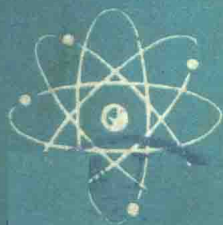


人的急性放射损伤

上册



中国科学院原子核科学委员会编辑委员会编辑

国防工业出版社

人的急性放射损伤

上册

中国科学院原子核科学委员会編輯委员会編輯



国防工业出版社

1963

內 容 簡 介

本书編譯了以往国外文献上有关人的急性放射損伤的病例。其中包括美国阿貢研究所及洛斯阿拉莫斯科学研究所反应堆事故受害者,以及美国在太平洋比基尼島作氫彈試驗时,当地居民及試驗人員受害者情况的介紹。其中也有来自苏联及南斯拉夫的資料。此外,还选譯了1960年10月在日内瓦召开的急性放射損伤診斷与治疗問題的国际性学术會議录的有关部分,并包括一些实验資料。

本汇编共分上、下两册。

人的急性放射損伤

中国科学院原子核科学委员会編輯委员会編輯

上 册

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

787×1092 1/16 印張 15 3/8 359 千字

1963 年 9 月第一版 1963 年 12 月第二次印刷 印数: 1,501—2,530 册

統一书号: 15034·708.(代) 定价: (11-6)2.85 元

目 录

人的急性放射损伤

一次临界装置逸出事故中受照射 4 人的物理剂量和临床观察	5
六例事故急性全身照射患者的研究	17
Vinča 零位能量反应堆事故中受照射人员的随访研究	30
一次临界逸出核事故引起的急性辐射死亡	34
緒言	34
第一部分 事故的描述及接着发生的事情	34
第二部分 病例 K 的临床经过	37
第三部分 临床病理学及生物化学	41
第四部分 大体及显微镜病理学以及神经病理学	47
第五部分 特殊研究	55
第六部分 剂量计算	68
第七部分 保健物理研究及地区辐射水平	74
第八部分 其他受照射人员	78
討論	80
第九部分 摘要	81
钴 60 意外照射引起的急性放射综合征	85
Lockport 事故: 人体部分受到大剂量 X 线照射的事故	95
又二例人的急性放射病	105
人的急性放射病一例	117
前言	117
临床资料	117
急性放射病的临床经过	132
血液学变化	141
生物化学指标的变化	146
天然免疫和自家菌丛状况	151
病理解剖学材料	160
病理解剖学材料讨论	174
小結	178
参考文献	180

急性放射损伤的防治

全身照射对人的作用及其防治	185
人的骨髓移植	191
討論	200
人骨髓的采取、保存和使用	205
討論	207
继发病: 用全身照射和异源性生血细胞输注治疗白血病时的主要障碍	209
討論	229
猴子放射病的实验治疗	233
用自体骨髓和同种骨髓治疗照射猴	246

編者的話

为了更好地了解电离輻射对人体的损伤作用及其防治措施，我們收集了国外文献中关于人急性放射损伤的一些病例，編譯成册，仅供参考。

本汇编中收集的病例有：

- 1) 1952年6月2日美国阿貢(Argonne)国家研究所反应堆事故受害者4例；
- 2) 苏联某实验装置失灵引起的事故2例(事故日期不詳)；
- 3) 1958年6月16日美国橡树岭(Oak Ridge)国家研究所Y-12工厂发生事故受害者8例；
- 4) 1958年10月15日南斯拉夫Vinca城反应堆事故6例；
- 5) 1958年12月30日美国洛斯阿拉莫斯(Los Alamos)科学研究所钚逸出事故中3例；
- 6) 1960年3月美国Lockport軍事工厂事故中9例；
- 7) 1960年美国某实验室钴60放射源所致1例；
- 8) 1960年6月苏联某实验室一技术員受铯137源照射身死的事例；
- 9) 1954年3月1日美国在比基尼島作氢彈試驗时，日本“福龙丸”号漁船上漁民受到落下灰伤害的23例；
- 10) 1954年3月1日美国在比基尼島作氢彈試驗时，馬紹尔群島居民及美国試驗人員受到落下灰伤害达200余人的事例。

另外，为了提供研究放射损伤治疗問題时参考，我們又选譯了1960年10月在日内瓦召开的一次急性放射损伤诊断及治疗問題的国际性学术会议的会议录中的某些有关部分，包括一些实验資料，也編入本汇编中。

由于收集到的資料有限，所选的内容可能不够全面，在翻譯上也一定还有不足的地方，希望讀者提出指正。

本汇编分上、下两册出版。

一次临界装置逸出事故中受照射 4 人的物理 剂量和临床观察

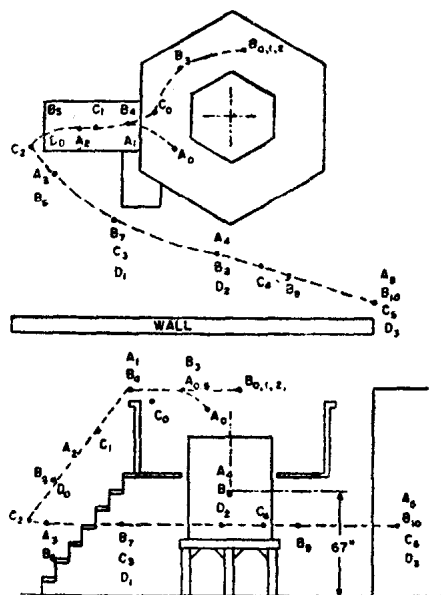
美国 R. J. Hasterlik 氏^①和 L. D. Marinelli 氏^②

物理剂量测定

緒 言

1952 年 6 月 2 日, 4 人: 分别称为病人 1、2、3 和 4, 受到用水做缓冲的临界装置逸出事故中所释放的中子和 γ 射线的照射。该装置是由一个浸在充满水的塑料槽内的类似圆柱形的金属轴心组成。此槽设有一防护屏, 周围厚 43 厘米, 而在轴心顶上部分厚 20 厘米。

