

# 切尔诺贝利核事故时稳定碘的服用及各国对策

郭秋菊

对公众的保护是核事故应急计划的重要组成部分。在伴有放射性碘( $^{131}\text{I}$ 、 $^{133}\text{I}$ 、 $^{132}\text{I}$ 等)释放的核事故时,稳定碘的服用是一种有效的保护公众的措施,其目的是减少和防止核设施周边居民的甲状腺内照射剂量。稳定碘(KI、 $\text{KIO}_3$ 等)一般多是事故前或事故发生后立即发放给核设施周边的居民,在必要时通知其服用<sup>[1,2]</sup>。

1986年4月26日发生的切尔诺贝利核电站4号堆堆芯爆炸事故是有史以来最严重的恶性核事故,引起了以欧洲为中心的全世界人民的关注,特别是在波兰发生的16岁以下的公民对稳定碘的服用更是格外引人注目。因核事故而引起的周边居民对稳定碘的服用这在核电30年的历史还是第1次。1979年美国三哩岛核电站发生核事故时,美国食品药品监督管理局(FDA)曾对稳定碘(KI水溶液)进行了调拨,并运送到了事故现场,但最后还是听从了宾夕法尼亚州知事的判断,没有把已准备好的制剂向一般公众发放。

本文主要介绍切尔诺贝利核事故后,前苏联及周边国家在稳定碘的发放及服用上政府所采取的有关措施、对策及当时公众的社会反应,并希望通过对各国稳定碘使用计划现状的介绍及对现存问题的阐述为我国同领域人士提供参考。

## 一、前苏联及周边国家所采取的措施

### 1. 前苏联

前苏联是继美国、法国之后的第三核电大国,且一直奉行自主开发的方针。虽然没有明确的资料证实其在核事故应急体制中存在有以一般公众为对象的稳定碘的储备这一环节,但从本次核事故应急医疗救援活动有关的报告中可以推测,以核电站工作人员和周边公众为对象的稳定碘是有所准备的<sup>[3,4]</sup>。对核电站工作人员的稳定碘的发放是在事故发生后1.5h,因急性放射病和烧伤而被收住院的重症患者们在事故后的4d内均服用了稳定碘(KI:250mg)。

距离事故发生现场最近的一个有4.5万人口的城镇,事故发生6h后向全体住户发放了稳定碘制剂。对30km以内的9.0万居民的发放是于事故发生后的2d完成的。当时对这些居民的劝告是在服用碘制剂的同时进行撤离。碘制剂的服用方法是1日1片,一直服用到5月6日。在撤离的13.5万居民中,有2000人是孕妇,这些孕妇没有服用碘制剂。

这次公众对稳定碘的服用行动,除了防止甲状腺受照剂量之外,使公众安心,对社会心理效应的考虑也可以说是行

政当局采取此措施的目的之一。有关这次服用稳定碘的副作用,有的报道称发生了轻度的碘过敏症,但需入院治疗的重症患者未见发生。这仅限于短期的观察,而服用稳定碘的副作用的定量评价尚需长期的跟踪随访调查。

### 2. 波兰

波兰是在这次事故发生后唯一的对全国公众发放稳定碘的国家,故在此值得着重详细地介绍。4月29日,行政当局首先发出了对波兰北部及中部的11个县(波兰全国的行政区域由47个县构成)的16岁以下的儿童实行发放稳定碘的劝告。之后,并考虑到对整个社会心理效应的影响,这一劝告在全国范围内也适用。此次发放的稳定碘是碘的水溶液'Lugol' (每100g水中溶解无机碘1g, KI 2g)。这种碘溶液是在各县的中央药局或医院进行紧急配制,之后发到全国各地。服用量:1岁以下的婴幼儿为15mg(调配的碘制剂一滴含有碘1mg);2~6岁为30mg;7~16岁为60mg。服用对象:16岁以下的儿童,全国约有1000万,据推测,实际服用率占此人口的98%以上。

应该注意到,这次对公众实行的稳定碘发放,是行政当局迫不得已作出的决定。因为对服用稳定碘的利弊进行定量分析的资料和时间不足,同时也未从前苏联方面得到任何有关事故情报。据事故后推算的甲状腺受照剂量全国平均为1~10mSv,严重污染地区的最高值在100~200mSv之间。根据IAEA安全丛书115号<sup>[5]</sup>,稳定碘预防的通用的优化干预水平为100mSv。由此来看,虽然没有必要在全国范围内实施稳定碘的服用,但是此次行动对严重污染地区来说是非常必要且及时的。

