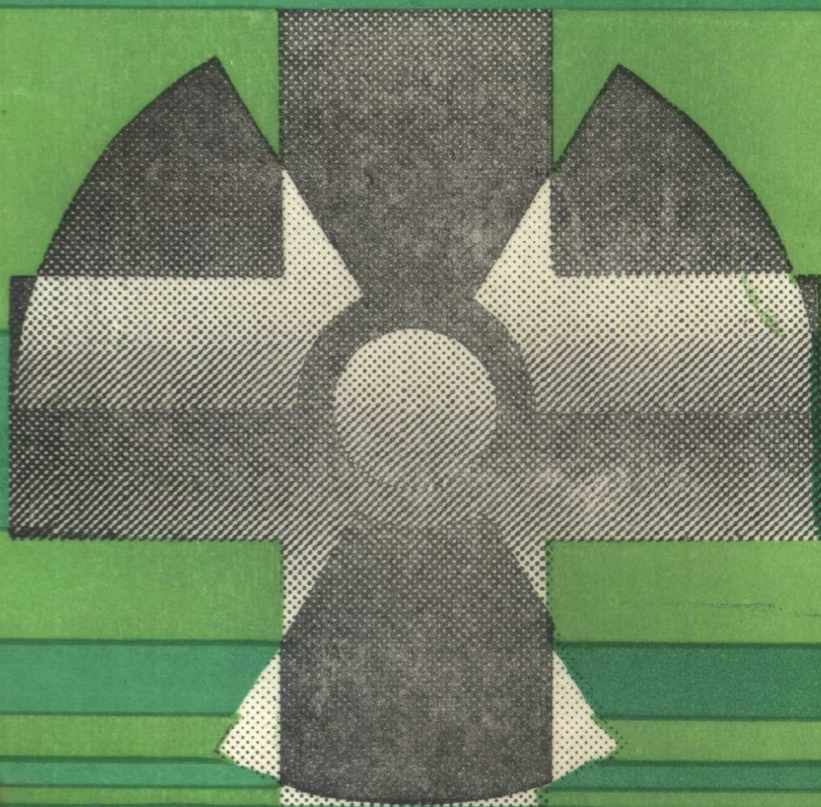
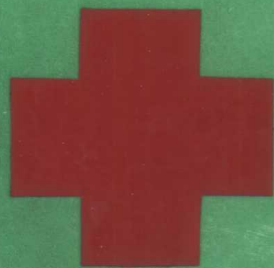


过量受照人员临床医学

孙世则 主编



原子能出版社

过量受照人员临床医学

孙世则 主编

原子能出版社

内 容 简 介

本书是一本有关过量受照人员临床医学的专业参考书。它收集了我国核工业生产30多年来积累的有关放射性核素内污染、过量天然铀的摄入、皮肤放射损伤以及过量外照射的部分临床案例；介绍了我国核工业系统中在防治内照射放射损伤、放射性皮肤损伤及小剂量外照射辐射效应等方面的临床实践经验。书中提供的资料是十分宝贵的。

本书可供从事放射医学临床和科研工作者、辐射防护人员以及有关大专院校师生参考。

过量受照人员临床医学

孙世则 主编

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

原子能出版社印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行·新华书店经售

☆

开本787×1092 1/16·印张14·字数349千字

1989年5月北京第一版·1989年5月北京第一次印刷

印数1—1250

ISBN 7-5022-0178-5

R·12 定价：12.30元

《过量受照人员临床医学》编辑委员会

主 编 孙世则
 副主编 陈如松 魏 哲
 编 委 (按姓氏笔画顺序)
 马如维 白 光
 孙 竞 李延义
 吴 企 陈绍嘉
 杨景贤 武在炎
 范积雄 张仲仁
 赵福跃

* * * * *

审 阅 潘自强 李振平

* * * * *

作者名单 (按姓氏笔画顺序)

马如维	王鹤滨	王仕捷	王作发	王建权
王国权	王方能	王新永	方 军	邓志诚
白 光	白玉书	厉桂荣	孙世则	孙 竞
孙金锴	刘雁玲	刘宏才	刘伟华	刘美华
朱德安	朱日晖	朱震南	齐汝全	问清华
曲立斌	陈如松	陈宝林	陈伟中	陈 木
<u>陈培炎</u>	李延义	李 勇	李俊梅	李爱筠
李金榜	吴 企	吴征汉	吴德强	余耀仙
杜桂琴	肖宝鑑	乌家美	苏 鲁	周永增
周剑影	周 亮	周兆美	杨景贤	金晓娟
武在炎	孟庆璋	范积雄	张仲仁	张普群
张学英	张碧群	张风阁	赵凝芬	赵福跃
郝铸仁	郝文昇	郝 甦	夏益华	顾 红
袁志强	袁良承	郭东君	唐寿春	高鑫岭
高晓东	高保文	黄 琪	谢广泰	傅以新
樊跃国	滕建华	蔡智杰	霍香兰	魏 哲

序

《过量受照人员临床医学》一书出版了。这是核工业医疗卫生保健工作中的一项重要成果。为此，我们表示祝贺。

核工业创建初期，我们有幸参加了核工业中的防护、医疗、卫生保健等工作的组织领导工作。在党和国家的重视下，在卫生部等部委和有关省、自治区、直辖市以及军队的有关部门的大协同下，核工业放射医学从无到有，迅速发展起来。经过30多年的努力，我国核工业医疗卫生保健体系建立起来了，并在防治辐射危害方面取得了明显成绩。对此，我们感到欣慰。