在某些实验过程中, 技术员曾进入反应堆的房内, 当时水仍在反应堆的槽内。当病人 2 和 3 在此仪器周围的台上, 而病人 4 正在走向此仪器的台阶上时, 病人 1 开始撤消一调节杆。当发生轰的一声以及某些气体散出表示有临界逸出时, 病人 1 扔掉了调节杆, 直起身紧跟着病人 3 和 4 离开了房间。病人 2 慢步跟着出来。技术员的初期位置和他们的路线如图 1 所示。进水的活门很快的自动打开, 并且当这些人离开房间时病人 1 和 2 注意到了槽内水的液面。当他们一过了这个房门, 因为距离和墙壁所起的屏障作用的缘故照射水平下降得很少。



图中 A、B、C、D, 在本文中分别代表病人 1、2、3 和 4

图 1. 技术员撤离时路线的平面和侧面图和概略的表明水槽和其周围的台。写在下面的数字表示技术员的胶片剂量仪经过所示位置的时间(以秒表示)

γ 射线的剂量

只有三个技术员即: 病人 1、2 和 3 在事故的当时携带有 γ 射线胶片剂量仪, 而这些胶片剂量仪已变黑到超过了显像密度计估计的范围, 因此需依胶片显影后所留下的还原银作剂量仪校准来弥补这个困难。用中子激活^[1] X 射线荧光分析^[2] 和对胶片底上所涂的两层乳胶分别作密度计研究^[3] 完成了校准。与一组受到由锺产生的已知剂量的 γ 射线照射过的胶片剂量仪相比较时,

① 伊利诺斯州芝加哥阿贡癌症研究医院。

② 国立阿贡实验室。

在所有的病例中其结果均比 1.1% 还好。另外用一以已知功率运转的再建装置, 在技术员所在的位置上利用适当的假体或不用假体, 同时照射胶片和经过适当校正的充气的石墨室通过与石墨室相比较, 将以上所得出的“明显的”伦琴数值转换成“空气中的单侧伦琴照射”。在这些情况下 γ 辐射的平均能量是用烟燐计数器^[4] 测量的, 并且发现约为 500 仟电子伏。这个值与根据反散射测量^[5] 所预计的值是相当一致的。

从 γ 射线剂量角度来看, 我们认为这个资料是不完全的, 因为在撤离期的一部分时间内由部分无遮蔽的轴心发出的直接辐射穿过技术员身体后才达到胶片剂量仪。为估计这个照射量和获得关于病人 4 (没有携带胶片剂量仪) 所受的照射有必要对即刻过程(裂变和俘获)和裂变产物衰变中的 γ 射线照射作分别估计。

在事故后不同的时期和不同位置在无遮蔽的事故轴周围用剂量仪测定了裂变产物的衰变程度: 这些材料是图 2 所示的 13.38 小时等剂量曲线的根据, 根据已知的裂变产物衰变定律可以算出与技术员移动有关的各段时间和位置上的照射。从受照射人员离开的次序和他们走向太平门时病人 1 和 2 所见的槽内水的液面等情况修正了这个材料。逸出后的实际时间是从对进水活门失灵后水的液面的活动影片的研究和受照射人讲述的移动路线计算得来的, 这个时间如图 1 所示。并根据槽内水所起屏蔽作用和携带胶片剂量仪者所起的屏蔽作用做了校正。病人 1 和 2 的典型结果如图 3 所示。

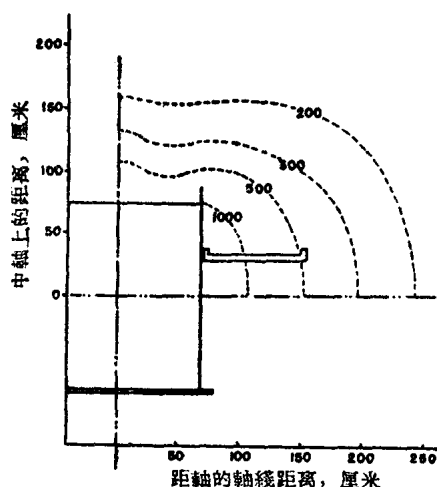


图 2. 逸出后 13.38 小时在事故轴心附近的等剂量率曲线。剂量率单位是毫伦/小时

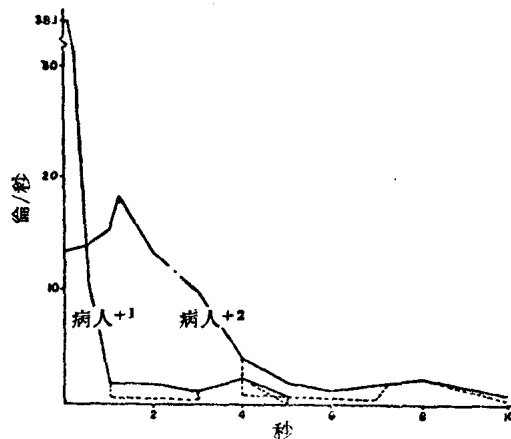


图 3. 病人 1 和 2 所接受的照射剂量率(伦/秒)与事故后时间之间的关系曲线。实线表示空气中的单侧剂量率; 虚线表示原来胶片剂量仪所记录的剂量率(因携带者的胶片剂量仪受到屏蔽)

由原来胶片剂量仪所指示的校正的照射量中减去由上法算出的衰变 γ 剂量, 就容易得出即刻 γ 照射量。

在这个过程中的主要校正值是可靠的, 因为由此计算得的即刻照射量之间的比值与放在再建轴心周围和发生事故时原来各胶片剂量仪所在位置上的实验胶片剂量仪所得到的相对照射值是一致的。这是有意义的, 因为槽中水所起的屏蔽作用并不明显地决定于考虑到即刻 γ 辐射或

