

# 地方性氟中毒病区儿童总摄氟量调查分析

向杰<sup>1,2</sup>, 涂青云<sup>3</sup>, 覃玉<sup>4</sup>, 章子贵<sup>5</sup>, 向全永<sup>4</sup>, 梅予锋<sup>1</sup>

1. 南京医科大学附属口腔医院 江苏省口腔医院, 江苏 南京 210029;
2. 向杰口腔诊所, 江苏 宿迁 223900; 3. 东南大学公共卫生学院, 江苏 南京 210009;
4. 江苏省疾病预防控制中心, 江苏 南京 210009; 5. 浙江师范大学, 浙江 金华 321004

**摘要:** **目的** 调查儿童的总摄氟量,探讨总摄氟量与不同途径氟摄入量的相关关系,为地方性氟中毒防制及效果评价提供依据。**方法** 选择地方性氟中毒重病区江苏省泗洪县瓦庙村为调查点,该村 236 名在校 2~6 年级学生为调查对象,检测儿童家庭的饮水、食物和空气的氟含量,计算每位儿童每天的总摄氟量,统计分析儿童总摄氟量与不同途径摄氟量的相关关系。**结果** 瓦庙村儿童家庭手压井水氟含量( $2.45 \pm 0.80$ ) mg/L,煮沸水氟含量( $1.87 \pm 0.79$ ) mg/L,井水氟含量显著高于煮沸水,差异有统计学意义( $t = 7.928, P = 0.000$ )。每位儿童经食物的摄氟量为 0.61 mg/d。按照总摄氟量的计算公式,该村每位儿童总摄氟量 0.73~5.57( $3.05 \pm 0.99$ ) mg/d。饮水氟是儿童摄氟的主要来源,占 80.06%,经 Logistic Model 进行曲线拟合后,饮水氟含量与总摄氟量的回归方程为  $y = 4.88 / (1 + 8.51 \times e^{0.71x})$ 。**结论** 瓦庙村儿童的总摄氟量显著高于国家标准,饮水氟为儿童的主要摄氟来源,饮水降氟是该村防治地方性氟中毒的主要措施。

**关键词:** 地方性氟中毒; 儿童; 总摄氟量; 评价

**中图分类号:** R 599.9 **文献标识码:** B **文章编号:** 1674-8182(2020)05-0690-04

## Analysis of the total fluoride intake in children in the endemic fluorosis areas

XIANG Jie\*, TU Qing-yun, QIN Yu, ZHANG Zi-gui, XIANG Quan-yong, MEI Yu-feng

\*Affiliated Stomatological Hospital of Nanjing Medical University, Stomatological Hospital of Jiangsu, Nanjing, Jiangsu 210029, China

Corresponding author: MEI Yu-feng, E-mail: yfmei@njmu.edu.cn; XIANG Quan-yong, E-mail: quanyongxiang@vip.sina.com

**Abstract: Objective** To investigate the total fluoride intake (TFI) for each child, to explore the relationships among the TFI and the fluoride intake from different way, and to provide evidences for endemic fluorosis control and the effect assessment. **Methods** Wamiao village, a severe endemic fluorosis areas, was selected for this study. 236 students from grade 2 to grade 6 in the village primary school were recruited for our investigation. Drinking water fluoride in each child's household shallow wells, fluoride in diet, and fluoride in outdoor or indoor's air were detected. Then the TFI were calculated according to the national criteria of China. The relationship among the TFI and the fluoride intake from different way were analyzed. **Results** The level of fluoride in drinking water was higher than that in boiling water in superficial wells in Wamiao village [ $(2.45 \pm 0.80)$  mg/L vs  $(1.87 \pm 0.79)$  mg/L,  $P < 0.01$ ]. The level of fluoride in diet was 0.61 mg/d. According to the calculation formula of total fluorine uptake, the total fluorine uptake of each child in the village was 0.73 - 5.57 ( $3.05 \pm 0.99$ ) mg/d. Drinking water fluoride was the main source for Wamiao village's children, accounting for 80.06%. The regression equation between the drinking water fluoride and the TFI was  $y = 4.88 / (1 + 8.51 \times e^{0.71x})$  according to the Logistic Model. **Conclusion** The average TFI in children in Wamiao village is significantly higher than that of the National Criteria, and the fluoride in drinking water is the main source for children. Defluoridation from the drinking water is the main measure for endemic fluorosis prevention in this village.