核工业组建放射医学工作从一开始就重视了医疗、教学、科研三位一体的建设，把辐射损伤的预防、诊断、治疗和辐射损伤机理的研究列为核工业放射医学的主要任务。同时，也注意到发挥医疗卫生、工程技术、企业管理诸方面相结合的综合优势，重视核安全的宣传教育，消除核恐惧心理，坚持“预防为主”的方针，大力加强辐射防护工作，这既确保了放射工作人员的安全，又使他们能够正确对待辐射危害，从而有效地促进了核工业的发展。经历了30多个春秋的核工业放射医学工作积累了大量宝贵的资料。为从中获取规律性的认识，核工业有关主管部门特组织有关医疗、教学、科研单位的专家、教授编写了这本《过量受照人员临床医学》。这是我国从事放射医学的临床研究、实验人员和核工业所属各单位职业危害防治人员辛勤劳动的成果；是我国在防治放射性核素内污染、放射性皮肤损伤、小剂量外照射辐射效应实践经验的总结。本书中提供的资料是难得的。它的出版无疑将会对我国核工业医疗卫生保健、放射医学的研究和发展起到积极的推动作用。

希望我国从事放射医学工作的广大医疗、教学、科研人员继续努力，在核能开发和核技术应用中为发展我国核工业医疗卫生保健事业、放射医学研究作出新贡献。

钱信忠

钱三强

1988. 4

前 言

中国核工业创建于1955年。核工业的创建与发展，是中国社会主义现代化建设的一项重大成就。它标志着中国科学技术和工业水平有了很大的进步和提高。中国已跻身于世界核先进国家之列，是当今世界少数几个拥有核武器和比较完整的核科技工业体系的国家之一。

中国核工业已经有30多年的历史，它取得了举世瞩目的成就。那么在核工业战线接触辐射的工作人员的健康状况受到了哪些损害？严重程度如何？在防治辐射危害方面有什么经验？有哪些成就？还存在哪些问题？这些问题在国内外，在各级领导和广大公众中都引起了深切的关注。

编写《过量受照人员临床医学》一书的目的就是想历史地系统地回顾和总结30多年核工业生产、科研环节中出现过的过量受照人员的基本情况以及临床诊断、医学处理等方面的史实和经验。在本书编写的过程中，有少数案例虽未超过剂量当量限值，但有一定的学术价值并可供后人借鉴的，也一并予以收集。

本书根据核工业“过量受照”的实际情况，将所收集的资料分为四章：第一章放射核素内污染医学处理；第二章过量天然铀摄入人体的临床；第三章放射性皮肤损伤；第四章过量外照射临床案例。每章除介绍各种案例外，还对放射损伤特点，主要临床诊治经验及存在问题分别进行了阐述和讨论。这些资料使我们清楚地看到，30多年来，我国核工业系统中除发生了一些急性皮肤放射损伤，放射性核素内污染和一例急性铀中毒外，没有发生过外照射急、慢性放射病，对内照射剂量与效应的较长期观察，也未发现致癌、致畸的案例。多次大规模的现场调查说明，在现有的防护条件和保健条件下，从事放射性工作人员的健康状况是好的和比较好的。

30多年来，核工业系统组织了各方面专业人员，从临床、现场调查研究和实验研究等方面对核工业辐射危害防治进行了大量的比较广泛深入的工作，取得了明显的成就。核工业涉及地质勘探、矿山开采、冶金化工、电子机械、建筑安装等行业。因此，核工业的职业危害是多种多样的。调查表明，职业病的发病率以矽肺为最高，化学毒物中毒次之，而辐射危害所占比例最小。所以核工业职业危害的防治，既要重视辐射危害，也要重视非辐射的职业危害。辐射危害的几率和程度与辐射剂量有着密切的关系。过照射量受照人员易于引起重视，受到定期或不定期的医学监督；但是对于小剂量辐射所致个体和群体的危害仍不能十分肯定。因此，对在正常生产情况下接触射线的工作人员需要进行长期的追踪观察。核工业辐射危害的科学研究和防治工作要根据这个基本情况研究方针、确定方向、设计课题、开展工作。既要有对付突然核事故的应急能力，又要有长期追踪探索辐射危害的技术贮备。显然，这项工作不是哪一个专业单独就能完成的，它有赖于医学、生物、物理和化学等多学科的发展和配合。除此而外，凡有关辐射危害的医疗、教学和科学研究工作也应该与相近专业开展横向联合，积极兼容，互相补充，以求不断提高防治水平，更好地为核工业生产建设服务，为保障核工业战线广大职工健康服务。

本书编写过程中，得到部内外各有关方面领导、专家的指导和帮助，钱信忠、钱三强同志特地为本书作序。在此向所有关心、支持和帮助本书工作的同志表示衷心的感谢。由于我们水平有限，经验不足，书中难免有缺点和不妥之处，诚恳欢迎读者批评指正。