稳定碘的主要副作用是碘过敏症。根据波兰卫生部统计,在服碘的人群中只出现几例碘过敏症,主要表现是轻度的发红、皮疹等一过性反应,没有发生需要治疗的病例。现在,由卫生部组成的政府特委会正在就辐射的远后效应和有关服用稳定碘的影响在全国范围内实施跟踪调查。

### 3. 瑞典

瑞典现在是世界上唯一的作为核事故应急对策将稳定碘事前发放给核设施周边居民的国家。人们对由国家对公众实施稳定碘发放异议颇多,特别是电力公司认为没有必要这样做。稳定碘的发放于1981年、1983年分两次完成。发放对象是核电站应急计划区(15km)内的共计3万户居民。稳定碘制剂20片(每片含KI 200mg),连同说明书一起以邮寄形式发放。服用说明中指出:在警报发布的同时,1岁以上服1片,1岁未服半片。在副作用栏内还写有碘过敏症以及疾病治疗中的患者要注意的问题等。这次事故发生后,行

政当局(国立辐射防护研究所,隶属卫生部)通过电视,收音机广播反复多次宣传没有必要服用稳定碘制剂,但人们仍有议论和不安,而核电站周围事前发放了碘制剂的地区的居民表现比较平静。由此可见,日常对公众进行的核安全知识的宣传与普及工作,是核事故应急时保持公众配合的关键。

在斯德哥尔摩的 Carolisica 医院,事故后对在欧洲旅行的游客进行了甲状腺中<sup>131</sup>I 含量和<sup>134</sup>Cs-<sup>137</sup>Cs 的体内含量的测量。其中,在波兰旅行的 30 人当中,事前服用了稳定碘的 12 人的<sup>131</sup>I 的平均摄取量为 2.0 kBq,而事前没有服用稳定碘的 18 人的平均摄取量为 4.1 kBq。

#### 4. 芬兰

芬兰目前正在运行的核反应堆有 4 座,其中前苏联制造的 PWR 2 座,瑞典制造的 BWR 2 座,发电总容量为 230 万 kW,占全国总发电量的 40%。稳定碘储备是核事故应急计划中的重要环节,以核设施周边的居民(约 10 000~20 000 人口)为对象的稳定碘制剂(KI,每片 200 mg)储备在核电站附近的保健所和医院里,事故时人们各自到储备场所前来领取,并规定在服用的同时,必须进行撤离。稳定碘的服用判断基准没有明确规定,提出在核事故发生时参考 ICRP,IAEA 等国际组织的劝告,依具体情况而决定。

此次切尔诺贝利核事故时,行政当局没有下达稳定碘的服用指示,但提到在距切尔诺贝利 500 km 以内的地区旅行的游客,事前服用 200 mg KI 1 片。

#### 5. 西德

在西德,全国范围内没有形成统一的认识,但是一般认为,当有可能导致辐射照射和放射性污染的核事故发生时,对于核设施周围的居民来说,首先应采取的措施是撤离,服用稳定碘在其次。这一共识在切尔诺贝利核事故发生前后没有改变。

稳定碘在核设施周围的药店里日常均有储备,其服用的决定是由各州的救灾对策中心下达。服用基准(干预水平)为:甲状腺的预期剂量为 0.25 Sv(25 rem)以下时没有必要服用;0.25~1.0 Sv 时依具体情况而定;在 1.0 Sv 以上时才有服用必要。西德的稳定碘制剂 KI 每片为 100 mg,成人首次服用 2 片,之后根据需要每 8 h 服 1 片,总量为 10 片;体重 40 kg 以下的儿童首次为 1 片,之后每 8 h 1/2 片,总量为 5 片;体重 20 kg 的幼儿,每日 1/2 片,总量为 2 片。

此次切尔诺贝利核事故发生后,各州政府将联邦政府关于没有必要服用稳定碘的通告通过电视、广播进行了宣传,同时,各州政府均没有实施稳定碘的发放。

#### 二、稳定碘使用计划的现状

据有关资料报道<sup>[6]</sup>,现将拥有核电站的一些国家的稳定碘储备现状列于表 1。一般来说拥有核电站的一些国家都有以周边居民为对象的稳定碘储备,其使用计划大致可以分为两类:其一是事前将稳定碘制剂储备在核电站附近的指定场所,一旦有事故发生,根据具体情况发放给周边居民;其二是事前将一定量的稳定碘制剂发放给周边居民。目前前者占绝大多数,而在全国规模内实行事前发放碘的只有瑞典一个