即刻加衰变 γ 辐射。

除了这个校正外又计算了重建轴在运转中衰变 γ 剂量的增加,从以已知功率运转的试验中所记录的总剂量中减去上面计算值得出了实验时即刻 γ 线的“空气”剂量。将这个值与计算得出的病人1和2在事故当时所受的即刻 γ 线“空气”剂量作直接比较时,在事故性能量释放方面,分别得出与用裂变产物分析所得的值在4%及25%以内相一致的值。所以我们确信:这两个确定的证据说明表1中所示的对 γ 线照射量的估计是完全正确的。

在进一步讨论之前,需要考虑到:曾作为一个参考标准用的充气石墨室能受到① γ 辐射的质;②广泛中子光谱的存在影响的程度。当用闪烁计数器对 γ 辐射进行分光计研究而发现成问题的光子的高的平均能量后立即确定了第一个因素是不重要的;第二个因素也用下列实验确定了是可以忽略的,即:测定此石墨室在一充分校正过的热中子束中离子计的敏感性,结果热中子的剂量测定效率小于0.01而 γ 线的效率为1.0。用一个 α -硼快中子流所做的一个相似试验产生一个0.08的剂量测定效率,表明在有屏蔽的装置上部分热化的中子流效率更低,预期最大的快中子剂量为 γ 剂量的 $\frac{1}{10}$ (见下文),在我们的数值中这一误差来源不可能超过1%的不可靠性。在表1中所表示的大多数不可靠性是由于在 γ 线源快速变动的情况下,对具有复杂动作的身体的某一部位所受平均剂量难于正确计算所引起的。

快中子剂量

由于对事故所释放的能量的估计颇为一致,因而在再建的反应堆以已知功率作实验性运转时,于胶片剂量仪的原来位置上作测定,能同样可靠地估计中子剂量。

估计这些位置上的快中子剂量是依下列三个程序来完成的:①双电离室的方法;②对N. T. A. 极板上质子踪迹的计数;③应用Hurst等人的正比计数器。

方法①,用在不同质量的光子束中校准过的石墨-空气和组织当量电离室^[6]。在反应堆的适当位置上,这些电离室产生了与有 γ 线存在时相同比例的电离流,这表明即刻中子剂量为即刻 γ 线剂量的 $(1.45 \pm 2.31\%)$ 。

方法②,根据Titterton和Hale二氏^[7]所提出的材料和校正到估计1仟电子伏中子能量产生2.2%的值。

方法③,利用Hurst氏和同事^[8,9]所阐述的两种类型的正比计数器剂量仪,产生即刻 γ 剂量的10%和9.4%的一致结果。迟发的中子剂量是根据它们的衰变和槽内水的液面急速下降来计算的,如在表1中第6纵行所示。由于在方法①和方法②中所用的仪器在有相当纯的快中子束^[10]存在时颇为一致,因此很难将这些矛盾归结于任何一个原因,产生误差的原因可以认为是仪器结构中一些对热中子或超热中子有高作用切面的元素对仪器的可能污染所致;由于在石墨室或正比计数器内存在这些元素,因此就容易解释所获得的结果。虽然在热中子束的实验中未发现它们的存在,但由于逸出的中子谱基本上尚不清楚,而仪器也没有在单能中子(能量自热至裂变间)存在的情况下充分试验过,因此这个可能性还存在。

表1 快中子- γ 照射的最大限度

胶片剂量计的位置 (躯干的平均)	即刻 γ 綫照射 (rep)	在空气中单方向的*				总中子量 $\dagger$		总剂量	
		γ 衰变 (rep)	总 γ 綫量 $^+$ (rep)	快 中 子 $\ddagger$		(rep)	(rem) $\S$		
				即刻的 (rep)	迟发的 (rep)				
眼	病人 1	120	25	145	12.0	2.2	14.2	43	189
	病人 2	50	66	116	5.0	4.6	9.6	29	146
	病人 3	44	11	55	4.4	1.1	5.5	16	71
	病人 4	1	9	10	0.6	0.2	0.8	2.4	12
腹股沟	病人 1			165			16.2	162	327
	病人 2			111			9.1	91	202
	病人 3			51			5.1	51	102
	病人 4			11			0.8	8	19
脚	病人 1			154			13	39	193
	病人 2			163			19	57	220
	病人 3			77			10	30	107
	病人 4			8			0.5	1.5	10
	病人 1			220			14	42	192
	病人 2			308			29	87	303
	病人 3			209			12	36	180
	病人 4			4			0.2	1	3

* γ rep当量, 于空气中单方向的 = 胶片剂量计 rep/1.39 加上因身体屏蔽造成的胶片剂量计上漏掉的剂量。

$^+$ 正确性: ± 0 ; $\pm 20\%$ 。

$\dagger$ 最低限度, 根据相减方法和 NTA 感光板为这个值的 40%。

$\S$ Rem = $3 \times \text{rep}$, 但眼睛的情况例外, Rem = $10 \times \text{rep}$ 。

|| 总剂量 = 总的 γ 线 rep + 总的中子 rem。

热中子剂量

用一个带有锂金属外壳和一个没有锂金属外壳的涂有硼的电离室(放在病人1的胶片剂量计的位置处)所得到的电离读数的差别与在 CP_3 热柱上的一点上所作的一个相同实验中所获得的电离增加是相似的。该点是用金箔的活动性测定热流的, 在同一些点上用 BF_3 计数器同时记录了读数。这两个位置的读数的比率核对在10%以内, 由平均比例得出事故中即刻反应的中子为 $1.2 \times 10^9 \text{n}/\text{厘米}^2$, 另外由装有锂的NTN极板的照射以及根据锂含量而计算的极板敏感性作了另一种估计。结果快速反应中的中子是 $2.3 \times 10^9 \text{n}/\text{厘米}^2$ 。

根据最大吸收^[11]为 4.7×10^{-8} 尔格/ $\text{n}/\text{厘米}^2$ 和 $1 \text{rep} = 93$ 尔格, 病人1的热中子剂量估计为 $0.6-1.0 \text{rep}$, 因此约为总量的0.5%。