编 者 1988. 6

目 录

序.....钱信忠 钱三强

前 言

第一章 放射性核素内污染医学处理..... 1

一、单一放射性核素内污染..... 1

(一) $^{238}\text{PuO}_2$ 内污染: 医学处理和随访观察..... 1

(二) $^{239}\text{PuO}_2$ 内污染: 案例报告..... 6

(三) $^{239}\text{PuO}_2$ 内污染: 医学追踪观察..... 10

(四) 过量吸入硝酸钚的医学观察..... 14

(五) 草酸钚内污染的医学处理..... 17

(六) 吸入多种钚化合物的医学观察和促排治疗..... 19

(七) ^{241}Am 内污染的剂量估算和医学处理..... 26

(八) ^{137}Cs 内污染者的医学观察和医学处理..... 33

(九) ^{210}Po 内污染案例: 剂量估算和医学处理..... 39

(十) 钚内污染人员剂量估算和医学观察..... 47

二、多种放射性核素混合内污染..... 51

(一) 1例 ^{239}Pu 及裂变核素内污染案例的剂量估算和医学处理..... 51

(二) 6例反应堆元件烧结处理受照者的医学观察..... 67

三、创伤合并放射性核素内污染..... 76

(一) 大量钚伤口污染案例的医学处理及随访观察..... 76

(二) 钚创伤污染: 医学处理及随访观察..... 91

(三) 手掌伤口氧化钚污染的医学处理..... 101

(四) 面部伤口氧化钚内污染案例报告..... 108

四、放射性核素人体内污染专题讨论..... 112

第二章 过量天然铀摄入人体的临床..... 122

一、可溶性铀化合物过量摄入引起急性铀中毒案例..... 122

(一) 1例急性铀中毒的早期医学观察与处理..... 122

(二) 1例急性铀中毒的13年医学随访观察..... 126

二、难溶性铀化合物内污染案例..... 133

(一) 1例急性吸入重铀酸铵内污染案例的医学观察..... 133

(二) 1例急性吸入四氟化铀内污染案例的医学观察..... 135

三、临床案例资料专题讨论..... 139

第三章 放射性皮肤损伤..... 144

一、 β 射线皮肤损伤案例..... 144

(一) 混合裂变产物急性 β 射线皮肤损伤5案例..... 144

(二) 制作 ^{90}Sr 源时引起急性 β 射线皮肤损伤1案例..... 158

(三) 反应堆中子活化产物 ^{28}Al 致急性 β 射线皮肤损伤..... 159

(四) 反应堆一回路水污染皮肤致急性 β 射线损伤1案例..... 162

201997 / 12.302 / 190160 / 166100

(五) 1例反应堆元件烧结检修致急性 β 射线皮肤损伤报告	165
(六) 1例慢性放射性皮炎报告	166
二、电子束致皮肤损伤 案 例	168
(一) 电子束致左手急性皮肤 损 伤	168
(二) 静电加速器电子束致急性皮肤损伤伴全身X射线小剂量外照射 1 案例报告	169
三、放射性皮肤损伤专 题 讨 论	173
第四章 过量外照射临床 案 例	184
一、累积剂量当量大于1.0Sv的23名过量受照人员的医学观 察	184
二、核工业中过量外照射效应临床资 料 讨 论	194
参加工作的人员名单 (按姓氏笔画 顺 序)	200

第一章 放射性核素内污染医学处理

一、单一放射性核素内污染

(一) $^{238}\text{PuO}_2$ 内污染: 医学处理和随访观察

案例 L, 男性, 36岁, 助教, 从事放射工作12年。案例 **Z**, 男性, 42岁, 讲师, 从事放射工作19年。

污染经过

1977年12月17日, 某单位一实验室, 为调试仪器使用 $^{238}\text{PuO}_2$ 作低能X射线源, 临时安排 L 启封取源, Z 在旁协助。该源被密封在一圆柱形的不锈钢小瓶中, 瓶上附有说明: $^{238}\text{PuO}_2$ 粉末, 重量 25.9mg, 放射性活度为 $1.35 \times 10^{10} \text{ Bq}$ (365.4mCi)。L 在全开放式通风柜中启封, 启封前先通风15分钟, 关闭通风后 L 立即旋开盖子, 发现瓶内无东西, 此时 L 意识到25.9mg 的钚体积极小, 由于突然关闭通风有可能造成外界空气倒灌致使 $^{238}\text{PuO}_2$ 粉末飞扬到空气中去, 因而让 Z 立即取来 β - γ 探测仪, 测量证实通风柜内已被污染。L 脱去乳胶手套后测量发现手掌上亦有计数, 自认为发生了污染, 立即报警呼救。两人在现场停留时间约为30分钟。不仅造成了操作现场的污染, 而且致使 L 和 Z 的皮肤、头发、衣物也受到污染, 并吸入了一定量的 $^{238}\text{PuO}_2$ 。

早期医学处理措施

(1) L 和 Z 在其同事的协助下, 立即撤离现场。

(2) 脱去被污染衣物, 进行体表污染的测量, 并作详细记录。表 1.1 数据表明 L 的右手、工作服、头部有严重的污染; Z 的污染程度较 L 为轻。留取了必要的生物样品如鼻拭子、尿样, 以备监测。

表 1.1 体表污染测量结果* ($\text{Bq}/100\text{cm}^2 \cdot 2\pi$)

部 位	L	Z
右手指	1000~20000	<100
头右中部	1000	<1000
工作衣袖口	1000	1000
右鬓角	100~200	—
裤子大腿前部	—	<100
后颈项	<100	—
鼻拭子(双)	本 底	—
右耳	100	<100

* 用北京生产的通用三通 α 探头加铝膜测量, 探测效率18%。

(3) 体表去污染。反复多次淋浴, 以肥皂和乙二胺四乙酸 (EDTA) 溶液洗消, 直至

体表皮肤达到本底水平。L 头发污染严重，全部剃除。并采取了清洗鼻腔、口腔含漱等措施。

(4) 初期治疗措施。污染后 10 小时开始应用 20% 二乙三胺五乙酸钙钠盐 ($\text{CaNa}_3\text{-DTPA}$) 喷雾吸入 (吸入量为 20mg) 治疗，随后 5 小时又给予肌注 $\text{CaNa}_3\text{-DTPA}$ 0.5 克，并以氯化铵祛痰。

(5) 参与该污染早期医学处理的专家作出决定，立即将 L 和 Z 送至专门医院 (污染后 68 小时) 住院，以便进行系统医学观察。途中肌注 $\text{CaNa}_3\text{-DTPA}$ ，并留取粪、尿样品，以备检查。

临床表现

L 以往在实验室工作中曾接触过铀、钚、裂片等放射性核素，但未曾接受过量照射。近两年来体检发现白细胞偏低、波动在 $(4\sim 4.8)\times 10^9/\text{L}$ 。