**Key words:** Endemic fluorosis; Children; Total fluoride intake; Assessment

**Fund program:** National Natural Science Foundation of China (81573101)

地方性氟中毒是严重危害我国居民身体健康的地球化学性疾病,我国的地方性氟中毒病区范围广,危害人口多,病情严重。1991 年全国饮水型氟病区村近 10.67 万个,氟斑牙患病 2 466 万人;燃煤型氟病区村近 2.3 万个,氟斑牙患病近 1 814 万人<sup>[1]</sup>。我国氟中毒防治工作虽经数十年的防治,取得一定的成绩,但防治形势依然严峻。以往相关研究大多集中在单一的暴露指标(如饮水氟、饮茶或燃煤氟等)与氟斑牙、氟骨症的相关关系报道上<sup>[2]</sup>。然而氟的暴露是多途径的,因此在评价氟暴露与氟中毒的剂量-效应关系时,以及控制地方性氟中毒病情时,仅控制或评价单一介质的氟浓度,不能完全有效评价和防治地方性氟中毒<sup>[3]</sup>。本研究通过对江苏省地方性氟中毒重病区村瓦庙村小学的 2~6 年級的 236 名儿童每个人总摄氟量的全面调查,分析该村儿童氟摄入的主要途径,探讨不同途径氟摄入与总摄氟量的相关关系,为全面评价总摄氟量的剂量-效应关系及氟中毒的防治提供依据。

## 1 对象与方法

1.1 调查对象 选择江苏省泗洪县瓦庙村为调查点,该村位于泗洪县东北方向,距县城约 32 km,为地方性氟中毒重病区村(1988 年普查时确定),当时的饮水氟含量为 0.50~4.50(2.47±0.79)mg/L。调查对象为该村小学 2~6 年級的所有在校学生。

1.2 膳食调查 以称量法和询问法相结合的方法调查儿童的食物摄入量,并参照 2002 年国家慢病和营养调查要求自行设计调查表格(每日食物使用量登记表、家庭成员用餐登记表、24 h 膳食回顾询问表和个人饮水量调查表)。调查人员入户对被调查对象家中的大米、面粉、蔬菜、水果及其他食物进行称重,记录每天食物的消耗量,同时调查每人每餐各种饭菜的摄入量,饮入生水、开水和茶水量,最后计算被调查户每人每天的各种食物总消耗量和饮水量,连续 4 d。

1.3 样品采集 (1)水样:由专业的调查人员入户采集每位儿童家庭手压井水 50 ml 于清洁的聚乙烯瓶中(采样瓶洗净,用 10% 的盐酸溶液浸泡 24 h,用自来水冲洗 3 次,再用蒸馏水冲洗 2 次),4℃ 冰箱保存,一周内完成检测。(2)食物样品:根据前期调查的家庭饮水氟含量不同将瓦庙村儿童分为 5 组(<1.00、1.00~2.99、2.00~2.99、3.00~3.99 和 ≥4.00 mg/L),每组随机抽取 6~7 户采集家庭主要膳食样品(50~100 g)(米饭、馒头、蔬菜、鱼、肉、蛋类及水果等)于清洁食品袋中,保存于 4℃ 冰箱,一周内完成检测。(3)空气样品:按瓦庙村的地理位置、家庭人

口数、房屋类型等情况有代表性地选择 5 户,用氢氧化钠溶液为吸收液采集室内空气样品,每天 1 次,连续 5 d;按该村东西距离的三等份的 2 个分割点为采样点用氢氧化钠溶液采集室外空气,每天 1 次,连续 5 d。样品送实验室 4℃ 冰箱保存,一周内完成检测。

