地下水氟暴露和地方性氟中毒的相关性研究

王晓昌[1], 郭小娟[2], 川原一之[3], 段劲秋[4]

(1. 西安建筑科技大学 环境与市政工程学院, 陕西 西安 710055; 2. 内蒙古地方病防治研究所, 内蒙古 呼和浩特 010020; 3. 亚洲砷研究情报网, 日本宫琦 880-0878; 4. 水利部牧区水利科学研究所, 内蒙古 呼和浩特 010010)

[摘要] **目的** 为了揭示饮用高氟水对人体健康的危害以及改水降氟对预防氟中毒的效果, 对内蒙古自治区托克托县 3 个乡的地下水进行了水质检测和氟中毒现状调查。**方法** 运用二维平面数据解析方法计算了该地区饮用水氟离子浓度的分布, 以逐户访问和巡诊的形式进行了氟斑牙和氟骨症患病现状调查和氟中毒症状分类, 选择 2 个改水情况截然不同的村庄为典型实例, 对不同年龄层氟斑牙患病率进行了分析对比。**结果** 表明该地区饮用水氟离子浓度超标率达 75%, 氟斑牙患病率达 53%, 地下水氟浓度和氟中毒患病之间大致存在线性关系。**结论** 长期饮用高氟水对人体健康的危害非常明显, 而成功的改水能有效地降低氟中毒, 对改善年轻一代的身体健康起到重要作用。

[关键词] 地下水; 氟暴露; 氟斑牙; 氟骨症; 改水降氟

[中图分类号] R599.9 [文献标识码] A [文章编号] 1000-4955(2001)06-0434-04

A study on the correlative relation between fluoride exposure of groundwater and endemic fluorosis

WANG Xiao-chang[1], GUO Xiao-juan[2], Kawahara Kazuyuki[3], DUAN Jin-qiu[4]

(1. *Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, 710055, China*; 2. *The Endemic Diseases Control Institute of Inner Mongolia, Huhhot 010020, China*; 3. *Asia Network, Yamatocho Miyazaki, Japan 880-0878*; 4. *Institute of water Conservancy Science of Parstoral Area, Department of Water Conservorcy, Huhhot 010010, China*)

Abstract: Objective In order to examine the impact of extra intake of fluoride from drinking water on human health and the effect of water quality improvement on the prevention of endemic fluorosis, a study was conducted in Togtoh County, Inner Mongolia Autonomous Region on groundwater quality and the occurrence of fluorosis. **Methods** A method of two-dimensional data analysis was used for obtaining the area-distribution of fluoride in groundwater. Diagnostic investigation was conducted on dental and skeletal fluorosis with a 3-grade classification method. Two typical cases were studied by analyzing and comparison of the morbidities of fluorosis among different age groups. **Results** As a result, 75% water samples show a fluoride concentration higher than drinking water quality standard, and the morbidity of dental fluorosis is as high as 53%. There exists a linear relation between the fluoride concentration of drinking water and the morbidity of fluorosis. **Conclusions** The harmful impacts is obvious on human health through long term exposure of high fluoride concentration, but successful improvement of drinking water quality can bring about remarkable improvement of human health, especially for the young generation.

Key words: Groundwater; Fluoride exposure; Dental fluorosis; Skeletal fluorosis; Water quality improvement

内蒙古自治区是我国地方病氟中毒分布比较集中的地区之一, 从 20 世纪 70 年代中期起, 在国家爱国卫生运动委员会和各级政府的组织和指导下, 这些高氟区普遍开展了改水降氟工程, 主要措施是打深井以避开含氟浓度高的浅层地下水或进行地下水除氟处理。20 多年来, 改水降氟取得了很大成效, 许多村庄饮用水的水质得到了改善, 氟离子浓度得到一定程度的降低。但是, 由于一些地区氟暴露已影响到较深的地下含水层, 改水后饮用水氟离子浓度仍然超过生活饮用水卫生标准的情况还存在。此外, 还有一些高氟区尚未进行改水, 使得地方性氟中毒至今仍是该地区的重大环境问题[1]。为了揭示饮用高氟水对人体健康的危害以及改水降氟对预防氟中毒的效果, 我们在日本国际事业协力团的资助下, 对地方性氟中毒的重灾区之一托克托县的 3 个乡进行了饮水型氟中毒调查研究。

