

巴西戈亚尼亚¹³⁷Cs源事故

北京放射医学研究所 纪刚综述 叶常青审

摘要:发生于1987年的巴西铯源事故是最大的一起造成人体损伤及环境污染的开放型放射源丢失事故,本文根据1987~1991年间发表的论文,介绍该次事故的概况、应急医学处理及控制放射性污染的经验。

事故概况

在1986年,原苏联切尔诺贝利核电站事故后,另一起震惊世界的辐射事故是1987年发生在巴西中部Gias州的首府戈亚尼亚(Goiania,下简称戈市)的铯源丢失事故。9月13日两名年轻人从一家私人诊所偷走一台¹³⁷Cs射线治疗机,该机装有活度为50.8 TBq,以CsCl压缩粉末形式封装在金属套内的¹³⁷Cs放射源。他们将破裂的机头卖给一名废品商。9月13~28日期间,放射源以多种形式传播开来,一些人将发荧光的CsCl粉末涂在身上,越来越多的人开始出现恶心、呕吐、腹泻和皮肤烧伤症状。在当事人直观地意识到其根源可能是那些蓝色的粉末后,该容器被送到公众医学管理部门,仪器测出尚有4.5 TBq强活度放射性物质^[1~3]。

9月29日,巴西核能委员会(CNEN)和戈市政府接到报告后,组成了一个应急机构,采取了覆盖、屏蔽辐射源和控制放射性物质传播的措施;并以附近的奥林匹克体育馆为集结点和监测中心,分类诊断疑受照人员,对受污染的人员采取隔离和去污措施;同时监测环境,封锁污染地区,疏散居民。10月3日基本完成对污染的控制^[2~4]。

急性放射综合病征

至1987年年底,在总共监测的112 800人中,有129人受到体内、外污染,其中20人被送到戈市总医院,17人呈骨髓损伤,8人发展成急性放射综合病征(ARS),最重的10

名病人被送到里约热内卢的海军医院^[1]。

临床症状和血相的变化是治疗ARS病人的主要依据。由于入院时间是照后15天,所以淋巴细胞计数已不适用于剂量估算,且病人文化水平较低难以准确地述说照后的前驱症状,所以临床剂量估计主要依据中性白细胞计数的变化。8名ARS病人的剂量下限值为2.5~5.5 Gy,上限值各高出0.5 Gy。由染色体畸变分析而估算的剂量值,其上下限值差在1.0~2.2 Gy。除2例外,其余6例染色体畸变估算的剂量以下限值相比,均比同例由临床症状而估算的剂量高1.0~2.2 Gy。有4例标本在美国做了分析,其数值均低于巴西分析的结果^[1]。需要指出的是:病人体内污染、受照剂量分布的不均匀性、慢性/急性两种不同的照射方式以及缺少理想的剂量效应曲线,都给染色体畸变分析的可靠性带来一定的影响^[1,5,6]。

基本的医疗措施有:1)入院隔离,不食生食;2)使用抗菌素,预防和治疗感染;3)若病人出血且血小板数小于 $60 \times 10^9/L$,则注入受照射(25 Gy)的红细胞和血小板^[1]。

6名病人服用了重组人体粒细胞-巨噬细胞促骨髓干细胞分化因子(rHu GM-CSF),剂量为每天 $500 \mu l/m^2$ 体表面积,此药含促进体外培养的骨髓细胞成熟、向粒细胞或单核巨噬细胞分化的糖蛋白,能帮助骨髓生成白细胞^[1,7]。由于GM-CSF是在白细胞数已降到最低点时(小于 $1 \times 10^9/L$ 后1~10天)使用的,因而很难估计药物疗效。有5名病人于治疗后2~3天白细胞计数上

升。1名病人即废品商6岁的侄女在未确定疗效前死去。另外有3名病人(尽管其中1名病人的骨髓已明显恢复)也在照后4~5周因出血或感染而死亡。

皮肤损伤

28名病人受到不同程度的皮肤辐射烧伤,最严重的是皮肤直接接触放射源的病人。8名ARS病人的平均皮肤剂量率在 $0.01 \sim 2.5 \text{ mGy/h}$,灼伤严重的部位(热点)剂量率在 $0.06 \sim 15 \text{ mGy/h}$ 〔1〕。

在这些皮肤损伤病人中,I度损伤7人,于照后第2周出现红斑,以后伴有皮肤干燥、脱屑,估计阈剂量为 5 Gy ;II度损伤15人,先有早期红斑,约经10天的潜伏期,又出现第二次红斑并发展成水疱,愈合过程较慢,留有非薄的萎缩皮肤,触觉和热敏感性有变化,疼痛,估计剂量范围在 $12 \sim 20 \text{ Gy}$;III度损伤6人,病程发展快,各期缩短甚至消失,疼痛症状突出,创面一般有坏死。一名病人损伤的右前臂截肢。III度损伤的阈剂量为 25 Gy 。