1.4 样品检测 按照食物中氟的测定(GB/T 5009.18-2003)中氟离子选择电极法检测食物中的氟含量<sup>[4]</sup>。按照生活饮用水标准检验方法(无机非金属指标)(GB/T 5750.5-2006)中氟离子选择电极法检测饮用水中的氟含量<sup>[5]</sup>。按照大气固定污染物-氟化物的测定-离子选择电极法(HJ/T 67-2001)测定空气中的氟含量<sup>[6]</sup>。

1.5 总摄氟量的计算 按照人群总摄氟量(WS/T 87-2016)计算儿童的总摄氟量。总摄氟量=食物氟摄入量+饮水氟摄入量+空气氟摄入量<sup>[3]</sup>。

1.6 统计学方法 所有基线数据双人双机录入 Epi-data 3.1 软件,经逻辑校验后形成最终数据库。采用 SPSS 23.0 软件进行统计分析。计量资料用  $\bar{x} \pm s$  描述,比较用单因素方差分析和 Student-*t* 检验;计量资料用率描述,采用  $\chi^2$  检验;用 CurveExpert 1.3 软件进行曲线拟合,分析饮水氟与总摄氟量的相关关系。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 基本情况 瓦庙村现有的在校 2~6 年級学生 236 名,其中男生 130 名,女生 106 名,均为当地出生的孩子,无外地迁入或长期外出史。每位儿童家庭均有一个自建的手压井,井深 4~18 m 不等。对每位儿童家庭手压井饮用水的水氟含量检测结果显示,水氟含量为 0.57~4.50(2.45±0.80)mg/L。

2.2 生水和开水氟检测结果 因为饮用水煮沸以后会对水中的氟含量有一定影响,因此在计算总摄氟量时,饮用生水和开水氟的量分别计算。236 份手压井水和煮沸水经测定,井水氟含量 0.57~4.50(2.45±0.80)mg/L,煮沸水氟含量 0.50~4.00(1.87±0.79)mg/L,差异有统计学意义( $t = 7.928, P = 0.000$ )。

2.3 空气氟含量检测结果 瓦庙村居民做饭用的燃料主要为天然气和秸秆,均有独立的厨房和通风设施,无燃煤污染性氟污染源。该村共采集室外空气样品 10 份,采集室内空气样品 25 份,经检测均未发现室内外空气中有氟离子存在。

2.4 食物氟检测结果 根据家庭饮水氟含量分组抽取的家庭主食的氟含量检测结果见表 1,可见虽然家庭饮水氟含量不同,但瓦庙村的米饭、馒头及主要蔬

菜水果的氟含量变化不大,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。豆角、辣椒、茄子和马铃薯的氟含量分别为  $(0.19 \pm 0.06)$  mg/kg、 $(0.19 \pm 0.02)$  mg/kg、 $(0.21 \pm 0.07)$  mg/kg 和  $(0.45 \pm 0.09)$  mg/kg。因该村的鱼、肉、蛋类及水果类的食物只占儿童食物总摄入量的 9.0% 左右,且来源复杂,因此本研究从当地菜市场分别采集各 5 份样品,分成 2 类(鱼、肉、蛋类和水果类)测定 2 类混合样品的平均氟含量,结果分别为  $(0.71 \pm 0.08)$  mg/kg 和  $(0.48 \pm 0.06)$  mg/kg。

**2.5 瓦庙村儿童总摄氟量计算** 瓦庙村儿童煮沸水和井水平均摄入量分别为 1 085.1 ml/d 和 156 ml/d。儿童经食物的氟的摄入量见表 2。根据总摄氟量的计算公式:儿童总摄氟(mg/d) = (家庭手压井饮水氟

含量  $\times 156$ )/1 000 + 瓦庙村儿童每日食物氟摄入量 + [(家庭手压井饮水氟含量 - 0.54)  $\times 1085.1$ ]/1 000 + 空气氟摄入量;依据该公式计算的瓦庙村每位儿童日平均摄氟量为 0.73 ~ 5.57 ( $3.05 \pm 0.99$ ) mg/d。可见该村儿童氟的摄入途径主要为饮水,经食物摄入的氟仅占总摄氟量的 19.94%。