[收稿日期] 2000-06-20; [修订日期] 2001-03-20

[作者简介] 王晓昌(1953-), 男, 四川成都人, 西安建筑大学环境与市政工程学院教授, 工学博士, 博导, 主要从事水质和环境风险评价研究。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1　调查方法

1.1　调查地区地下水氟浓度分析　托克托县位于呼和浩特市西南侧, 黄河北岸。除沿河部分地区引黄河水进行农田灌溉外, 全县生活饮用水和部分灌溉用水均取自地下水。本课题研究范围为托克托县东部永圣域、伍什家、黑城 3 个乡共 96 个村, 总人口约 4 万人。3 个乡有半数村庄曾进行过农村改水或其它公共给水设施建设, 实现了集中供水, 水源为数十米至百米深的机井水。另外半数的村庄则无集中供水设施, 饮水取自大口井或压水井, 深度多为几米到十几米。

从分布在调查区域内各村的水井采集近百个水样进行水质分析。这些水井包括深度为数米的浅水和深度为数十米到百余米的半承压或承压水, 其中近半数为已实施过农村改水的集中供水的水源井。氟离子浓度分析采用离子电极法, 为了排除干扰离子对分析结果的影响, 对矿化度较高的水样进行了蒸馏预处理。

地下水氟离子浓度分布图, 运用二维平面数据解析方法对水质监测结果进行数值计算, 以等高线的形式表示该地区目前饮用水氟离子浓度的分布情况。为了提高计算精度, 我们用了调查区的外围邻接区域部分水井的水质监测数据来辅助确定计算的边界条件。

1.2　氟中毒相关疾病的调查　以村为对象, 随机抽选约 1/4 数量的农户, 在医务人员的配合下以逐户访问和巡诊的形式进行了氟中毒疾病情况调查。调查以氟斑牙和氟骨症的症状为主, 同时了解家庭一般情况、生活饮水情况、家庭病史, 并进行了身体一般检查和与地方病有关的临床症状诊视, 其结果列表记录供研究分析用。对于氟中毒症状的判定, 医学上采用的分类法比较细, 氟斑牙根据牙齿的着色和缺损情况可分为若干级或类[2], 氟骨症则根据症状的部位和程度进行判定, 必要时辅以 X 线检查等。本研究重点是地下水氟暴露对健康影响的调查, 因此, 我们根据当地氟中毒症状的特点, 将调查结果按 a、b、c 等级进行了整理, 各等级对应的氟斑牙和氟骨症的症状见表 1。

表 1　本研究采用的氟中毒分类法

等级	症状	
	氟斑牙	氟骨症
a 正常	无明显症状	无明显症状
b 轻度	明显白垩状或轻度变色	有关节疼痛等主诉或四肢活动不便症状
c 重度	严重变色或实质缺损	关节、四肢有明显变形或有肌腱萎缩等更严重症状

2　结果

2.1　调查地区的地下水氟浓度分布　从分布在调查区域内各村的水井采集近百个水样进行的水质分析结果表明, 该地区地下水受氟暴露的情况相当严重: 氟离子浓度超过国家规定的生活饮用水卫生标准值 1.0 mg/L 的占 75%; 超过世界卫生组织建议的 1.5 mg/L[3] 的占 62%; 超过 3.0 mg/L 的占 34%; 最高浓度达 8.0 mg/L。其它水质指标, 尤其是影响人体健康的重金属和有毒物质基本上不超标, 说明该地区饮用水的主要水质问题是氟暴露。

对水质监测结果进行数值计算, 得出图 1 所示的地下水氟离子浓度分布图, 以等高线的形式表示该地区目前饮用水氟离子浓度的分布情况。根据水文地质资料, 我们曾将水质监测数据按浅水井和承压水井分类后分别进行了氟离子浓度分布的解析计算, 发现深度在百余米以内的范围内, 浅水和承压水中氟离子浓度分布很接近, 可以用图 1 来表示目前所利用的地下水含水层氟离子浓度分布的总体情况。

