

地方性氟中毒

戴国钧 主编

内蒙古人民出版社

学科的综合研究，才能完整掌握地方性氟中毒各个环节的规律，采取有效措施，改造环境，保障人民的健康。

戴 国 钧
于一九八四年六月

主 编 戴国钧

副主编 高洪信 成金山 刘顺堂

编委及执笔人 (以姓氏笔画为序)

丁罗兰 于东才 于泽太 马春林 付玉治 刘东风

刘顺堂 刘淑华 成金山 高洪信 戴国钧

审 稿 刘昌汉 陈炽贤

编 者 的 话

地方性氟中毒是我国分布广泛、危害严重的一种地方性疾病。目前，在防治地方性氟中毒的工作和科研中，急需专业参考书。为此，内蒙古党委防治地方病领导小组办公室、内蒙古地方病防治研究所、赤峰市委防治地方病领导小组办公室，委托赤峰市地方病研究所编写《地方性氟中毒》一书，嗣后该所组织了编委会，全体编写人员根据自己的实践经验，结合有关文献编著了这本书，以供从事地方性氟中毒防治和研究工作的同志参考。

在本书编写过程中，王维尚、额尔敦朝鲁、刘忠林等同志给予了热心指导。辽宁省委防治地方病领导小组办公室和中国医科大学卫生系流行病学教研室给予了大力支持。张新习、祝永谦、张群弟、张志瑜等同志参加了本书的誊写、摄影等工作。在此一并致谢。

由于我们水平有限，错误之处在所难免，望读者指正。

编 者

1984年6月23日

序

地方性氟中毒病是一种慢性周身性疾患，世界各地都有发生，受此病危害的人数众多。它是威胁人类健康的一种地方病。建国后，党和政府深切关怀人民的健康，在各地先后建立了防治地方性氟中毒的机构，培养了专业人才。三十多年来，经专业人员深入调查，开展实验研究，基本摸清了地方性氟中毒在我国流行情况，并应用了可能的防治措施，取得了良好的效果，不但使患者的健康状况有了明显的改善和提高，而且也今后的防治工作打下了坚实的基础。

戴国钧、高洪信等同志多年来深入患区，对地方性氟中毒做了深入调查，开展了防治工作和科学研究，为患区人民作出了贡献。现在他们将多年的实践经验和研究成果作了系统的总结，并结合国内外已有的成就，编著了《地方性氟中毒》一书。这是我国地方病防治工作的又一硕果。

我学习了这本书，觉得本书作者能在接受前人知识的基础上，结合自己多年的实践经验，形成完整的体系和系统的理论。这对我国地方性氟中毒防治工作将产生积极的推动和指导作用。当然，本书还有不足之处，希望读者给以诚恳指正。我想，这也是本书作者所希望的。

本书的作者都是中、青年科学工作者，他们能及时大胆地将自己的工作经验写出来，我感到十分欣慰，为此，写出这几句评语。

中国医科大学卫生系教授 陈洪权

1984年7月1日

前 言

地方性氟中毒是地球上最古老的疾病之一。1976年,中国科学院古脊椎动物和古人类研究所,在山西省阳高县古城公社许家窑村发掘出的一批旧石器时代的人类化石中,有五个人牙,牙面上都有黄褐色色素沉着和点状凹陷缺损,这是典型的氟斑牙。许家窑的地质年代应属于10万年前的中更新世晚期。1977年我们从中国科学院考古研究所在赤峰市的敖汉旗大甸子发掘出的近4000年前的夏代人的骨骼中看到类似氟骨症的病变。这些材料证明,地方性氟中毒早已存在,只是人们对它的认识经历了一个漫长的时期。

我国古代学者早已注意到了这一疾病的存在,如魏晋时代嵇康(公元224~263年)著的《养生论》中就有“齿居晋而黄”的记载,但未能阐明其原因。国外有关这一疾病的记载是在19世纪后期开始的,如1888年, Kuhns记述的墨西哥久兰戈家庭中的“黑牙齿”。1891年, Vainicher报道的那波利城市中居民的“牙珐琅质腐蚀”。1901年, Eager发现从那波利附近迁到美国的移民有斑釉症,称它为“Dentioli chile”,把它当做在地球上的一定地区所观察到的疾病提了出来。1916年Black 报告了对美国洛杉矶山区居民带有黄褐色色素牙齿的病理解剖观察,且认为是一种牙釉质的损伤,这是首次有关斑釉的病理解剖研究报告。同年, McKay 和 Black 详细报告了美国Colorado 温泉附近地方性斑釉症的流行病学和病理学调查