**2.6 饮水氟与总摄氟量的相关关系** 将瓦庙村儿童按照家庭饮水氟含量的 4 分位数间距分成 4 组,分别为 A、B、C、D 等 4 组,各组的儿童数及水氟含量及对应的总摄氟量见表 3。可见随着饮水氟含量的增加,儿童的总摄氟量逐渐增加,经用 CurveExpert 1.3 软件的 Logistic Model 进行曲线拟合后( $r = 0.9998$ ),回归方程为  $y = 4.88 / (1 + 8.51 \times e^{0.71x})$ 。见图 1。

表 1 瓦庙村米饭、馒头氟含量和饮水氟含量关系

饮水氟含量 (mg/L)			米饭氟含量 (mg/kg)			馒头氟含量 (mg/kg)		
样本量	氟含量( $\bar{x} \pm s$ )	范围	样本量	氟含量( $\bar{x} \pm s$ )	范围	样本量	氟含量( $\bar{x} \pm s$ )	范围
10	0.71 $\pm$ 0.08	0.57 ~ 0.95	8	1.20 $\pm$ 0.19	0.80 ~ 1.38	9	1.42 $\pm$ 0.14	0.86 ~ 2.09
13	1.62 $\pm$ 0.18	1.41 ~ 1.97	13	1.01 $\pm$ 0.26	0.41 ~ 1.35	15	1.52 $\pm$ 0.31	1.06 ~ 2.19
22	2.32 $\pm$ 0.27	2.02 ~ 2.91	16	1.15 $\pm$ 0.32	0.68 ~ 1.91	15	1.52 $\pm$ 0.26	0.99 ~ 2.20
12	3.36 $\pm$ 0.30	3.04 ~ 3.92	16	1.73 $\pm$ 0.60	1.13 ~ 2.40	18	1.47 $\pm$ 0.30	1.15 ~ 1.97
10	4.10 $\pm$ 0.23	4.02 ~ 4.48	15	1.19 $\pm$ 0.15	1.01 ~ 1.65	14	1.35 $\pm$ 0.16	1.15 ~ 1.57
F 值	55.067			0.614			0.345	
P 值	0.000			0.612			0.793	

表 2 瓦庙村儿童每日食物摄入量和经食物的摄氟量

食物名	食物摄入量(g/d)	经食物的摄氟量(mg/d)
豆角(豆芽)	83	0.01577
辣椒	31	0.00589
茄子	24.5	0.00515
土豆	32.5	0.01463
米饭	274	0.32058
馒头	121.5	0.18104
鱼肉蛋及水果等	77.5	0.06517
合计	645	0.60825

表 3 瓦庙村饮水氟与总摄氟量的相关关系 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	儿童数	饮水氟含量(mg/L)	总摄氟量(mg/d)
A	59	1.75 $\pm$ 0.49	1.40 $\pm$ 0.40
B	59	2.77 $\pm$ 0.19	2.23 $\pm$ 0.16
C	59	3.41 $\pm$ 0.18	2.75 $\pm$ 0.15
D	59	4.26 $\pm$ 0.47	3.44 $\pm$ 0.38

### 3 讨论

泗洪县地处苏北的宿迁市,为江苏省贫困县,瓦庙村为地方性氟中毒重病区村,我们前期的调查结果显示,该村的儿童氟斑牙患病率为 88.56%,缺损型氟斑牙患病率高达 38.98%,成人氟骨症患病率为 31.06%,因此该村的地方性氟中毒病情相当严重<sup>[7-8]</sup>。在笔者现场调查当时,居民外出和流动很少,居民的膳食结构相对比较简单,为准确评价总摄氟量提供了较好的条件。