临 床 观 察

緒 言

仔細研究事故性受照射的人能使我們对人的急性放射损伤机制的了解有所提高。从第一次原子彈用于軍事方面以来, 洛斯阿拉莫斯科学研究所曾因裂变反应暂时的控制失灵, 而发生了2次事故, 使10个人全身受到临床上相当大剂量的照射, 对这些人的临床上和化驗上的广泛研究曾有过报导^[12]。2个人因照射而死亡; 存活者中有一个出现了急性放射症候群的典型临床表现。其余的沒有症状, 但临床化驗发现有: 持續性淋巴細胞减少、中等度嗜中性白細胞减少和血小板减少以及凝血時間延长等血像改变。血液化学研究沒有发现特殊的改变, 然而尿的化学研究在某些方面表现了明显变化。最显著的是尿內氨基酸大量排出和皮质固醇类物质的量比正常为高。

从实验动物^[13,14]的材料来看, 也表明了在接受致死剂量的X綫照射后氨基酸排出的种类和量均增加; 小鸡^[13]在最初照射后的1小时这种增加已明显。

观 察

1952年6月2日在美国阿貢国家研究所发生了一次事故, 4名工作人員受到 γ 射綫和小量中子照射, 平均全身剂量为12—190rem。此次事故使我們有机会重复阿貢国家研究所原来在一些受到一般认为不能产生临床症状的人中所做的某些研究。

病人是在事故发生后的10分钟內被送到医务所的, 此时沒有明显的临床表现, 血压和心率均处于正常范围。病人主观感觉除了有些紧张和不安外, 沒有其他的症状。尽管事实上大家都了解到他們可能已受到致死范围的照射, 然而, 值得注意的是他們那种鎮靜而自制的情况。这些病人被送入芝加哥临床学院的Billings医院, 因为在这时对照射量还不清楚, 因此全部人員均作绝对臥床休息。所有尿和粪便样本留待以后分析。在照射后30分钟以內开始了全部血液学的研究, 包括血液內感生鈉24放射性的研究。

病人1。系白种男性, 年龄31岁, 受到190rem照射。

入院时病人的体温是37.4°C, 脉搏102次/分, 呼吸20次/分, 血压140/80毫米汞柱。

患者为一发育正常, 营养佳良的白种男子, 机灵、合作, 表现中等度忧虑, 但沒有其他明显痛苦的表现。体格检查除了在面部和頸部有輕度紅斑外, 其他均屬正常范围。据患者說整个周末他都受到了阳光照射, 而此紅斑在事故前就已存在。

入院后几个小时, 病人曾有一次恶心和嘔吐, 嘔吐后沒有再发生恶心。在第二天早上病人飽吃了一頓早餐。在他16天住院期的其他日子中均沒有症状。面部和頸部的紅斑消失, 以后也沒有在脚底、手或面部(病人身体最接近于放射源的部位)出現紅斑, 也沒有发生脫毛, 病人在第16天出院。

病人出院后在家又休息一周, 在事故发生后的第23天恢复工作并感觉良好。

病人2。系白种男性, 年龄30岁, 受到160rem照射。

入院时病人的体温是36.9°C, 脉搏100次/分, 呼吸20次/分, 血压122/70毫米汞柱。

病人为一发育正常、营养佳良的白种男子，机灵、合作，无明显痛苦表情，体格检查均属正常。

住院期间病人未出现症状，不发烧，食欲一直良好，没有恶心和呕吐，一般“放射病”的症状也未出现过。病人在第16天出院。

这一病人也在照射后第23天恢复了工作，并且一直没有症状，此后不久病人调到原子能委员会内的其他岗位上去工作。

病人3。系白种女性，年龄49岁，受到70rem照射。

入院时，病人的体温是36.0°C，脉搏82次/分，呼吸20次/分，血压105/50毫米汞柱。

病人为一发育正常、营养佳良的白种女子，机灵、合作，无明显痛苦表情，体格检查均属正常。

病人在住院的第3天曾有几处呕吐和4次稀便，但这些症状在给予没有刺激性的流质饮食的情况下很快消失，以后没有再出现。大家认为这是忧虑和紧张的一种表现，而不是“放射病”的表现。除了偶尔有头痛外病人在住院期间一直没有发烧或其他症状，并在第16天出院。

出院后病人感觉到仍有中等度疲劳和紧张，在受照射后的第34天她恢复了工作，并未曾有过晚期辐射效应引起的症状。

病人4。系白种男性，年龄29岁，受到12rem照射。

入院时，病人的体温是36.8°C，脉搏80次/分，呼吸20次/分，血压140/85毫米汞柱。

病人为一发育正常、中等肥胖的白种男子，机灵、合作，无明显的痛苦表情，体格检查均属正常。

病人一直未出现过症状，也不发烧，食欲良好，主观上从未有不适感觉。在第16天出院。

病人出院后一直无症状，在事故后的第23天恢复了工作，在照射后的第15天用检眼镜检查眼底时发现在右眼紧靠视乳头盘边缘下有非常小的火焰状出血，一个月后复查时眼底正常，在原来出血处无异常发现。没有发现全身性出血趋势，也无瘀点或瘀斑。

化驗室的研究

尿內氨基酸的研究

层析法

应用Dent氏^[15]的原来方法和Whatman第1号层析滤纸进行了双向层析谱研究。第一种溶液是酚:水，以10毫升的5%氢氧化铵加入盆底4个杯中的2个内(容器为200毫升)。第二种溶液是4-乙-2-甲氮苯:二甲基吡啶:水(1:1:1.5)，每天更换溶液，每天制备新鲜的酚溶液。

为对氨基酸作鉴定和定量，纸上的读数是用品14吋×17吋的X线视察盒对未知氨基酸与标准氨基酸作目测比较获得的。全部纸均在用minhydrin溶液喷洒后正好24小时读出。对有疑问的物质鉴定应用了标准颜色试验^[15,16]。对亮氨酸和异亮氨酸未分开，这两种一起列入“亮氨酸”项下。所测定的氨基酸的量是以总氨基酸量来表示。