Z 曾接触过铀、钚、裂变产物等放射性核素，既往体检无异常。

入院后 L 和 Z 均诉疲乏无力，睡眠欠佳，腰腿酸困。L 症状较 Z 明显。污染后无发热、咳嗽、胸痛、气短等症状。体检无阳性体征。

实验室检查

住院期间 2 例多次查血常规、淋巴细胞绝对数、血小板数、出凝血时间均在正常范围内波动。肝功能、蛋白电泳、血糖、血清碱性磷酸酶均正常。尿蛋白定量、氨基酸氮与肌酐比值正常。淋巴细胞糖原积分 L 为 53，Z 为 45。中性粒细胞碱性磷酸酶积分 L 为 91，Z 为 171。L 和 Z 入院后首次查尿常规，尿蛋白定性分别为 +、++ (表 1.2)。可能与应用促排药物有关。淋巴细胞染色体畸变分析，例 L 未见畸变细胞，例 Z 染色体细胞畸变率 1.4%，染色体型畸变率 1.7% (双体断片 1.17%，双体裂隙 0.53%)，单体缺失 0.07%。

L 和 Z 的胸片均未见异常。心电图正常。痰液涂片放射自显影 (核型液体乳胶，曝光 7 天)。Z：偶见成堆细胞有 α 径迹，L 未见。

表 1.2 住院期间尿常规检查情况

污染后时间, d	L		Z	
	蛋白定性	镜 检	蛋白定性	镜 检
1	+	偶见白细胞	-	未 查
2	-	-	++	白细胞 4~7 个/H
5	-	白细胞 1~2 个/H	-	-
9	-	-	-	红细胞 0~1 个/H 白细胞 0~1 个/H
10	-	-	-	-
13	-	-	-	-

L 和 Z 尿钚和粪钚监测结果，其尿钚日排量见图 1.1，1.2。粪钚监测数据见表 1.3。

剂量估算

1. 吸入量 I 的估算

(1) 由尿钚资料，根据 Langham 公式，可估算出总吸收量，L 为 258Bq，Z 为 242Bq^[1]。²³⁸PuO₂ 为 Y 类物质，AMAD 为 2 μm (实测值)，根据 ICRP 第 30 号出版物推荐的呼吸系统模型，由吸收量可估算出吸入量 I：L 为 7000Bq，Z 为 6500Bq。以 ²³⁸Pu 的 ALI 来

衡量，L的吸入量为ALI的8.6倍，Z为ALI的8.2倍。

(2) 由粪钚资料，按ICRP第30号出版物推荐的模型和资料可估算出吸入量I，L为1800 Bq，Z为3200Bq。该结果与由尿钚资料估算的吸入量在合理的误差范围内是一致的。

2. 肺钚含量的估算

由尿钚资料估算的吸入量I，按ICRP第30号出版物推荐的呼吸系统模型可估算出污染后1825天(5年)的肺钚含量：L为140Bq；Z为130Bq^[2]。该结果与污染后5年胸部活体测量结果，L和Z均低于260Bq(最小可探测量)是一致的。

3. H_{50} ， $H_{50,E}$ 的估算

由吸入量，按ICRP第30号出版物给出的剂量学资料可估算待积剂量当量和待积有效剂量当量(表1.4)。

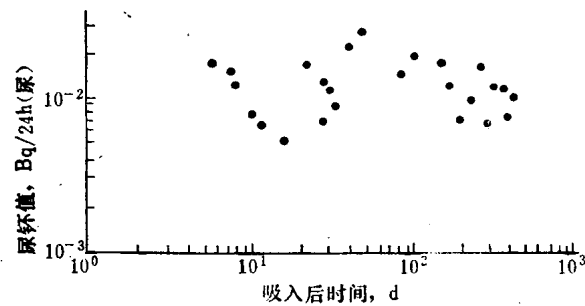


图1.1 受照者L吸入²³⁸PuO₂后的尿钚排泄图

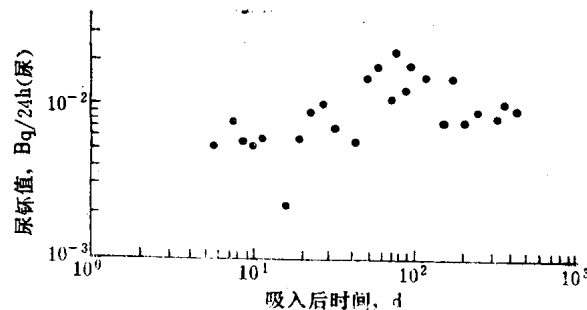


图1.2 受照者Z吸入²³⁸PuO₂后的尿钚排泄图

表1.3 粪钚测定数据[Bq/24h (粪)]

污染后时间, d	L	Z
1	39020	36.2
3	31300	124300
4	112.7	—
6	—	43.8
7	49.3	181.6
8	17.3	34.6
10	14.8	—
11	—	11.5
12	12.3	13.2
15	6.6	6.6
16	8.2	6.6

表1.4 部分组织或器官的剂量当量 (Sv)

案 例	待积剂量当量				待积有效剂量当量
	肺	骨表面	红骨髓	肝	
L	1.5	4.3	0.35	0.94	0.41
Z	1.4	4.1	0.32	0.88	0.38

诊断

L和Z均诊断为放射性核素 $^{238}\text{PuO}_2$ 体内污染和体表污染（主要经呼吸道入体）。

治疗

住院后的主要治疗仍是继续使用促排药物，由于污染后68小时已连续使用了3次 $\text{CaNa}_3\text{-DTPA}$ （作为第一疗程），因而污染后第9天再开始第二疗程的促排。给药方式采用20% $\text{CaNa}_3\text{-DTPA}$ 雾化吸入5

min/d，连续3天为一疗程（第二疗程）。从图1.3看出，第1疗程有一定的促排效果，而第2疗程效果欠佳。治疗过程中诉有明显的疲乏无力，腰酸背痛，两人均出现过一过性蛋白尿。