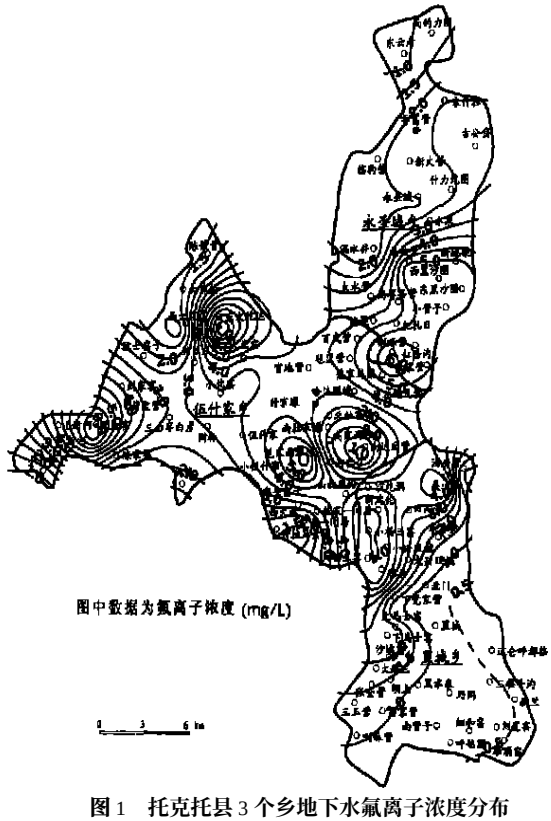

图 1　托克托县 3 个乡地下水氟离子浓度分布

2.2　氟斑牙和氟骨症患病的调查　根据氟斑牙调查结果, 在所有抽样调查人数中, 氟斑牙判定为 a、b、c 级的百分比分别为 46.9, 14.1, 39.0%, 若以 b + c 作为氟斑牙的综合患病率, 其百分比则约为

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

53%, 且以重度氟斑牙为主。氟骨症的患病率约为 13%, 其中重度(c 级)为 5. 8%, 且所有氟骨症患者均同时患有氟斑牙。

图 2 为采用与地下水氟离子浓度解析相同的方法对氟斑牙患病率进行计算分析得出研究区域内氟斑牙患病率的分布图。图 3 是以实测的各个村庄饮用水氟离子浓度为横坐标, 调查分析所得的氟斑牙患病率为纵坐标绘出的相关关系图。氟离子浓度和氟斑牙患病率之间大致存在一种线性关系, 相关系数为 0. 72。

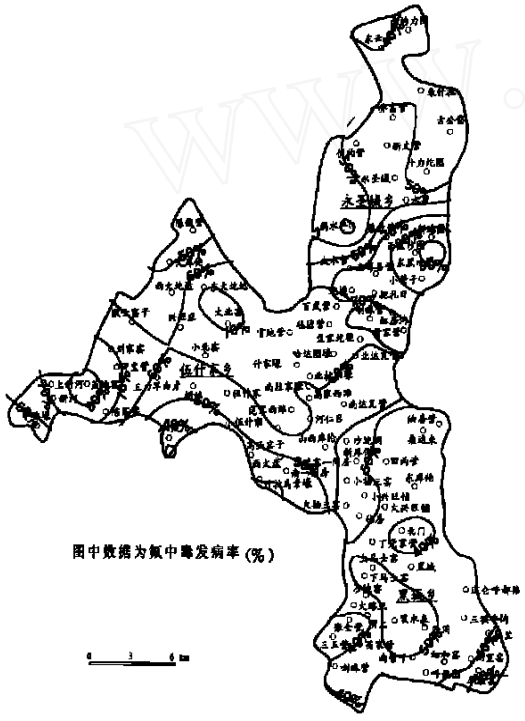

图 2　托克托县 3 个乡氟中毒发病率的分布情况

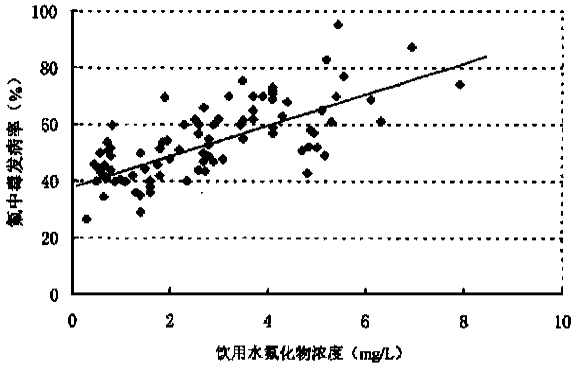

图 3　氟中毒发病率与地下水氟浓度的相关关系

2. 3　实例分析

2. 3. 1　高氟水危害的典型—新地梁村　根据 3 个乡氟中毒情况全面调查的结果, 永圣域乡新地梁村的氟中毒患病率最高。为了更详细地分析该村的情况, 我们进行了补充调查, 增加了水质监测次数, 进一步调查了氟斑牙和氟中毒的发生情况。