本次调查结果显示,瓦庙村儿童的总摄氟量为 3.05 mg/d,超出国家标准(8 ~ 16 周岁含 16 周岁人群,每人总摄氟量  $\leq 2.4$  mg/d)<sup>[3]</sup>。美国医学研究所和欧洲食品安全局推荐在儿童中,建议使用每日总摄氟量为 0.05 ~ 0.07 mg/kg 体重最有利于牙齿健康,同时最大限度地减少氟中毒的风险,而每天摄入氟 0.1 mg/kg 体重被称为可忍受的最高摄入量<sup>[9]</sup>。按照这个标准计算,每位儿童理想的总摄氟量标准为 0.25 ~ 0.35 mg/d(按照 8 ~ 12 岁儿童体重平均为 40 kg 计算),最大的可忍受的最高总摄氟量为 4.0 mg/d,和我国的总摄氟量标准成人总摄氟量基本一致。

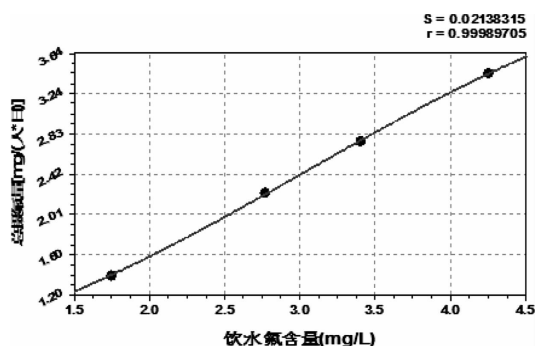


图 1 饮水氟含量与总摄氟量的 Logistic Model 拟合曲线

对比可见,标准化医嘱教学模式让实习学员通过临床实习不仅巩固了疾病诊断、鉴别诊断及治疗原则等理论知识,而且掌握了临床医嘱的标准化。

综上所述,医学生的同质化培养是临床教学的重点,其目的是使学员的临床能力和规范化诊疗意识达到同一水平。以“标准化医嘱”为核心的教学模式,各个带教老师在同一种疾病的教学中采用相同的教学计划和教学过程管理,既可缓解带教老师与实习学员之间的供需矛盾,又能最大程度缩小带教老师专业能力及教学水平的差异,使实习学员临床能力薄弱、临床分析与解决问题能力欠缺的现象得以改善,最终达到临床教学“同质化”培养的目的。

### 参考文献

- [1] 卫生计生委发布 23 个专业 202 个病种临床路径[J]. 中国医院院长,2017(12):18.
- [2] 胡金莲,常静静. OSCE 在临床医学院毕业考核中应用的探讨[J]. 当代教育实践与教学研究,2017(8):157.
- [3] 袁正林,曹丽. 形成性评价在武汉市某医院口腔医学临床实习教学中的应用与思考[J]. 医学与社会,2018,31(8):80-82.

- [4] 杨民,周林杰. 问题引导教学联合 3D 打印在骨科住院医师规范化培训的应用[J]. 中国临床研究,2019,32(6):850-852.
- [5] 姜宏佐,周佳,崔莹,等. PBGS 结合案例教学法在神经科研究生临床教学中的应用与探索[J]. 中国高等医学教育,2019(4):129-130.
- [6] 苏克剑,张乐,万旭,等. 按病种分类进行用药医嘱点评模式初探[J]. 中国药房,2019,30(3):310-313.
- [7] 刘锐,何嘉,刘秀芳,等. 以“标准化医嘱”为重点的同质化临床教学平台在临床实习中的应用[J]. 医学教育管理,2018,4(5):401-403,408.
- [8] 毕齐,宋哲. 循证医学与临床路径[J]. 中医杂志,2010,51(S1):6.
- [9] 曾卓辉,廖英扬,杜宇康. 临床路径教学法在骨科临床带教中的应用[J]. 中国高等医学教育,2018(7):100-101.
- [10] 张道军,黄显琼,朱堂友,等. 案例结合临床路径式教学法在皮肤科临床实践教学中的应用[J]. 中国皮肤性病学杂志,2016,30(9):968-969.
- [11] 杨云龙,王薇,徐路平. 教学用临床路径应用于胸外老年性疾病的教学研究[J]. 中国老年学杂志,2013,33(23):6026-6027.
- [12] 张世卿,王喆,高山,等. 基于临床路径的五段教学法在康复专业后期临床教学中的应用[J]. 中国康复医学杂志,2012,27(4):353-355.