的结果，他们认为本病的病原是存在于患区饮水中的微量物质。1931年，Churchill用光谱分析法分析了斑釉患区的水样中氟含量过高。Smith、Lantz和Smith、Velu和Churchill 分别于1931年提出了氟与斑釉关系的看法，他们将患区的水浓缩后喂鼠，结果鼠出现了斑釉，证明氟含量过高将产生斑釉，从而明确了牙斑釉症的病因。Dean 将斑釉称为牙齿氟中毒 (Dental Fluorosis)，并提出了斑釉的七级分类法。Möller和Gudjonsson 在1932年报告了冰晶石作业工人的氟骨症。1937年Roholm详细描述了这种改变，称它为骨骼氟中毒 (Skeletal Fluorosis)，并提出了三级分类法。1937年Shortt首次报告了印度孟德拉斯邦的地方性氟骨症。

从20世纪30年代开始，世界各国学者对地方性氟中毒进行了大量的调查研究工作。目前已知，地方性氟中毒是世界上，也是我国分布最为广泛、危害极为严重的一种地方病。它不仅损害牙齿，而且损害骨骼以及全身各组织器官。它是以侵犯牙齿和骨骼为主的全身性疾病，轻者出现氟斑牙和全身各个骨骼及关节部位疼痛等症状，较重者呈现关节僵硬及运动功能障碍，严重者呈现躯干变形和瘫痪，以致造成终生残废。因此，搞好地方性氟中毒的防治工作，对保障人民身体健康，增强人民体质，保证社会主义现代化建设，具有十分重要的意义。

几十年来，世界各国对地方性氟中毒的研究取得了巨大成就。我国在近几十年中，也做了大量研究工作，特别是从1979年以来，在中央防治地方病领导小组的领导下，开展了有组织、有计划的研究和防治工作，取得了很大进展。

现在已经知道，地方性氟中毒是一种严格的生物地球化

学性疾病。虽然氟在自然界中分布极为广泛，但只有在特定的地质、水文地质、地理和气候等自然界因素和生产、生活习惯等社会因素的作用下，使环境含有大量的氟，并使饮水、食物和空气氟含量过高，在这种特定的环境中生活的人和动物，长期摄入过量的氟，氟在体内蓄积，才能引起慢性中毒，这种病就称为地方性氟中毒，这种地区称为地方性氟中毒病区。如果这个病区的某一个环节发生了变化，高氟变成了低氟，该地区可成为轻病区或非病区。如果这个病区的人和动物改变了生活习惯，减少了氟的摄入，可使病情减轻，但这个病区仍然可能是地方性氟中毒病区。

一般认为，微量的氟是人体必需的，它有利于牙和骨骼的坚固性，有一定的防龋作用，但过量的氟对生物是有害的。氟在生物体内是一种亲骨元素，主要损害牙齿的釉质、骨骼的成骨和破骨活动。同时还可以损害原生质，对一些酶有刺激作用，对另一些酶则具有抑制作用。七十年代中期，印度 Susheela 发现氟对胶原蛋白具有明显的毒性作用，认为可能是氟中毒的病理基础，对氟在体内的代谢过程有了一定的认识，对氟中毒的病理改变也有了大致的了解，尤其对牙齿和骨骼的病理改变作了较细致和深入的研究。近年来关于氟中毒对其他软组织病理改变的研究，也引起了人们的注意。

地方性氟中毒的发病机制一直是研究的重要课题，人们提出了许多理论，特别是1979年 Franke 对氟中毒所具有的骨硬化、骨疏松、骨软化和甲状旁腺机能亢进等多种复杂表现，进行了解释，提出了新的观点。现在已经明确氟斑牙和骨的X线所见，是地方性氟中毒的两个特异性诊断指标。在 Roholm 分类法基础上，几十年来国内外研究人员对氟中毒病人做了