以5人做了对照研究，表明(图4)每天总氨基酸排出量是在175和582毫克/天之间。病人1所排出的氨基酸总量根据线的斜度用数学法测出为一个恒量(2507.0±317.7毫克/天)(图5)。病人1排出量是2088.0±261.1毫克/天，病人2的固定浓度是0.789毫克/毫升；每天排出量是

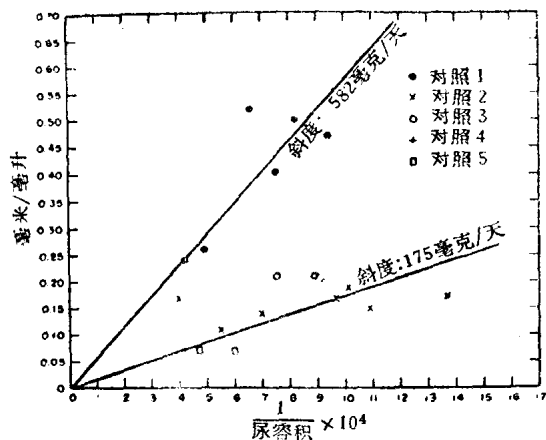


图 4. 对照者的浓度和容积之间的关系

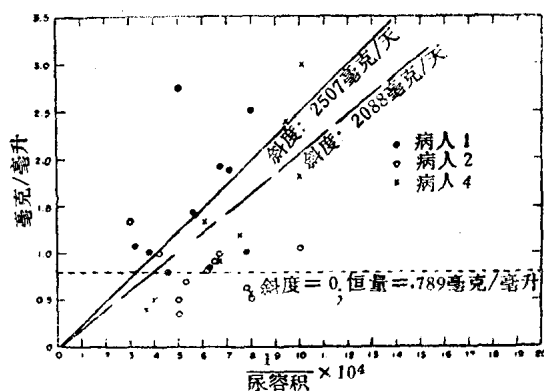


图 5. 病人 1、2 和 4 的浓度和容积之间的关系

1359.2 $\pm$ 716.3 毫克。

病人 1、2 和 4 每天排出的总氨基酸的毫克数如图 6 所示。虽然比较高，但我们的最高排出水平为 750 毫克/天。这是从很多对照样本中得出的较为适宜的值。在最初 12 小时内病人 1 排出了 1556.1 毫克的氨基酸。在照射后第 6 天排出量最高，其值为 5500.0 毫克。照射后 5 个月所做的尿分析，总氨基酸排出量比最高正常值高。病人 2 在受照射后第 3 天排出量已在最高正常值以上。病人 4 在最初 12 小时内排出了 637.6 毫克而在受照射后第二整天排出了 2970.0 毫克。病人 2 和 4 也在第 6 天时达到了最高值(分别为 4422.0 毫克和 4830.0 毫克)。受照射后 4 个月发现排出量还高于最高正常水平。

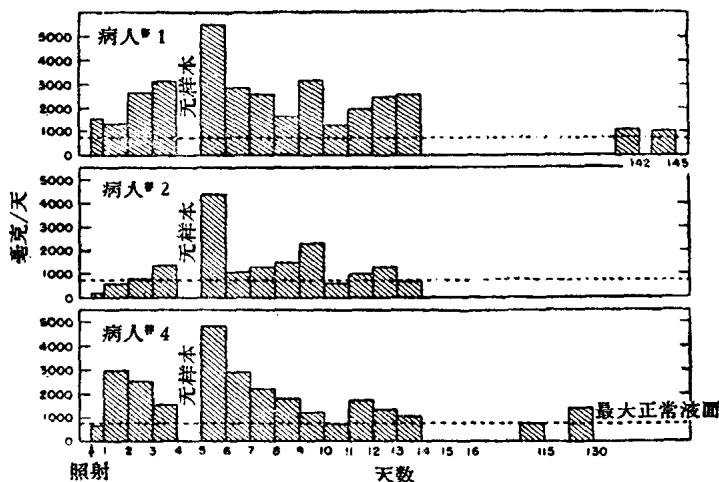


图 6. 氨基酸排出 总毫克/天

病人中的 3 名在照射后第 6 天排出量达到了高峰。曾计算了平均总排出量(毫克/天)以及除第 6 天以外，从第 1 天到第 14 天的标准差。所有 3 例在第 6 天均比平均数有显著差别(机率 < 0.05)。

由于一些不可避免的情况，病人 3 的尿有 4 天收集不全，因而未能计算每天的总排出量，所以对获得的样本中排出量以每毫升中毫克数浓度来表示(图 7)。我们假设以 0.5 毫克/毫升作为

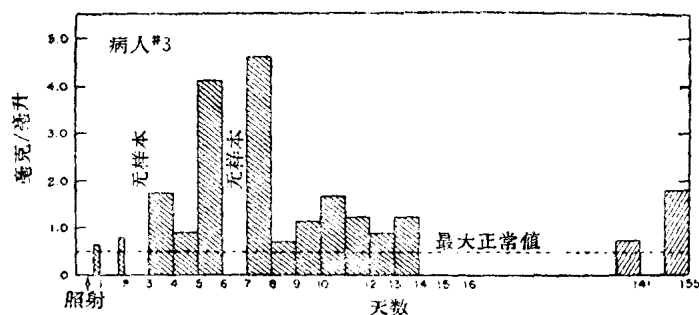


图7. 氨基酸排出 毫克/毫升

和正常人的材料,那么这个浓度的值仍表示一个很高的排出量。

对照者排出的氨基酸一般可测到的有5或6种。最常见的有:甘氨酸、牛磺酸、丝氨酸和丙氨酸。其他常见的氨基酸有:缬氨酸、亮氨酸、谷酰胺或组氨酸。所有病人在排出的种类上肯定增加,每天排出多达14或15种氨基酸。这种增加在照射后12小时已明显表现出,并在照射后5个月仍存在。排出量增加最多的为甘氨酸。其他不常见的为:胱氨酸、牛磺酸、谷氨酸、天冬氨酸和羧基脯氨酸。在观察期中羧基脯氨酸的大量持续性排出特别明显。磺基丙氨酸一般认为是胱氨酸氧化产物可在已贮藏了几天的样本中发现。在这些病例中,因为没有经过贮藏所以可以认为磺基丙氨酸已是一种固有成分。在对照1的尿中也发现过少量的磺基丙氨酸。

