

[3] 向杰,涂青云,覃玉,等. 地方性氟中毒病区儿童总摄入量调查分析[J]. 中国临床研究,2020,33(5):690-692, 696.
Xiang J, Tu QY, Qin Y, et al. Analysis of the total fluoride intake in children in the endemic fluorosis areas[J]. Chinese Journal of Clinical Research, 2020, 33(5): 690-692, 696.(In Chinese)

[4] 范淑玲. “十三五”期间我国地方性氟中毒防制现状[J]. 环境与职业医学,2020,37(12):1219-1223.
Fan SL. Current prevention and control of endemic fluorosis during the Thirteenth Five-Year Plan in China[J]. Journal of Environmental & Occupational Medicine, 2020, 37(12): 1219-1223.(In Chinese)

[5] 张碧云,熊培生,尹坚,等. 湖北省居民饮用水氟含量分布情况分析[J]. 中华地方病学杂志,2018,37(4):312-315.
Zhang BY, Xiong PS, Yin J, et al. Distribution of Fluorine content in drinking water of residents in Hubei Province [J]. Chinese Journal of Endemiology, 2018, 37(4): 312-315.(In Chinese)

[6] 陈显赫,吴春锋,张海涛. 氟斑牙研究现状[J]. 中国地方病防治,2020,35(3):208-211.
Chen MZ, Wu CF, Zhang HT. Current research status of dental fluorosis [J]. Chinese Journal of Endemic Disease Prevention and Control, 2020, 35(3): 208-211.(In Chinese)

- [7] 李明健,张碧云,周素华,等. 湖北省 2014 年饮水型地方性氟中毒监测分析 [J]. 公共卫生与预防医学,2015,26(3): 101-103.
Li MJ, Zhang BY, Zhou SH, et al. Monitoring and analysis of drinking water type endemic fluorosis in Hubei Province in 2014[J]. Journal of Public Health and Preventive Medicine, 2015, 26 (3): 101-103.(In Chinese)
- [8] 国家市场监督管理总局. GB/T 5750-2006 生活饮用水标准检验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
State administration for market regulation. GB/T 5750-2006 Standard test method for drinking water [S]. Beijing: Standards Press of China, 2007.(In Chinese)
- [9] 国家市场监督管理总局. GB/T 5750-2023 生活饮用水标准检验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2023.
State administration for market regulation. GB/T 5750-2023 Standard test method for drinking water [S]. Beijing: Standards Press of China, 2023.(In Chinese)
- [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.
The Ministry of Health of the People's Republic of China. GB 5749-2006 Standards for drinking water quality [S]. Beijing: Standards Press of China, 2007.(In Chinese)
- [11] 国家市场监督管理总局. GB 5749-2022 生活饮用水卫生标准 [S]. 北京:中国标准出版社,2023.
The Ministry of Health of the People's Republic of China. GB 5749-2022 Standards for drinking water quality [S]. Beijing: Standards Press of China, 2023.(In Chinese)
- [12] 李杰,蒲丹,林勤,等. 新疆农村饮用水氟化物监测情况及健康风险评估[J]. 职业与健康,2021,37(20):2799-2802, 2808.
Li J, Pu D, Lin Q, et al. Monitoring and health risk assessment of fluoride in drinking water in rural areas of Xinjiang [J]. Occupation and Health, 2021, 37(20): 2799-2802, 2808.(In Chinese)
- [13] 国家卫生健康委员会. WS/T 777-2021 化学物质环境健康风险评估技术指南[S]. 北京:中国标准出版社,2021.
National Health Commission. WS/T 777-2021 Technical guide for environmental health risk assessment of chemical exposure [S]. Beijing: Standards Press of China, 2021.(In Chinese)
- [14] 环境保护部. 中国人群暴露参数手册(成人卷)[J]. 北京:中国环境科学出版社,2013.
Ministry of Environmental Protection. Chinese population exposure parameter manual (adult volume)[M]. Beijing: China environmental science press, 2013.(In Chinese)
- [15] 杨财平,李燕,都海燕. 宜昌市农村集中式供水水中砷、氟化物和硝酸盐的健康风险评估 [J]. 职业与健康,2016,32(14): 1967-1968, 1971.
Yang CP, Li Y, Du HY. Health risk assessment of arsenic, fluoride, and nitrate in centralized rural water supply in Yichang City[J]. Occupational and Health, 2016, 32 (14): 1967-1968, 1971. (In Chinese)
- [16] 潘申龄,安伟,李红岩,等. 饮水氟含量与龋齿率的剂量-效应关系的 Meta 回归分析 [J]. 环境与健康杂志,2013,30(8): 703-706.
Pan SL, An W, Li HY, et al. Meta-regression on dose-response relationship of fluoride content in drinking water and dental caries rate [J]. Journal of Environment and Health, 2013, 30 (8): 703-706. (In Chinese)
- [17] 张庆枝,肖长春. 2020-2022 年合肥市饮用水氟化物特征、影响因素及健康风险[J]. 实用预防医学,2024,31(9):1073-1078.
Zhang QZ, Xiao CC. Characteristics, influencing factors and health risks of fluoride in drinking water in Hefei City,2020-2022 [J]. Practical Preventive Medicine, 2024, 31(9): 1073-1078.(In Chinese)
- [18] 姜雪敏,姜佳璐,周金山,等. 2019-2023 年长春市饮水型地方性氟中毒监测结果分析[J].中国地方病防治,2025,40(2):133-134.
Jiang XM, Jiang JL, Zhou JS, et al. Analysis of Monitoring Results of Drinking Water Type Endemic Fluorosis in Changchun City from 2019 to 2023[J]. Chinese Journal of Endemic Disease Prevention and Control, 2025, 40(2): 133-134.(In Chinese)
- [19] 包慧. 呼和浩特市 2023 年饮水型地方性氟中毒调查[J]. 中国农村卫生,2024,16(10):55-56, 37.
Bao H. Survey on drinking water type endemic fluorosis in Hohhot City in 2023 [J]. China Rural Health, 2024, 16 (10): 55-56, 37.(In Chinese)
- [20] 周蓉,杨敏,丁琼洁,等. 2023 年陕西省饮水型地方性氟中毒病区儿童氟斑牙和龋齿患病调查结果分析[J]. 环境与健康杂志,2024,41(9):783-787.
Zhou R, Yang M, Ding QJ, et al. Investigation of dental fluorosis and dental caries among children in drinking water-borne endemic fluorosis areas of Shaanxi province in 2023 [J]. Journal of Environment and Health, 2024, 41(9): 783-787.(In Chinese)

收稿日期:2024-12-14

读者·作者·编者

本刊对统计学符号的要求

按照 GB/T 3358.1 ~ 3-2009 《统计学术语》的有关规定,统计学符号一律采用斜体排印。常用:(1) 样本的算术平均数用英文小写 \bar{x} 或 mean (中位数英文叙述中用 M 或 median); (2) 标准差用英文小写 s 或大写 SD (限英文文献中); (3) 标准误用英文小写 $s_{\bar{x}}$ 或大写 SE (限英文文献中); (4) t 检验用英文小写 t ; (5) F 检验用英文大写 F ; (6) 卡方检验用希文小写 χ^2 ; (7) 相关系数用英文小写 r ; (8) 自由度用希文小写 ν 或 df (限英文文献中); (9) 概率用英文大写 P (P 值前应给出具体检验值,如 t 值、 χ^2 值、 q 值等)。