新地梁村只有 35 户人家, 总人口约 130 人, 全村多年来使用同一水井供应生活饮用水。80 年代进行改水降氟时, 对已有的水井进行了改造, 建立了集中供水系统, 一度采用活性氧化铝过滤的方式对井水进行除氟处理, 但由于多种原因只持续了很短一段时间就再未进行任何处理。在一年多的时间内, 我们对井水和送到各家的自来水进行了反复监测, 测得氟离子浓度为 5～6 mg/L, 平均值 5. 44 mg/L。对该村 104 人(总人数的 80%)进行氟斑牙和氟骨症补充调查, 其结果按年龄、性别加以整理见表 2。

从表 2 数据可以看到, 该村氟斑牙的患病率高达 86. 5%, 而尚未显示出氟斑牙症状的均为 10 岁以下的儿童, 10 岁以上的人除 2 例之外都是氟斑牙; 氟骨症的患病率高达 45. 2%, 患者年龄均在 40 岁以上, 占这一年龄层的 92. 2%。表 2 中男性氟斑牙患病率为 88. 9%, 女性为 84%; 男性的氟骨症患病率为 48. 1%, 女性为 42. 0%, 男女比较差异无显著意义。

2. 3. 2　改水见成效的典型—什力格图村　同一永圣域乡的什力格图村是一个有 520 户、2 100 人口的大村庄, 过去的氟中毒情况与新地梁村相近。1976 年, 村里打出了一口深度 100 多米的深井, 水质良好, 水量丰富, 从此结束了氟中毒的历史。水质分析的结果表明, 深井水的氟离子浓度稳定在 1. 3 mg/L 左右。为了更全面地了解儿童牙齿的成长情况, 我们对什力格图小学 194 名不同年龄的学生进行了调查, 调查结果见表 3。在所有调查的学生中, 轻微氟斑牙仅有 2 例, 均为 11～12 岁之间的 6 年级学生, 占这个年龄层的 4. 8%。

3　讨论

根据本次调查结果, 氟斑牙判定为 a、b、c 级的百分比分别为 46. 9, 14. 1, 39. 0%。氟骨症的患病率约为 13%, 其中重度(c 级)为 5. 8%, 所有氟骨症患者均同时患氟斑牙。这一结果所示的氟中毒百分比高于 1982 年内蒙古氟中毒病区抽样调查结果(氟斑牙 46%、氟骨症 5. 6%)[4,5]。由于判断标准不完全相同(如本研究对牙齿失去光泽并开始出现白垩状的可疑现象未作为轻度氟斑牙症状来考虑), 不便进行单纯的数据比较, 但总的来说, 调查结果已充分表明这一地区是氟中毒的重病区。

对氟斑牙患病率进行计算分析, 可知患病率高于 50% 的区域占 2/3 以上, 一些村庄(如永圣域乡

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

新地梁村和伍什家乡荒地窑村) 的患病率竟高达 80% 以上。对照图 2 与图 1, 可知高患病率基本上都发生在地下水氟离子浓度高的地方。与永圣域和伍什家比, 黑城乡范围内的地下水氟离子浓度普遍较低, 东南角一带氟离子浓度< 1.0 mg/L, 与此对应, 黑城乡氟斑牙患病率也明显低于其他乡。