此外，给予强壮疗法，对症处理。

随访观察

1. 污染后两年随访观察

L和Z均诉疲乏无力，睡眠差，记忆力减退，工作能力下降，易感冒等神经衰弱症状。Z的症状更明显，伴有脱发，不能坚持工作而疗养过3个月。但体检均无阳性体征。

实验室检查包括血常规、淋巴细胞绝对数、血小板计数、肝功能、血清蛋白电泳等均在正常范围内。淋巴细胞 ^3H -胸腺嘧啶核苷、 ^{14}C -脲嘧啶核苷、T淋巴细胞玫瑰花形成率、免疫球蛋白（IgA，IgG，IgM）等均在正常范围内。淋巴细胞染色体畸变（计数200个淋巴细胞），L可见到一个无着丝粒断片。Z未见异常。

L和Z的胸片均未见异常。

L和Z尿钚监测结果，其尿钚数据均低于本底水平 $[8.5 \times 10^{-4} \text{Bq}/24\text{h}(\text{尿})]$ 。

2. 污染5年随访观察

L和Z的神经衰弱症状均有好转，自觉体质不如污染前，但无阳性体征。

实验室检查包括血、尿、粪常规、血小板计数正常。肝功能正常。淋巴细胞转化率、Ea玫瑰花环形成率、免疫球蛋白正常。淋巴细胞染色体畸变率：例Z $2n \neq 46$ 3个，染色体畸变1个，细胞畸变率0.5%。例L未见异常。

L和Z胸部X射线摄影均无异常所见。骨盆和髋关节摄影，两人骨质密度均未见异常改变。

L痰涂片细胞学检查，涂片见多数白细胞，少量鳞状上皮细胞。Z可见少量化生细胞，未见恶性细胞。

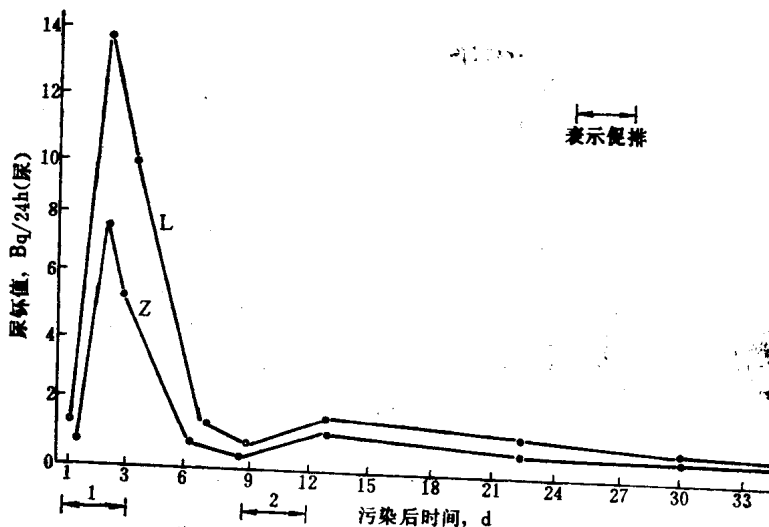


图1.3 尿钚排出量与使用促排药物的关系

脑电图、心电图、“B”超肝、脾、胆囊均属正常。

胸部活体测量，肺中 ^{238}Pu 含量低于 260Bq （最小可探测量）。

尿钚测定结果，L和Z均低于本底水平 $[8.5 \times 10^{-4}\text{Bq}/24\text{h}(\text{尿})]$ 。以上情况说明两人健康状况良好。

讨论

1. $^{238}\text{PuO}_2$ 的吸入危害

$^{238}\text{PuO}_2$ 属难转移性钚氧化物， α 辐射体，当 ^{238}Pu 和 ^{239}Pu 理化性质相同时，两者在体内的代谢行径是一致的^[3]，但就比活度而言， ^{238}Pu 要比 ^{239}Pu 大282倍。吸入 ^{238}Pu 气溶胶后，它的溶解、吸收要比 ^{239}Pu 快。有的学者报道难转移性 ^{239}Pu 由肺向血液转移的半廓清期在365天以上。而 ^{238}Pu 的半廓清期要比 ^{239}Pu 短。根据一年多尿钚排泄的观察结果，假定尿钚排泄规律服从Langham公式，用最小二乘法拟合了 $^{238}\text{PuO}_2$ 由肺向血液转移的指数方程，从而推算了L和Z的半廓清期，分别为131天和141天^[1]，与文献报道相一致。其机理可能与 $^{238}\text{PuO}_2$ 热粒子自身很强的辐射分解(Radiolysis)有关^[4,5]，使热粒子本身碎裂形成更小的AMAD粒子，易于溶解、转移和吸收。

难转移性钚气溶胶吸入后的生物学效应主要见于肺、气管支气管淋巴结和循环中的淋巴细胞^[6]。国内外对钚吸入引起体内污染的案例报道不少，但均未见引起急性或慢性放射病者，即使污染量达到 $1.48 \times 10^3\text{Bq}$ 以上者也无钚损伤的征象^[7]。动物实验证实钚的远期致癌效应是十分肯定的，包括诱发骨肉瘤和肺癌。然而至今仍未见到钚对人类的致癌报道。考虑到L和Z的 $H_{50,100}$ 分别为 1.5Sv 和 1.4Sv ，均超过了非随机性效应的该器官年剂量当量限值(0.5Sv)。因此，定期医学随访观察是不应忽视的。随访中除详细的体检外，应着重痰涂片细胞学检查和骨骼的X射线摄影检查。

2. 治疗中值得注意的几个问题

(1) 内污染人员在早期得到正确及时的处理是十分重要的，首先是尽量减少初始污染部位的核素吸收，如采取反复淋浴、洗消去污、洗鼻腔、口腔含漱、祛痰等措施，如果进行得早，效果可达85~90%。本次污染后在最初12小时内进行了上述的处置，这对防止扩大再污染及减低远期效应的危险性是重要的手段。