收稿日期:2019-09-10 修回日期:2019-10-04 编辑:石嘉莹

(上接第 692 页)

氟化物主要与钙化组织有关,它刺激骨细胞增殖并增加新的松质骨中的矿物质沉积;外用氟化物时应用于萌出的牙齿,例如通过水氟化处理并用氟化牙膏剂刷牙可以帮助减少近 50% 龋齿,因此改善口腔健康的公共卫生措施中很有价值<sup>[9-10]</sup>。然而,大量的研究证明过量的氟不仅会引起氟斑牙、氟骨症,还可影响神经系统及其他组织<sup>[11-12]</sup>。氟化物有益作用和毒性作用范围很窄,在制订基准值即参考标准时,只要可能,应考虑通过饮水摄入该物质外的总摄入量,以准确评价和防治地方性氟中毒<sup>[3,13]</sup>。

本调查结果显示,瓦庙村为典型的饮水型地方性氟中毒,饮水氟摄入量占总摄氟量的 80.06%,降氟改水是该村防治氟中毒的主要措施;因此,可以根据儿童家庭的饮水氟含量初步推断出儿童的总摄氟量,为地方性氟中毒剂量-效应关系评估和防治效果评价提供重要的参考。

### 参考文献

- [1] 孙殿军,沈雁峰,赵新华,等. 中国大陆地方性氟中毒病情动态与现状分析[J]. 中国地方病学杂志,2001,20(6):429-433.
- [2] Ibiyemi O, Zohoori FV, Valentine RA, et al. Fluoride intake and urinary fluoride excretion in 4- and 8-year-old children living in urban and rural areas of Southwest Nigeria[J]. Community Dent Oral Epidemiol,2018,46(5):482-491.
- [3] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. WS/T 87-2016 人

群总摄氟量[S]. 北京:中国标准出版社,2016.

- [4] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.18-2003 食物中氟的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [5] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. 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,2006.
- [6] 国家环境保护总局. HJ/T 67-2001 大气固定污染物-氟化物的测定-离子选择电极法[S]. 北京:中国标准出版社,2001.
- [7] QY Xiang, YX Liang, BH Chen, et al. Serum fluoride and dental fluorosis in two villages in China[J]. Fluoride,2004,37(1):28-37.
- [8] QY Xiang, LS Chen, XD Chen, et al. Serum fluoride and skeletal fluorosis in two villages in Jiangsu Province, China[J]. Fluoride,2005,38(3):178-184.
- [9] Omid N, Maguire A, O'Hare WT, et al. Total daily fluoride intake and fractional urinary fluoride excretion in 4-to 6-year-old children living in a fluoridated area: weekly variation? [J]. Community Dent Oral Epidemiol,2017,45(1):12-19.
- [10] Zohoori FV, Omid N, Sanderson RA, et al. Fluoride retention in infants living in fluoridated and non-fluoridated areas: effects of weaning[J]. Br J Nutr,2019,121(1):74-81.
- [11] 刘伯,涂青云,张明访,等. 总摄氟量与成人血清骨钙素的相关关系及其基准剂量[J]. 实用预防医学,2019,26(3):257-260.
- [12] 王广吉,高明献,张明访,等. 总摄氟量与儿童智商的相关性研究[J]. 东南大学学报(医学版),2012,31(6):743-746.
- [13] 陈秉衡,屈卫东. 世界卫生组织对氟化物的卫生评价[J]. 中国地方病学杂志,2000,19(6):477-478.

收稿日期:2020-01-03 修回日期:2020-02-02 编辑:李方