表 2　新地梁村居民氟斑牙和氟骨症调查结果

年龄 (岁)	男			女			合计		
	人数	氟斑牙人数	氟骨症人数	人数	氟斑牙人数	氟骨症人数	人数	氟斑牙人数	氟骨症人数
0～	7	1(14.3)	0(0)	6	0(0)	0(0)	13	1(7.7)	0(0)
10～	7	7(100)	0(0)	5	5(100)	0(0)	12	12(100)	0(0)
20～	9	9(100)	0(0)	8	8(100)	0(0)	17	17(100)	0(0)
30～	5	5(100)	0(0)	6	6(100)	0(0)	11	11(100)	0(0)
40～	10	10(100)	10(100)	8	7(87.5)	5(62.5)	18	17(94.4)	15(83.3)
50～	9	9(100)	9(100)	8	8(100)	8(100)	17	17(100)	17(100)
60 以上	7	7(100)	7(100)	9	8(88.9)	8(88.9)	16	15(93.8)	15(93.8)
合计	54	48(88.9)	26(48.1)	50	42(84.0)	21(42.0)	104	90(86.5)	47(45.2)

注: () 内数字为患病率(%)

表 3　什力格图小学学生氟斑牙调查结果

年级	年龄(岁)	调查人数	氟斑牙人数	检出率(%)
1	6～	24	0	0
2	7～	30	0	0
3	8～	29	0	0
4	9～	32	0	0
5	10～	37	0	0
6	11～12	42	2	4.8
合计		194	2	1.0

从本次调查中可以看出氟离子浓度和氟斑牙患病率之间大致存在一种线性关系, 氟骨症患病率与氟离子浓度间的关系不明显, 但氟骨症病例的 90% 以上发生在饮用水氟离子浓度高于 4.0 mg/L 的村庄。该地区以及周围地区高氟水很普遍, 由于区域内人口流动、水源更换、水质变化等因素, 氟中毒的起源不一定完全是各村现有的水源, 所以图 3 中的数据点离散度比较大, 一些饮用水氟离子浓度很低的村庄, 其氟中毒患病率也在 30%～50% 之间。但图 3 所示的基本关系能足以说明高氟水与地方性氟中毒之间的因果关系。

氟斑牙的出现往往是在乳齿脱落, 生出永久齿的时期, 调查病村的情况也是如此。最小年龄的病例为 1 名 8 岁男孩, 新长出的 2 颗带白黄斑点的门牙与周围尚存的雪白乳齿形成非常鲜明的对比, 说明 8 年间饮用高氟水已使过量的氟元素在他的骨骼中积蓄, 那些尚未显示出氟斑牙症状的儿童实际上已是潜在的氟斑牙患者。该村氟骨症的出现是在年满 40 岁以后, 说明氟元素在体内更长期的积蓄是发病的原因。

国内外多数研究表明饮用水的氟离子浓度以 1.0～1.5 mg/L 为宜, 什力格图村找到了氟浓度为 1.3 mg/L 的地下水使年轻一代不再患氟斑牙的事例也说明了这一点。将什力格图村与新地梁村的现状进行比较可明确地看到饮用高氟地下水对人体健康有多大危害, 而改水对下一带的健康成长又有多么深远的意义。高氟地下水在我国很多地区仍在作为生活饮用水的水源使用, 严重影响着人体健康。高氟区多为自然条件比较差, 经济比较落后的农村地区, 要使众多人摆脱氟中毒的痛苦, 还需包括国际援助、政府帮助在内的全社会的关心和努力。

(本研究得到日本国际事业协力团资助, 水利部牧区水利科学研究所、内蒙古地方病防治研究所、托克托县水利局、托克托县永圣域、伍什家、黑城乡政府的合作, 在此谨表衷心感谢)

[参考文献]

[1] 永坂佳规, 秋庭贤司, 秋庭英夫. 中国内蒙古自治区のフッ素被害地区[J]. フッ素研究, 1992, (13): 19-24.

[2] 钟长恩, 李衬新, 于晶晶, 等. 氟斑牙分类及其统计指标的意义[J]. 中国地方病学杂志, 1997, 16(5): 186-188.

[3] World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality [M]. 2nd Ed, Recommendations. WHO, Geneva, 1993, 1.

[4] 泽登・敖尔布, 邢春茂, 孙天志, 等. 内蒙古自治区における地方性フッ素中毒に关する疫学的研究[J]. フッ素研究, 1988, (9): 21-28.

[5] 泽登・敖尔布, 邢春茂. 内蒙古自治区における地方性フッ素中毒に关する预防と治疗の研究[J]. フッ素研究, 1989, (10): 36-41.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net