(2) 众所周知，难转移性钚的促排效果欠佳，但对一次大量吸入钚气溶胶的人员，尽早给予促排药物，是可起到积极作用的。因为 $^{238}\text{PuO}_2$ 并非绝对不溶，由于它自身解离特点，它的一部分粒径是小于 $1\mu\text{m}$ 的，这样就使 ^{238}Pu 可早期入血，有利于血循环中的钚被DTPA的络合。但随时间延长，钚在体内固着程度的增加，其排出的可能性亦迅速下降。第1疗程后，L和Z的尿钚值比促排前增加了10倍。第二疗程促排则效果欠佳，而且使用DTPA钙钠盐有一定的毒副作用。一般主张尽量早期用药，晚期可使用毒副作用较小的DTPA锌盐。

(3) 根据体内污染途径的不同，采用不同的给药方式也是值得注意的，我们对L和Z采用肌注DTPA钙钠盐外，还给予喷雾吸入，这种方式呼吸道浓度高，有利于肺中钚被络合，而且毒副作用小，适用于呼吸道吸入气溶胶的污染案例^[8]。（周剑影执笔）

参 考 文 献

- [1] 周永增等，辐射防护1:9 (1982)。

- [2] 马如维等, 辐射防护, 7(2), 120 (1987)。
 [3] Sanders C.L., Health Phys., 25, 405~411 (1973)。
 [4] Sanders C.L., Health Phys., 25, 405 (1973)。
 [5] Smith V.H., Health Phys., 22, 765 (1972)。
 [6] Bair W.J., 236部队《军事医学动向》编辑组, 铈的吸入研究, 172页, 1970。
 [7] 孙世则等, 放射损伤临床, 227页, 原子能出版社, 1983。
 [8] 黄琪等, 核防护, 1:29 (1979)。

(二) $^{239}\text{PuO}_2$ 内污染: 案例报告

案例H, 男, 43岁, 放射性职业工龄15年。

污染经过

1985年8月7日, 某核燃料后处理厂工作人员H, 在生产周期快结束时留尿作 ^{239}Pu 监测, 发现有 ^{239}Pu 内污染, 尿中铈含量为 $0.48\text{Bq}/24\text{h}$ (尿)。经询问, H曾在尿监测19天前, 检修 ^{239}Pu 焙烧炉工作箱时, 负责在工作箱门外向内递送修理工具, 历时15分钟左右。当时, H穿两套普通布工作服, 戴两层滤布口罩, 口罩周边有明显侧漏处, 从而造成 ^{239}Pu 内污染。工作时未作现场空气气溶胶采样, 事后也未及时留尿作 ^{239}Pu 监测。

剂量估算

根据H第19~275天之间的, 不受促排药物影响的尿铈监测结果(图1.4), 采用Lawrence PUQFUA程序估算出此期间的累积入血量为 296.5Bq 。初始摄入量为 $5.9 \times 10^3\text{Bq}$ 。由于H吸入的 PuO_2 属Y类铈化合物, 假定其活度中值空气动力学直径(AMAD)为 $1\mu\text{m}$, 则根据ICRP第30号出版物给出的资料估算出红骨髓、肺、骨表面和肝的待积剂量当量分别为0.4、1.9、5.6和 1.2Sv 。待积有效剂量当量为 0.5Sv 。由此可见, H在这次污染中摄入的 ^{239}Pu 为相应年摄入量限值($5 \times 10^2\text{Bq}$)的11.8倍。各重要组织器官的待积剂量当量也超过相应组织器官的年剂量当量限值的1~10.6倍不等^[1]。待积有效剂量当量为职业性工作人员年剂量当量限值的10倍。

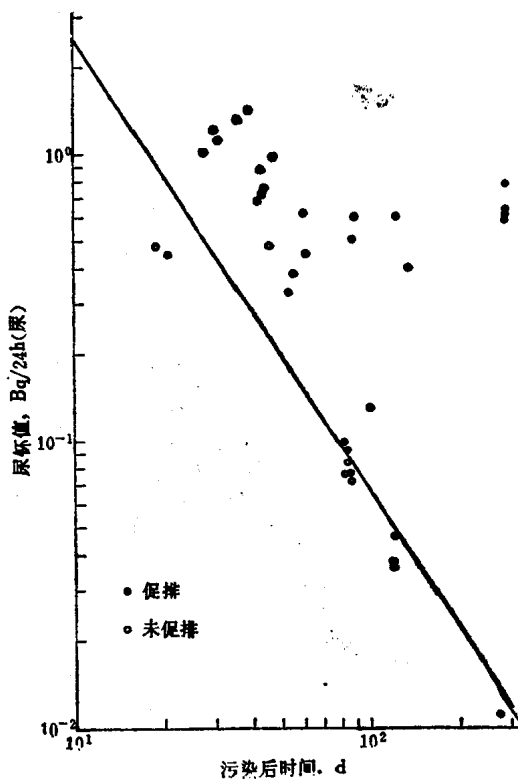


图1.4 例H尿铈排出情况

医学检查

入院时查体, 体温、呼吸、脉搏和血压均正常。发育良好。营养状况一般。全身皮肤、黏膜无出血点。浅表淋巴结不肿大。心、肺正常。肝、脾肋下未触及。肝、肾区无叩击痛。脊柱、四肢无畸形, 活动自如。实验室检查: 白细胞数及分类, 肝功能, 免疫功能, 甲胎球

蛋白等均正常。心电图,脑血流图,肝、脾A型超声波检查和X射线胸部摄影均无异常发现。尿 ^{239}Pu 监测结果: $0.48\sim 1.3\text{Bq}/24\text{h}$ (尿)。