详细的观察，发现了许多新的特征性改变，使氟骨症的X线分类法更趋完善。1937年 Roholm 对氟中毒的非骨相损害，作了一些观察，引起了人们的注意。在七十年代，人们对氟中毒的非骨相损害作了大量的研究，目前已经证实一些脏器如肾脏、神经系统、甲状旁腺、血管等可受氟的损害。

地方性氟中毒流行病学方面的研究进展较快，病区范围已经大致清楚。我国近几年来加强了普查工作，明确了我国的病区分布范围。特别是发现了由生活燃煤污染引起的新的氟中毒病区类型。对地方性氟中毒的分布规律也有了较多的了解，正朝着定量研究的方向发展。有关微量元素对氟中毒影响的研究也已经开始。

目前，我国主要是采取打防氟井、药物除氟以及改进炉灶的方法预防氟中毒。改饮低氟水，改善营养，补充钙及维生素 C、D 等法治疗地方性氟中毒，取得了一定效果，使患者减轻了症状，恢复了一定的劳动能力，甚至对一些神经损伤的患者也有一定疗效。

但是还有许多问题没有解决，如氟对人体的毒性作用和中毒机制，目前还没有满意的解释；生物化学特征研究还刚初步开展；氟中毒的诊断除氟斑牙和X线检查外还没有更敏感的特异诊断指标；流行病学和环境地质的研究还有待进一步深入。在工业氟污染区，如何区别污染和地方性氟中毒病区的界限，并监测其成为第二环境引起的氟中毒病区趋向的可能性还没有得到解决。治疗氟中毒的药物必须继续筛选，还要继续研究适合各类病区和各种不同地区的防氟措施。我国病区面积广，经济和科学技术水平尚不发达，要在我国有效地控制地方性氟中毒的危害，需要经过一个较长时期和多

目 录

前 言

第一章 氟的有关基础知识.....	1
第一节 氟的特性和用途.....	1
一、氟的发现史	1
二、氟和氟化物的特性	1
三、氟和氟化物的用途	5
第二节 氟在自然界中的分布.....	7
一、地壳中的氟	7
二、天然水中的氟	17
三、植物中的氟	22
四、动物体内的氟	35
五、其他食品中的氟	40
六、大气中的氟	41
七、氟在自然界中的循环	42
第二章 氟的代谢及其生物学作用	44
第一节 氟的代谢	44
一、氟进入机体的途径	44
二、氟的吸收	45
三、机体中氟的分布	57
四、氟的机体平衡与排泄	61
第二节 氟的生理作用	71
一、对硬组织矿化过程的作用	72
二、同牙齿等组织的稳定性关系	73
三、同神经兴奋性及传导性维持的关系	73

四、同生长繁殖过程的关系	74
第三节 氟的毒性作用	75
一、局部作用	76
二、对原生质的毒性作用	76
三、对酶系统的毒性作用	77
四、对硬组织的毒性作用	78
第三章 病理与发病机制	80
第一节 氟对牙齿的损害	80
一、牙釉质、牙本质的组织结构与胚胎发生	81
二、病理变化	82
第二节 氟对骨及骨旁软组织的损害	86
一、氟骨症的发病机制	86
二、氟骨症的病理改变	91
第三节 非骨相氟中毒	100
一、氟对神经系统的损害	100
二、氟对肌肉的损害	101
三、氟对肾脏的损害	102
四、氟与甲状腺、甲状旁腺的关系	104
五、氟中毒时的血、尿生化改变	105
第四章 临床	108
第一节 急性、亚急性氟中毒	108
第二节 地方性氟中毒的临床表现	110
一、一般表现	110
二、神经系统损伤表现	115
第三节 地方性氟中毒的诊断与鉴别诊断	119
一、氟斑牙的诊断与鉴别诊断	119
二、氟骨症的诊断与鉴别诊断	123
三、神经系统损伤的诊断与鉴别诊断	131