洛斯阿拉莫斯的几名受严重照射的病人,在照射后第6天发生临床症状的高峰,在这天曾发现氨基酸排出量最高。本组病人虽然无临床症状,但尿内氨基酸排出的高峰也很明显。似乎在人类受X射线照射后产生氨基酸尿的机制或机制之一是在照射后第6天达到高峰。这与临床情况无明显关系。

在洛斯阿拉莫斯事故中几名照射较不严重,及与本报告中所述的几例照射量相似的工作人员,在血像方面有某些变化,但没有本组病例特有的明显氨基酸尿。在前一事故中有一例,在事故后6小时收集的尿样本表现排出不正常,另外在事故后第2天另一名病人的样本中也发现有异常的排出。这些最低水平的结果与我们的发现是不一致的,其原因目前尚不清楚。

这种反应与剂量之间不成比例,虽然病人1排出的总氨基酸量较高,氨基酸的种类也比其他3例为多,但这种差异同剂量的差别并不一致。病人4约受12rem的照射其检查结果与病人1相似。所有4例病人的变化与因急性放射病住院后存活的洛斯阿拉莫斯工作人员的结果也相似。但另一方面死亡的两例总氨基酸排出量比本报告中的病例高得多。

12小时时的反应也值得注意,这肯定地表明某些改变甚至开始得更早。就接近致死剂量照射的洛斯阿拉莫斯病人来说在事故后6小时所获得尿的样本中已发现有显著的增加。

血液学的研究

Jacobson氏^[17]曾对小实验动物中电离辐射的血液学效应作了广泛的评述,而LeRoy氏^[18]对广岛和长崎人类中的效应也作了评论。在此次事故受照射病人的4例中所获得的材料使总的知识有所增加,因为在这种情况下准确地了解了所接受的照射剂量,并且血液学研究是在受照射后30分钟到20个月期间在控制的条件下进行的。

最大正常限度。这也是以大量对照样本中得到的比较适宜的值。照射后第6天的排出量是4.15毫克/毫升。因为在第8天时未收集全,所以我们趋向于100立方厘米总量中每毫升4.67毫克的值。可能比更典型的样本稍低一些,然而,假定这一个小的样本代表一个高峰浓度并考虑到其他病人

从诊断角度来看, 在照射后任何一天对病人2、3和4(图8)作总白细胞计算作为受射线过度照射的一个指标是没有重要意义的。只有通过由多次计算所得的数值与以往照射前的基线值作比较, 而有白细胞数减少的趋势时才表明受到过度照射(图9、10、11、12)。

在四例病人的细胞中看到了与 Hempelmann 等^[12]所描述者相同的细胞变化。包括淋巴细胞的胞浆中颗粒大为增加、常出现未成熟型、许多细胞有核破裂以及淋巴细胞胞浆内包含体的存在。

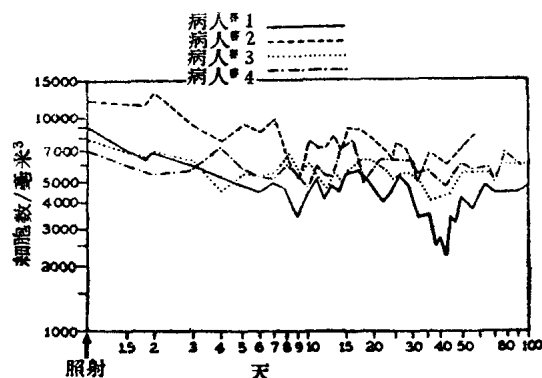


图8. 白細胞絕對數

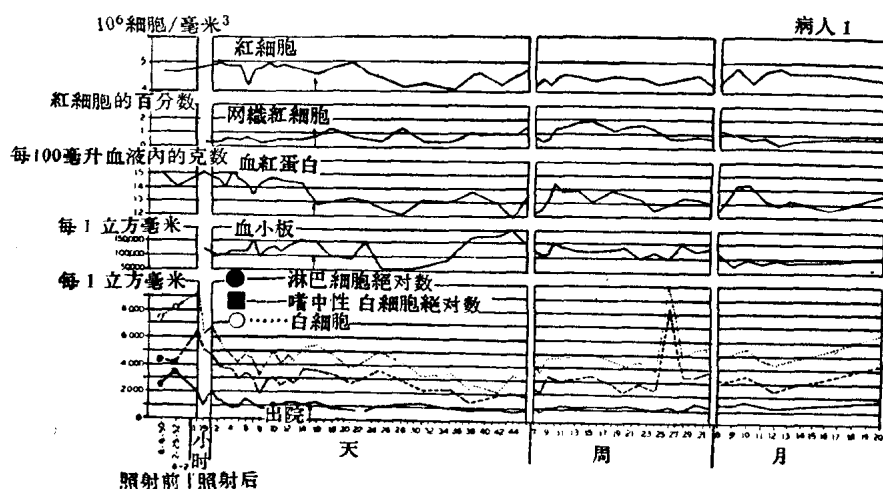


图9. 长时期間的血細胞計數(病人1)