对只出现脱屑性皮炎、浅表溃疡或局部炎症反应的病人用保守疗法。有深部溃疡或坏死者则施以外科疗法。在发生水疱及溃疡时,使用吗啡诱导剂止疼,最初用防腐、抗炎、止疼溶剂反复冲洗创面。水疱破裂时,敷抗菌素软膏。对严重的水疱做手术引流、导液。深度损伤或坏死创面在清创面后植皮片。对难以处理的病人定期进行心理治疗。

I度损伤病人恢复良好且无后遗症;II度损伤愈合尚可,但伴有脱毛,色素沉着;III度损伤特别是手掌损伤,由于关节强直而在肢端出现一种特有的爪形。一些病人在照后6个月出现血管内皮危象,表现为短暂性红斑并伴有剧痛和水肿,最后形成溃疡〔8〕。

由于不能提供确切的受照情形,加上是可溶性放射物的散失,所以难以估计皮肤损伤部位的受照剂量。

内污染

病人的体内污染主要来自食入,最初的分类普查方法是测定尿样中 ^{137}Cs 的排出量。为估算摄入量,建立了年龄相关代谢模型。有87人 ^{137}Cs 摄入量大于 10 kBq ,活性水平在 10^4 , 10^5 , 10^6 , 10^7 , 10^8 和 10^9 Bq 的人数依次为11人、16人、33人、21人、5人和1人。废品商的侄女将铯粉涂在身上并用污染的手拿食品吃,其内污染水平最高为 1 GBq 。

1987年11月,在戈市总医院建了一台现场使用的全身计数器,至1988年2月共测量了600多人〔9〕。

本次事故用铁氰化钾(又称普鲁士兰)去除体内意外摄入的Cs,其效果依据粪/尿活度比来估计。对一名污染较轻且没有服用普鲁士兰病人的观察,正常的排泄方式是全身吸收的Cs 80%通过尿排出,其余通过粪便排出。服用普鲁士兰后,Cs通过粪便排泄的量增加,而尿排没有明显变化。服用药量取决于年龄和污染程度,10岁以下儿童最大剂量为 3 g/天 ,成年人可达 10 g/天 〔9〕。

例如,有1名成人在摄入 ^{137}Cs 后45天内,每天服用普鲁士兰 6 g ,粪/尿活度比明显增加,后由于健康原因停药20天,此期间,粪排出下降,与正常值大致相同,至第65天又恢复 6 g/天 的用量,直到第105天病人出院,此时粪/尿活度比值又显示出普鲁士兰的疗效有新的增长,表明它在摄入后很长的一段时间内仍然有效〔9〕。

由于个体差异和每日饮食的不同,粪/尿活度比会有较大的波动,因而可用统计相关性较好的全身计数实测数据来估算 ^{137}Cs 生物半排期,并评价普鲁士兰的疗效。每天服用 3 g ,生物半排期没有实质性减少; 6 g/天 时,半排期明显缩短,是药物的有效阈剂量; 10 g/天 时,疗效显著,成年男性组的半排期为未给药的50%〔9,8〕。

环境污染的控制

环境监测结果发现,污染严重的地区有8处,其中放射源拆卸处剂量率最高为 $1.1\sim 1.3\text{Gy/h}$.对待积剂量当量高于 3mSv 地区的居民采取疏散措施,警戒剂量率高于 $10\mu\text{Gy/h}$ 的地区^[2].另一个污染途径是堆放在废品商院子里的废纸,监测组封存了8堆测出有污染的废纸,但有些已被工厂再回收并制成各种纸制商品出售.由于事故发生在该地区的雨季,散落在露天的 CsCl 源极易溶于水并进入深达 $5\sim 100\text{cm}$ 的土层,产生了大量的放射性废土.污染严重的地点测出动物粪便的剂量率达 50mGy/h ,对有污染的动物立即进行宰杀和去污.监测城市水源时,发现一口受到污染的水井.在一名教师的钱包中发现4张有污染的纸币(每张 0.8mGy/h),这迫使银行对纸币进行污染检查和控制.戈市政府在外界压力下,不得不对部分商品做污染检查,必要时还给出口商品开出无污染证明^[4,2].

去污工作从10月中旬全面展开,除有专家、技术人员和军人参加外,一家建筑公司承包了大部分工程,包括拆毁污染区的建筑物,搬走地面上的污染物体,移去或修剪植物,挖走地表土层(最深 100cm),并用干净的沙土或水泥回填.为减少放射性尘土在空气中的传播,使用了消防喷撒车,同时应急组织提供大量的防护用具,并负责去污行动的剂量控制.至1987年12月,去污工作基本完成,原污染区除保留一小块实验区外,其余都已向公众开放,并保证原污染区50米内居民的剂量当量小于 3mSv/年 ^[2,4].

在720名参加去污工作人员中,有17人个人受照剂量当量超过 10mSv ,最高为 15.8mSv ,585人小于 2mSv .内污染检查表明,133人中有32例超过全身计数器的探测限(200Bq),50年待积剂量当量最大为 0.3mSv ^[2].

本次事故共产生了3000多立方米的放射性废弃物,在距戈市20公里设置一个临时堆放站,用了数千个容器存放这些废弃物,并采取了有效措施防止放射物的渗漏^[2,4].