第五章 X线诊断	144
第一节 概述	144
一、氟骨症的X线检查意义	144
二、氟骨症的X线研究简史	144
三、氟骨症的X线检查方法	145
第二节 氟骨症的基本X线征象	147
一、骨质改变	148
二、骨周改变	151
三、关节改变	153
四、骨生长发育异常征	156
五、继发性骨关节畸形	158
第三节 氟骨症的各部位X线改变	158
一、头颅	158
二、脊柱	159
三、胸部	162
四、骨盆	163
五、上肢	167
六、下肢	170
七、其他	173
第四节 氟骨症X线诊断与分型分度	174
一、现行氟骨症X线诊断标准应增设“软化型”	175
二、关于氟骨症X线诊断标准“早期”的讨论	176
三、混合型诊断指标	179
四、氟骨症X线诊断的分型分度方案	180
第五节 氟骨症鉴别诊断	184
一、与以骨密度增高、骨质硬化为主的疾病鉴别	184
二、与以骨密度减低、骨质疏松软化改变为主的疾病鉴别	191
三、与以关节改变为主的疾病鉴别	194

四、与以骨周软组织骨化为主的疾病鉴别·····	198
第六章 流行病学 ·····	201
第一节 地方性氟中毒在世界各国的分布概况 ·····	201
一、在欧洲的分布·····	201
二、在亚洲的分布·····	203
三、在非洲的分布·····	205
四、在大洋洲的分布·····	205
五、在美洲的分布·····	205
六、我国地方性氟中毒病区分布概况·····	207
第二节 地方性氟中毒病区类型及其形成因素 ·····	211
一、病区类型·····	211
二、饮水型地方性氟中毒病区形成的因素·····	218
第三节 地方性氟中毒在人群中的分布 ·····	226
一、饮水氟含量与氟中毒的关系·····	227
二、在不同年龄组人群中的分布·····	236
三、在不同性别人群中的分布·····	241
四、人群尿中无机氟含量水平的流行病学问题·····	241
五、每天总摄氟量在流行病学上的应用·····	243
第四节 影响地方性氟中毒发病的因素 ·····	245
一、外来人群的影响·····	245
二、营养的影响·····	246
三、个体差异的影响·····	247
四、饮水量的影响·····	247
五、地方性氟中毒病区的水化学概况·····	248
第五节 燃煤污染型地方性氟中毒病区的分布规律 ···	252
第七章 防治措施 ·····	253
第一节 预防措施 ·····	256
一、改换水源·····	256

二、化学药物除氟改水·····	257
三、供水方法·····	266
四、改变生活燃煤的习惯·····	267
五、改造环境、综合治理·····	268
六、预防地方性氟中毒的效果评价·····	268
第二节 打防氟井的方法与技术要求 ·····	272
一、井位的选择·····	272
二、施工前的准备工作·····	273
三、钻井·····	277
四、地层鉴定与地质编录·····	278
五、探孔、冲孔、换浆·····	279
六、下管·····	280
七、填砾·····	285
八、止水和封孔·····	287
九、洗井和抽水试验·····	288
十、防氟井的验收与建档·····	292
十一、防氟井的监测及保护·····	292
第三节 治疗措施 ·····	294
一、减少机体对氟化物的吸收·····	295
二、促使氟从机体内排出·····	296
三、改善机体营养状态, 提高机体抗力·····	296
四、对症治疗·····	300
五、外科疗法·····	300
六、中医药治疗·····	300
第八章 氟化物的含量测定 ·····	302
第一节 氟化物含量测定方法的原理概述 ·····	302
一、间接比色法·····	303
二、直接比色法·····	304

三、氟化物与干扰物质的分离	308
四、氟电极法	309
第二节 水中氟化物的测定	315
一、水样的采集与保存	316
二、测定方法	317
第三节 土壤和岩石中氟化物的测定	329
一、岩石和土壤样品的采集与保存	329
二、土壤中水溶性氟的测定方法	330
三、土壤和岩石中全氟的测定	332
第四节 食品中氟化物的测定	341
一、样品的采集与保存	341
二、测定方法	342
第五节 尿和血中氟化物的测定	354
一、样品的采集与保存	355
二、尿中氟化物的测定	357
三、血中氟化物的测定	365
第六节 空气中氟化物的测定	366
一、空气样品的采集	366
二、测定方法	367
第七节 粪便中氟化物的测定	371
第八节 肉和组织脏器中氟化物的测定	374
第九节 骨中氟化物的测定	376
第十节 人发中氟化物的测定	378
附：用AIF分子吸收光谱测量微量氟的方法简介	381
附 录	383
主要参考文献	398