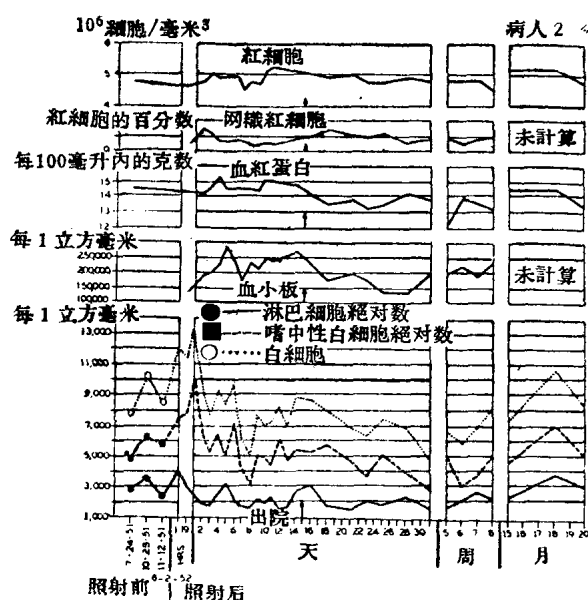


图10. 长时期間的血細胞計數(病人2)

下面是看到的双叶淋巴细胞次数:

在染色塗片上的

	白細胞总数	双叶淋巴细胞
病人1	11,400	2
病人2	8,100	3
病人3	11,400	1
病人4	10,200	1
合計	41,100	7

在照射后的第10天对所有4人的骨髓进行了研究, 表明无异常。受照射后白细胞总数在一个月后才达到最低, 但受最高量照射的病人在第一天淋巴细胞计数已明显趋于减少。2例照射剂量較低的病人总细胞数的变化不是受照射的敏感指标。受照射严重的

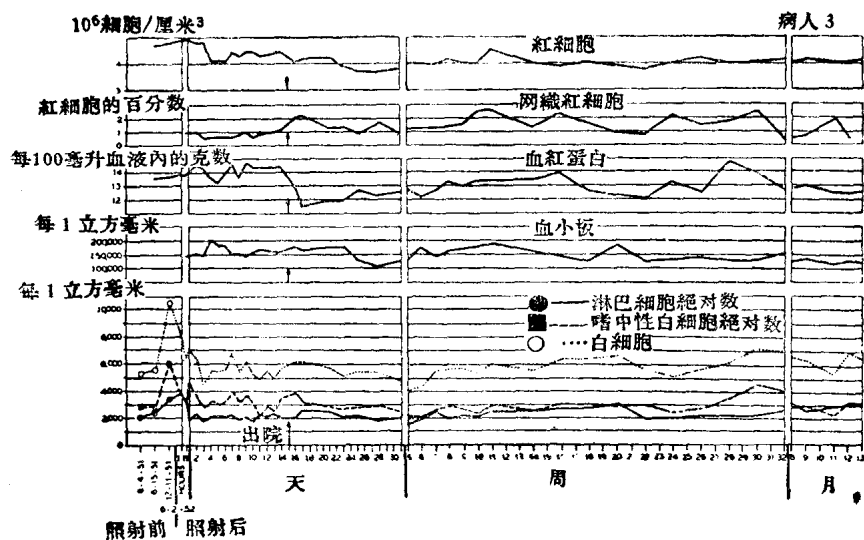


图 11. 长时期的血细胞计数(病人 3)

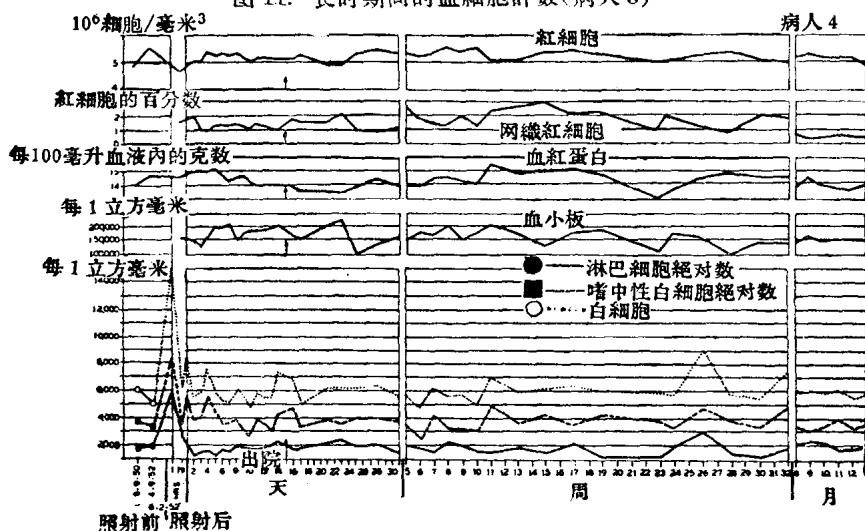


图 12. 长时期的血细胞数值(病人 4)

人全部計在 20 个月时已恢复到正常水平数。在 20 个月时所有人的细胞中还有少数细胞上的异常存在。

精子的研究

照射后的第 10 天对男病人做了精子计数。因成熟的精细胞对辐射较有抗力所以在照射后的第 10 天获得的数目可以设想为照射前水平的确实数目的表示。

病人 1 在 10 个月时，精液样本中无精细胞存在，在 20 个月时精子计数恢复到正常。受到最低和最高剂量照射的病人在减少和恢复的速度上是相同的，但在减少的程度上有差异(图 13)。

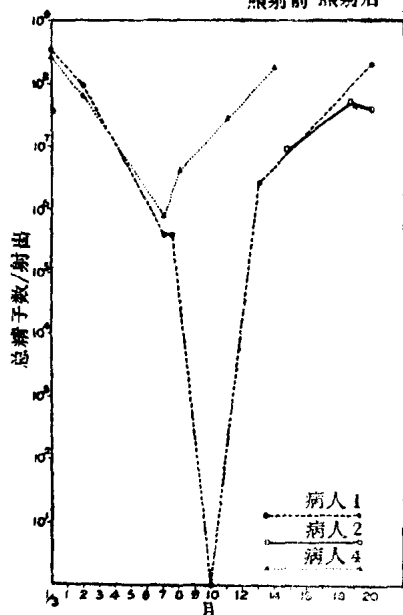


图 13. 精子计数

大腦額叶功能的研究

在人受已知量的急性全身照射后，用有效的客观試驗測定“智力”或額叶功能是否有改变的任何材料都是值得重視的。在事故后 1 到 14 天所有病人均由 W. Halstead 教授做了試驗，并在一年时再試驗一次。而病人 3 在二年时还試驗一次。所有病人均用 Halstead 氏的一套額叶功能試驗做了研究。全部障碍指标均在相应年齡組的正常範圍內，表示在照射后不久或以后的长时期內沒有額叶功能损伤的客观证据。