国家。和西德一样,在美国也是中央联邦政府仅是颁发基本方针和劝告,稳定碘使用计划的实施等完全服从于州政府的判断。美国联邦应急管理局(FEMA)在其所颁发的有关稳定碘使用计划的联邦法规(1985)<sup>[7]</sup>中指出,以一般公众为对象的稳定碘的事前发放和储备是没有必要的,但是,有必要以事故救援人员和各种设施(例如医院,老人之家,监狱等)的收容者为对象进行稳定碘储备。但这仅是国家的法规,具体地贯彻实施则完全听从州政府的决策。因此我们可以理解,为什么在美国既有像田纳西州<sup>[8]</sup>那样,事前对周边居民发放了稳定碘的州,又有很多完全没有储备稳定碘的州。

表 1 世界主要核电拥有国的稳定碘使用计划一览表

国别	储备场所	首次服用量(成人)
美国	核电站所在州的公共卫生部局 田纳西州对周边居民 3 500 户 事前发放(1981 年实施)	KI(130 mg)
英国	核设施周边的警察局	KIO <sub>3</sub> (170 mg × 2)
法国	地方政府(辐射防护中心)	KI(130 mg)
西德	核电站附近的药店	KI(100 mg × 2)
瑞典	4 处核电站周边 3 万户居民事前 发放(1981 年实施)	KI(200 mg)
芬兰	核电站周边的药店、医院	KI(200 mg)
日本	核电站所在县的保健所、医院	KI(50 mg × 2)

日本是世界上发展核电事业的后起之秀,目前有 52 座核反应堆正在运行,据 1997 年统计,全国核电占总发电量的 33%。在有关核事故时对一般公众的防护的国家法规<sup>[9]</sup>中,除明确了室内隐蔽及撤离的干预水平之外,同时就稳定碘的服用做了规定:“当由于环境中放射性碘的增加,构成了对核设施周围居民因甲状腺受照而引起危害发生的威胁的情况下,有必要考虑稳定碘的服用。为此必须建立稳定碘的发放体系,保障在必要时对周边居民及事故救援人员迅速、准确地发放”。依照此法规,拥有核电站的当地政府均在各自推动稳定碘储备计划实施。稳定碘的储备场所因地而异,多为各地区的保健所、公立医院及其他一些公立设施。储备量的标准为以距核电站 100 km 以内的居民为对象,每日 2 片(KI 150 mg × 2),约 7 d 的量。同时,在各核电站内,还储备着以核电站工作人员为对象的稳定碘。

#### 三、稳定碘使用计划中存在的问题

综上所述,虽然拥有核电的主要国家制订了以核设施周边居民为对象的稳定碘使用计划,但是,在对这些不特定多数的一般公众实施稳定碘的发放、服用等问题上,自始至终存在着颇多争议。根据 ICRP 40 号出版物<sup>[10]</sup>,核事故时稳定碘的服用基准,即干预水平,规定甲状腺的预期剂量为 5~50 mSv 以上。由于此基准的上下限之间相差 10 倍,使得人们在制订计划时必须根据本国的国情,同时兼顾政治,文化,经济等因素综合作出决策。此建议书出版 13 年之后,IAEA 安全丛书 115 号于 1997 年出台,其中明确规定:对稳定碘预

防的通用的优化干预水平值为放射性碘使甲状腺接受的 100 mGy 可防止的待积吸收剂量。相信此标准在今后各国的稳定碘使用计划制订过程中将起到重要的指导作用。

稳定碘使用计划的制订,在以科学为依据的基础上,还要充分考虑国情和文化背景的不同。以下问题尚需我们在制订计划时深入探讨:①判断有稳定碘服用必要的基准(干预水平)的设置;②明确颁发稳定碘服用通告的机构及责任者;③稳定碘发放体系的建立和发放培训,包括事故发生后,对稳定碘服用对象的迅速划分等;④对核电站周边居民进行稳定碘使用计划的日常宣传活动,保证相关知识的正确普及;⑤摆正稳定碘使用计划仅是应急对策诸措施中的一环的关系,保障室内隐蔽,撤离等措施的兼顾。值得一提的是,目前虽然存在着这种因国家、因地区的不同,稳定碘使用计划也不尽相同的现象,但是,已有迹象<sup>[11]</sup>表明,以切尔诺贝利事故为契机,人们对公众稳定碘使用的认识和观念正在发生改变。

### 参 考 文 献

1 National Council on Radiation Protection and Measurements. Protection of the thyroid gland in the event of release of radioiodine. NCRP report No. 55. 1997.