促排治疗

第1次住院后,立即开始促排治疗。给予 $\text{CaNa}_3\text{-DTPA}$,肌肉注射,每日一次,每次 $0.1\sim 0.2\text{g}$,3日为一疗程,间断治疗130天,共用 $\text{CaNa}_3\text{-DTPA}$ 4.2g。治疗后,尿钚增加 $2\sim 12.3$ 倍。在1986年4月5日至5月31日,H第2次住院,主诉无不适。开始采用 $10\%\text{CaNa}_3\text{-DTPA}$ 雾化吸入,每次10分钟,每天1次,连用7天为一个疗程,休息7天,共用5个疗程。促排前尿 ^{239}Pu 排出水平在 $0.01\text{Bq}/24\text{h}$ (尿),用药期间尿 ^{239}Pu 排出水平为 $0.6\sim 0.8\text{Bq}/24\text{h}$ (尿),促排倍数为 $52.9\sim 70.6$ 倍。

另外,在H先后二次住院期间,给予口服人参蜂王浆制剂和多种维生素,以增强体质及机体抗辐射损伤的能力。口服微量元素合剂,以减少 $\text{CaNa}_3\text{-DTPA}$ 的毒副作用。在两次住院促排治疗期间,H常主诉头昏、无力、腰酸,停药后症状消失。

诊断

放射性核素 $^{239}\text{PuO}_2$ 单次吸入内污染。

案例Z,男性,49岁,放射化学工龄17年,从事钚生产2年,钚作业15年。

污染经过

1978年2月27日,Z参加钚线工艺焙烧炉检修工作约3小时30分。当时身着两套工作服及气衣,面戴一层滤布口罩。现场空气 α 气溶胶浓度为 $3.7\times 10^3\text{Bq}/\text{m}^3$ 。脱掉气衣后持续工作10分钟,又进入同一现场作设备去污处理6分钟。当天留取24小时尿样,进行尿钚分析,测量结果为 $0.067\text{Bq}/24\text{h}$ (尿)。

又1979年6月9日,进行撒料回收及去污工作40分钟。工作服外穿气衣,戴双层滤布口罩及两副乳胶手套。空气气溶胶 α 浓度为 $8.5\times 10^3\text{Bq}/\text{m}^3$ 。当日留尿分析,测得尿钚值为 $0.57\text{Bq}/24\text{h}$ (尿)。

1980年6月2日,检修钚线焙烧炉约3小时左右,外穿防护气衣,内着两套工作服,戴一层滤布口罩。当天留尿,尿钚分析结果: $0.023\text{Bq}/24\text{h}$ (尿)。

1981年4月27日,配合检修钚线取样器5小时。未穿气衣,只戴一层滤布口罩。当天留12小时尿,尿钚值为 $0.207\text{Bq}/24\text{h}$ (尿)。

剂量估算

采用马如维推荐的估算方法^[2],分别算出各次 ^{239}Pu 摄入量为: 5.4×10^3 ; 3.9×10^4 ; 7.0×10^3 ; $3.0\times 10^4\text{Bq}$ 。四次累积摄入 $8.1\times 10^4\text{Bq}$,为162倍的ALI。

待积有效剂量当量为 7.2Sv 。

临床表现

无特殊症状及阳性体征。

实验室检查

血红蛋白、白细胞、血小板、网织红细胞、肝功能、免疫功能等项检查均在正常范围内。心电图,脑血流图,肝、脾A超未见异常。X射线胸部摄影正常;痰涂片脱落细胞检查,未发现癌细胞。淋巴细胞染色体畸变率分析两次,观察细胞400个。第1次1985年检查,单倍畸变细胞0.5%;染色体型畸变细胞0;总畸变率0.5%。第2次亦于1985年检查,未见畸变细胞。细胞化学测定:中性粒细胞碱性磷酸酶积分52;淋巴细胞糖原积分104。尿钚分析