结 语

为处理铯源事故,除巴西本国直接参加外,IAEA及各国专家和志愿人员提供了援助.事故造成的经济损失和带来的社会负担是巨大的,其特殊性给医学处理和控制污染带来一定困难,总结其特点有以下几方面:

1) ARS病人的死亡原因主要是出血和感染.对于体内有放射性污染的病人不能进行骨髓移植,但GM-CSF对提高白细胞计数有一定的帮助.

2) 处理皮肤辐射损伤除用药物治疗外,还需做必要的外科手术切除坏死组织.

3) 巴西首次使用普鲁士兰取得了很好的代谢数据,这是世界上其它事故处理所不及的,这方面的经验对于将来可能发生的铯污染事故有重大的意义.

4) 事故产生的心理影响不仅表现在对患者,而且对公众、新闻媒介乃至政府都有一定的影响,甚至辐射防护专业人员在事故处理过程中都曾有过焦虑和惧怕心理.

5) 放射性物质可通过多种途径传播,对环境污染的监测和清除需做大量的工作.

参考文献

- 1 Valverde NJ et al. In: Ricks RC, Fry SA eds. Proceedings of the second international REAC/TS Conference on the medical basis for radiation accident preparedness, Oak Ridge, 1988, New York: Elsevier, 1990:89-107
- 2 Oberhofer M et al. International conference on radiation protection in nuclear energy. The radiological accident at Goiania, IAEA-CN-51, Sydney, 1988
- 3 Croft JR. Medical response to effects of

- ionising radiation. England; Elsevier, 1989; 83-101
- 4 Alves RN et al. In: Ricks RC, eds. Proceedings of the second international REAC/TS conference on the medical basis for radiation accident preparedness, Oak Ridge, 1988, New York; Elsevier, 1990; 271-279
- 5 Ramalho AT et al. Mutat Res, 1991; 252: 157-160
- 6 de Campos IMA et al. Radiat Prot Dosim 1990; 30 (1): 33-36
- 7 Butturini A et al. Lancet, 1988, 2: 471-475
- 8 Oliveira AR et al. In: Ricks RC, Fry SA eds. Proceedings of the second international REAC/TS conference on the medical basis for radiation accident preparedness, Oak Ridge, 1988, New York; Elsevier, 1990; 173-181
- 9 Bertelli L et al. In: Ricks RC, Fry SA eds. Proceedings of the second international REAC/TS conference on the medical basis for radiation accident preparedness, Oak Ridge, 1988, New York; Elsevier, 1990; 243-251

对曼哈顿计划钚工作者42年随访

Voelz GL et al

摘 要: 本文报道了在第二次世界大战期间, 曼哈顿计划中钚工作者26例42年的随访结果。1987年做了全面的医学检查及剂量估算, 未见死亡数增加。3例死于肺癌(均有吸烟史), 仍在预期值之中。1例死于骨肉瘤, 是钚受照人员的首例报告。发生在骶骨、非骨肉瘤的好发部位, 潜伏期43年, 其体内钚沉积量为560Bq (15nCi), 骨表面剂量比辐射防护标准要低。

Voelz等对1944~1945年第二次世界大战期间从事第一个原子弹制造的曼哈顿计划中钚工作者26例的健康状况作了第四次系统报道。对这一组特殊人群进行长期的医学监督, 并估算其体内钚的沉积量及医学资料与已知的剂量学模式、放射生物学资料及钚工作者流行病学资料加以比较。1986~1987年存活22例都回到Los Alamos做医学检查及钚体内量估算。1987年以来又有3例死亡。

26例钚体内沉积量, 1987年估算为52~3180Bq (1.4~86nCi), 为当时防护标准1480Bq (40nCi) 的5~200%。医学诊断无特殊性。死亡率用SMR (标化死亡率) 与美国白人比较, 结果照射组小于非照射组。对7例死亡病例其死亡时体内沉积量与存活期间估算最大值相比较, 从110Bq (3nCi, 例13) 到6960Bq (188nCi, 例3), 中值为980Bq (26.5nCi), 而1987年估算中值为500Bq

(13.5nCi)。比较表明, 钚在体内沉积平均半滞留期在血循环及肾中约40年, 与ICRP 1986年推荐的肝20年, 骨50年相一致。

该文讨论认为, 本组病例全死因死亡率小于美国的期望值, 而“健康工人效应”(Healthy worker effect) 持续了42年, 结论是: 钚照射人员死亡数在照后42年未见增加。肺癌是常见的恶性疾患, 与白人男性的期望值一样。26例44年有3例肺癌, 发病率是较高的, 但仍在预期之中。3例肺癌皆有吸烟史, 吸烟增加钚吸入者多少危险尚难定论, 但肺癌的增升危险未在钚职业照射的工人身上表现出来。例20死于骶骨骨肉瘤, 这是钚照射人员的首例报告。骨癌的发生在人是较低的, 26例经40多年观察仅见1例, 且发生在骶骨非骨肉瘤之好发部位。从照射到出现骨肉瘤为43年。故对具有半效应时间长的 α 核素的随访时间是很重要的。该