2 原子力安全研究协会·紧急时医疗调查专门委员会. 稳定碘使用手册, 1984.  
 3 International Atomic Energy Agency. Summary report on the post-accident review meeting on the Chernobyl accident. Safety Series No. 75-INSAG-1, Vienna, 1986.  
 4 Linnemann RE. Soviet medical response to the Chernobyl nuclear accident. JAMA, 1987, 258: 637-643.  
 5 International Atomic Energy Agency. IAEA 安全丛书 115 号. 1997.  
 6 原子力安全研究协会·紧急时医疗手册检讨委员会. 1986 年度紧急时医疗对策技术调查. 1987.  
 7 Federal Emergency Management Agency. Federal policy on distribution of potassium iodide around nuclear power sites for use as a thyroidal blocking agent. Fed Reg, 1985, 5(142).  
 8 Fowinkle EW. Predistribution of potassium iodide: the Tennessee experience. Public Health Rep. 1983, 98: 123-126.  
 9 原子力安全委员会. 关于核电站等周边的防灾对策. 1980.  
 10 ICRP. Protection of the public in the event of major radiation accidents: principles for planning. ICRP publication 40, 1984.  
 11 Jonathan Rabinovitz. States will receive drug for public use in nuclear mishaps. The New York Times, 1999-08-25(2).

(收稿日期: 1998-02-10)

## · 论文摘要 ·

### 呼和浩特市医用诊断 X 射线机 卫生防护情况调查

高新龙 邢保平 张建峰 孙志连

我们对呼和浩特市 60 家医疗卫生单位(包括个体医院) 76 台医用 X 射线机进行了调查与监测,现报告如下。

调查内容和方法:①医用诊断 X 射线机调查:包括 X 射线机台数、型号、出厂日期、容量、防护设施等项目。②X 射线机房面积测量。③X 射线机防护性能调查。采用 FJ-347A 型 X、γ 射线巡测仪,在 70 kV、3 mA 的测试条件下,监测立位透视防护区照射量率(立位 13 点)。④机房外环境辐射水平调查。采用 FJ-347A 型 X、γ 射线巡测仪,按卫生部 34 号令《医用 X 射线诊断放射卫生防护及影像质量保证管理规定》的附件《医用 X 射线诊断放射卫生防护监测方法》监测,评价摄片时操作室(台)机房及窗外的辐射水平。⑤监测条件与评价。按《医用诊断 X 射线卫生防护标准》(GB8279-87)中的规定执行。

结果:①机房面积:调查 60 间诊断 X 射线机房,根据(GB8279-87)标准要求,调查合格的有 28 间,合格率 46.67%。②立位透视防护情况:立位透视防护区测试平面照射量共测 988 点,超过国家规定标准限值( $1.29 \times 10^{-6} \text{C} \cdot$

$\text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) 有 166 点,超标率 16.80%。③摄片操作室(台)的空气比释动能率(K),以不超过  $300 \mu\text{Gy}/\text{h}$  为合格。76 台 X 射线机中有摄片检查的 52 台,合格的有 36 台,合格率 69.23%。④门窗的防护情况:透视机房门窗监测是在 70 kV、3 mA 条件下,用巡测仪测量机房门、窗外的辐射水平,低于  $5 \mu\text{Gy}/\text{h}$  为合格。摄片机房门窗监测是在 80 kV、30 mA、5 s 条件下,用巡测仪测量机房门、窗外的辐射水平,低于  $30 \mu\text{Gy}/\text{h}$  为合格。共测 60 间 X 射线机房门、窗外的辐射水平合格的只有 23 间,合格率 38.33%。

讨论:①X 射线机房面积:本次调查机房面积合格率仅为 46.67%,不合格主要是面积偏小。②X 射线机的防护性能:立位透视防护区测试平面照射量率合格率为 83.20%。少部分比较陈旧的 X 射线机不符合要求。不合格主要与防咳嗽板铅当量不足,铅挂帘较窄有关。③摄片操作室(台)、门窗防护情况:本次调查摄片时操作室(台)、门窗照射量率合格率都较低,没有达到 50%。许多单位对操作室(台)、门窗防护重视不够,操作室防护墙铅当量不足。

(收稿日期: 1999-07-06)

作者单位: 010020 内蒙古自治区,呼和浩特市卫生防疫站