第一章 氟的有关基础知识

第一节 氟的特性和用途

一、氟的发现史

氟化物的存在早已被人们所知道。1768年德国化学家 Marggraf 记述了一种能腐蚀玻璃的酸，这就是“氢氟酸”。1771年瑞典化学家 Scheele 研究了这种酸，确认里面存在着一种新元素。1810年英国化学家 Davy 把这个没有见过面的元素定名为“氟”。还有人对氟的性质作了预测。

1886年，法国化学家 Moissan 分离氟元素的实验终于成功。他用干燥的氟化钾溶于无水的氢氟酸制成溶液作为电解液，在一铂制U形管中以两片铂铱合金作电极装入管内，上用萤石螺旋盖盖住，用虫胶封好，然后用氯化甲烷冷却至 -23°C ，通电后，在阴极得到氢，在阳极得到气态氟。曾用硅试验，它在氟气中燃烧，证明确实是氟。

氟的分离成功，距今已接近一百年了。直到现在，工业制取氟基本上还是采用 Moissan 的办法。

二、氟和氟化物的特性

氟在元素周期表中为第9号元素，是第二周期第七族主

族元素。原子量为19，原子半径为0.717 Å。负1价的氟离子半径为1.36 Å，正7价的氟离子半径为0.07 Å，范德瓦耳斯半径为1.35 Å。电子亲和势为 3.339 ± 0.005 电子伏特。氟原子有7个价电子，其价电子层结构为 $2S^2 2P^5$ 。熔点为 -219.62°C ，沸点为 -188.14°C ，密度为0.001580克/厘米³〔气(20°C)〕。氟只有 ^{18}F 一种同位素，半衰期很短，只有112分钟（见图 I-1）。

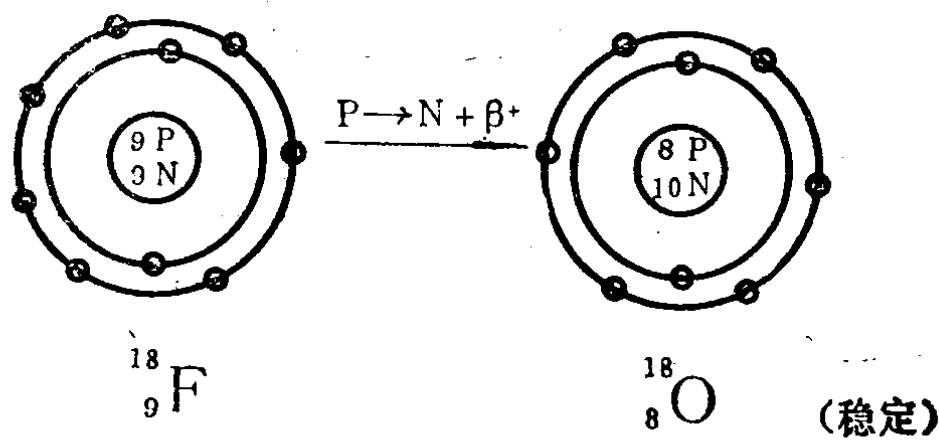
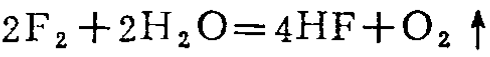


图 I-1 氟的衰变

常态下，氟为无色，厚层时呈淡黄色，具有剧毒和强烈的刺激作用，氟在空气中会很快变成氟化氢，在通常的条件下，氟的毒性作用与氟化氢相似。

氟易溶于有机溶剂，遇水则猛烈作用，放出氧气生成氟化氢，而氟化氢可以以任意的比例溶于水。其反应为：



氟化氢的水溶液叫氢氟酸，氢氟酸接触皮肤会引起剧烈的疼痛，造成难以治愈的烧伤。

在所有元素中，氟是电负性最强、化学性质最活泼的一种非金属元素，几乎与所有的元素都能发生作用。因为氟原子特别小，外层电子受到核的引力强，因此氟在其化合物中