障碍指标			
	試驗 I	試驗 II	試驗 III
病人 1	0.0 (6-5-52)	0.2 (7-28-53)	—
病人 2	0.2 (6-3-52)	0.2 (4-21-54)	—
病人 3	0.5 (6-4-52)	0.4 (6-23-53)	0.2 (9-28-54)
病人 4	0.2 (6-4-52)	0.3 (6-22-53)	—
	0.9	1.1	0.2
平 均	0.225	0.275	

眼的折光系統的研究

芝加哥临床学院的眼科医师每年对所有 4 例进行了研究，并未見到由快中子照射引起的晶体混浊。

摘要和結論

1. 4 名工作人員全身受到 12 到 190rem γ 射綫和中子的事故性照射后，每天尿中排出的氨基酸总量增加到正常值的 10 倍之多。单一种氨基酸的排出量可为正常值的 2—20 倍。排出最显著的是羧脯氨酸和甘氨酸。

2. 氨基酸种类和量的排泄不正常，在最初照射后的 12 小时即已出現。这表明在此期間以前早已发生生理上的变化，氨基酸量的异常在照射后 5 个月仍可見到。

3. 氨基酸是低水平照射的早期敏感指标。

4. 在照射水平和氨基酸尿的程度之間沒有直接的量的关系。

5. 这些病人的血液学研究表明，白細胞总数和淋巴細胞絕對数减少的速度和量可能与照射量有一定的关系，然而氨基酸尿似乎是受照射的一个更敏感的早期指标。照射后不久能見白細胞中有某些細胞学的变化，并在以后持續达 20 个月之久。

6. 所有男病人都表現精子减少或无精子，至 30 个月精子数恢复到正常。

7. 大腦額叶功能客观研究表明，沒有急性或晚期功能障碍。

8. 未发现快中子引起的白內障。

参考文献

1. Berhman, I. B., Determination of Film Exposure by Activation of Ag^{109} , *Nucleonics* 11:70 (1953).
2. Rowland, R. E., Fluorescent X-ray Analysis, USAEC, ANL-4840, pp. 100-101 (1952).
3. Berhman, I. B., Lucas, H. F. and May, H. A., The Determination of Photographic Film Exposure by Neutron Activation of Ag^{107} , *Rev. Sci. Instruments* 24:366-7 (1953).
4. Prostwich, G. D., Colvin, T. H. and Hine, G. J., Average Energy of Secondary Electrons in Anthracene due to Gamma-irradiation, *Phys. Rev.* 87:1030-1 (1952).
5. Glasser, O., Quimby, E. H., Taylor, L. S. and Weatherwax, J. L., *Physical Foundations of Radiology*, pp. 261-264. Paul B. Hoeber, Second edition (1952).
6. Rossi, H. H. and Failla, G., Neutrons; Dosimetry. Medical physics, Vol. 2, pp. 603-7, O. Glasser, ed. Yearbook publishers, Chicago (1950).
7. Titterton E. W. and Hall, M. E., Neutron Dose Determination by the Photographic Plate Method, *Brit. J. Radiol.* 23:465-71 (1950).
8. Hurst, G. S., Ritchie, R. H. and Wilson, H. N., Count Rate Method of Measuring Fast-Neutron Tissue Dose. *Rev. Sci. Instruments* 22:981-6 (1951).
9. Hurst, G. S., An Absolute Tissue Dosimeter for Fast Neutrons, *Brit. J. Radiol.* 27:353-7, (1954).
10. Rossi, H. H., Hurst, G. S., Mills, W. A. and Hungerford, H. E., Intercomparison of Fast-Neutron Dosimeters, *Nucleonics* 13:46-7 (1955).
11. Snyder, W. S., Calculations for Maximum Permissible Exposure to Thermal Neutrons, *Nucleonics* 6:46-50 (1950).
12. Hemplemann, L. H., Lisco, H. and Hoffman, J. G., The Acute Radiation Syndrome: A Study of Nine Cases and a Review of the Problem, *Ann. Int. Med.* Part I. 36:279-510 (1952).
13. Katz, E. J. and Stearner, S. P., Early Biochemical Changes in the Plasma of X-irradiated Chicks, To be published.
14. Kay, R. E. and Entenman, C., Free Amino Acids in the Tissues and Urine of the X-irradiated Rat, *Fed. Proc. (Abstract)* 13:520 (1954).
15. Dent, C. E., A Study of the Behavior of Some Sixty Amino acids and Other Ninhydrin-reacting Substances on Phenol- "collidine" Filter Paper Chromatograms, with Notes as to the Occurrence of Some of Them in Biological Fluids, *Biochem. J.* 43:169-80 (1948).
16. Block, R. J., Paper Chromatography. A Laboratory Manual, Academic Press, New York (1952).
17. Jacobson, L. O., Radiation Biology, Vol. I. Alexander Hollaender, ed., Chapter 16, pp. 1029-90, McGraw-Hill Co., Inc., New York (1954).
18. LeRoy, G. V., Hematology of Atomic Bomb Casualties, *Arch. Int. Med.* 86:691-710 (1950).
19. Halstead, W. C., Brain and Intelligence: A Quantitative Study of the Frontal Lobes, University of Chicago Press, Chicago (1947).
20. Reitan, R. N., Investigation of the Validity of Halstead's Measures of Biological Intelligence, *A. M. A. Arch. Neur. and Psychiatry* 73:28-35 (1955).

(赵儒译自Proceedings of the International Conference on the
Peaceful uses of Atomic Energy 11, 25, 1956. 程遵校)