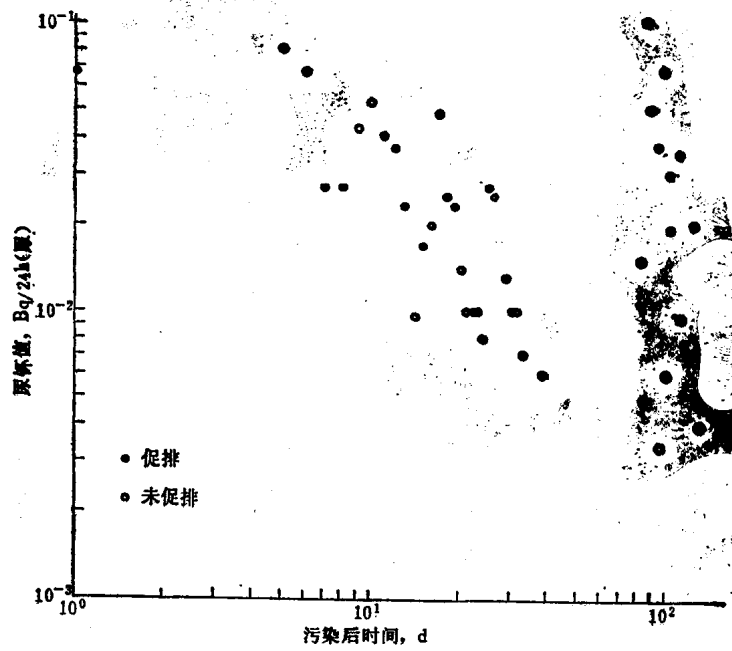


图1.5.1 1978年例Z的尿钡排泄情况

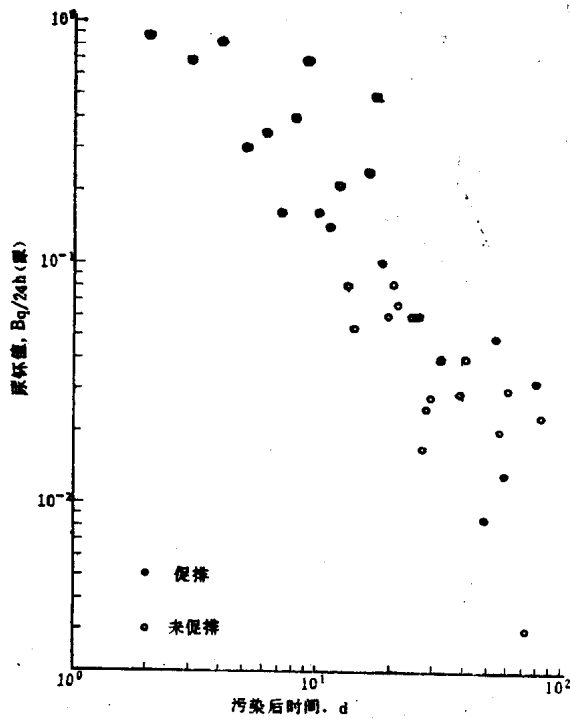


图1.5.2 1979年例Z的尿钡排泄情况

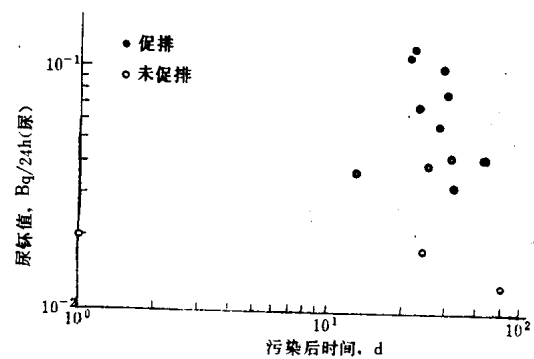


图1.5.3 1980年例Z的尿钡排泄情况

173次, 最高0.882Bq/24h(尿), 最低0.001Bq/24h(尿)。如图1.5.1, 1.5.2, 1.5.3,

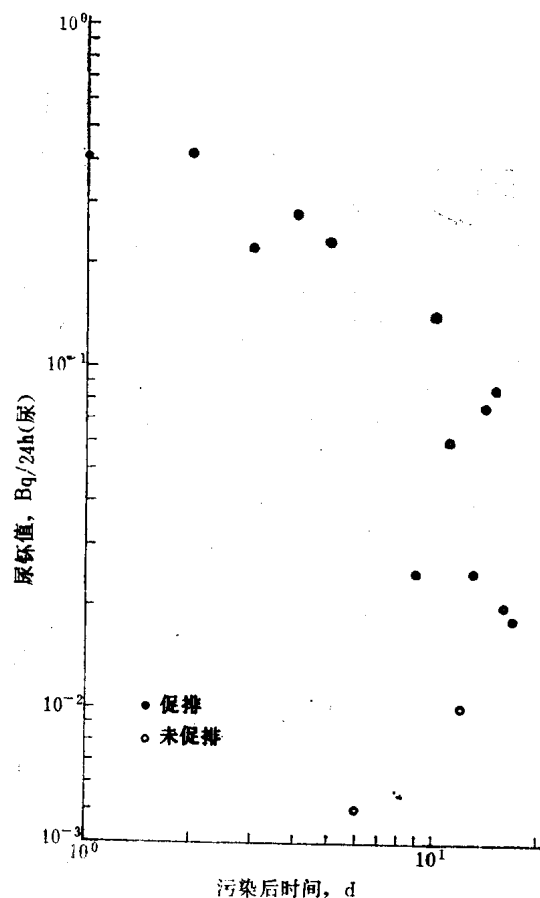


图1.5.4 1981年例Z的尿钚排泄情况

1.5.4。

放射性核素 $^{239}\text{PuO}_2$ 多次吸入内污染。

治疗

$\text{CaNa}_3\text{-DTPA}$ 0.5g加入5~10%葡萄糖中静脉点滴, 每日1次, 共2次; $\text{CaNa}_3\text{-DTPA}$ 雾化吸入, 每日1次, 3天为一疗程, 共三个疗程; $\text{CaNa}_3\text{-DTPA}$ 0.1~0.2g肌注, 每日1次, 3天为一疗程, 共用23个疗程。从Z例看, 静滴及肌注给药效果似较雾化吸入为好, 可能与雾化吸入的压力偏低, 致使药物吸入量较少有关。 $\text{CaNa}_3\text{-DTPA}$ 总量约为11.2g。用药期间排泄的总钚量为7.97Bq, 在此期间的促排钚量仅占总摄入量的0.04%。

在促排期间, 曾出现乏力、四肢酸痛、腰痛、食欲欠佳、腹胀、腹泻等症状, 停药后症状消失。促排用药期间, 适当补充微量元素合剂, 并给予胱氨酸、多种维生素、人参精、蜂王浆等药物以增强体质。

随访观察

污染后, Z改做管理工作, 但仍间断参加检修及故障处理工作。自述易感冒, 经常咳嗽有痰。观察期间曾出现发热, 咳嗽, 多痰及支气管感染症状。

污染后第3和第5年曾进行全面医学随访观察。检查项目包括外周血象、尿、粪常规, 肝功能及总蛋白定量、白蛋白、球蛋白、白蛋白/球蛋白、蛋白电泳、血总脂、胆固醇、甘油三酯、免疫球蛋白G、免疫球蛋白A、乙肝表面抗原、甲胎球蛋白、淋巴细胞转化率等。还有心电图, 脑血流图, 肝、脾A型超声, 以及胸、脊柱和膝关节的X射线摄影, 痰涂片脱落细胞检查等。其中除6次痰涂片检查可见底层及炎性细胞外, 余项检查无异常发现。外周血淋巴细胞染色体畸变率分析, 观察细胞数200个, 未见畸变细胞。尿钚分析四次, 在0.001~0.004Bq/24h(尿)之间。

(曲立斌执笔)

参考文献

- [1] 李士骏, 电离辐射剂量学, 270页, 原子能出版社, 1981.
- [2] 马如维等, 一种估算钚内照射剂量的方法, 辐射防护, 7(2):121~123 (1987).