

放射生物学论文集

Н. И. 努日金等著

科学出版社

放射生物学论文集

Н. И. 努日金等著

莫 維 冬 譯

华 光 校

ПОД РЕДАКЦИЕЙ Н. И. НУЖДИН
СБОРНИК РАБОТ ПО РАДИОБИОЛОГИИ
АН СССР, 1955

內 容 介 紹

本書是苏联科学院遗传学研究所和生物物理研究所有关放射生物学的部分論著。內容涉及放射生物学的許多方面,諸如:电离放射的作用剂量与动物存活率的关系,性激素对动物放射反应的作用,机体的生理状态对防护电离放射作用的影响,电离放射对造血器官的有害作用及其在放射反应中的意义等。有关电离放射对哺乳动物的絕育作用的报告所佔篇幅較多,包括电离放射对动物交配、受精、生产及所产仔代的影响,对动物动情週期的影响和电离放射所致的絕育影响的遗传等。

放 射 生 物 學 論 文 集

Н. И. 努 金 等 著
莫 維 冬 譯
华 光 校

科学出版社出版 (北京朝陽門大街 117 号)
北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

1958 年 11 月第 一 版 书号: 1517 字数: 150,000
1962 年 12 月第三次印刷 开本: 850 × 1168 1/32
(京) 3,581—4,380 印张: 5 1/2 插圖: 3

定价: 1.20 元

目 录

序言..... (1)

各种不同剂量的倫琴射綫照射对小白鼠存活率的影响

..... Н. И. 沙比洛 Н. И. 努日金 (3)

雌性激素对小白鼠的放射反应的影响

..... Н. И. 沙比洛 Н. И. 努日金 А. М. 庫 津 (16)

当使用抗电离放射损伤作用的保护剂时机体的生理状态

的意义..... Н. И. 沙比洛 А. М. 庫 津 Н. И. 努日金 (53)

論放射反应过程中造血器官损伤的意义.....

..... Н. И. 沙比洛 Н. И. 努日金
М. А. 沃尔科維奇 Е. Н. 科罗丁 (63)

电离放射对哺乳动物的絕育作用

报导 I. 倫琴射綫照射对雄性小白鼠的生殖力的影响.....

..... Н. И. 努日金 Н. И. 沙比洛 О. Н. 彼特罗娃 (88)

电离放射对哺乳动物的絕育作用

报导 II. 倫琴射綫与 γ 射綫对雌性小白鼠的动情周期的影

响..... Н. И. 努日金 Н. И. 沙比洛
О. Н. 彼特罗娃 О. Н. 契姐耶娃 (121)

电离放射对哺乳动物的絕育作用

报导 III. 倫琴射綫照射所引起的絕育的遗传性質.....

..... Н. И. 努日金 Н. И. 沙比洛
О. Н. 彼特罗娃 И. А. 涅柴耶夫 (162)

序 言

原子能生产的实践掌握給人类提供了将这一无穷尽之源泉应用于和平目的的可能性。在我国——建立了世界上第一座原子能发电站的国家,这种可能性已經成为光輝的现实。

与这一伟大成就同时,核放射在人类活动的許多其他領域中也得到广泛的应用。例如,在医学中推广了以应用穿透性射綫为基础的疾病診斷法。此外,为了治疗一系列的疾病,各种类型的放射作用由外照射,以及天然的或人工的放射性物質注入机体的方法,也愈来愈广泛地被应用着。

在科学研究的各个方面,特别是在生物学、医学、土壤学和农学中,也普遍地应用了电离放射作用。示踪原子方法使科学上的許多問題能够迅速而确切地得到闡明,并且,在很多情况下,正因为应用了这一新的方法,問題的实验解决才成为可能。

在工业技术中各种穿透性射綫也同样地被应用着,特别是,当检查产品质量的时候(探伤器)。

仅从上面这些也已經可以看出:如今人們要愈来愈經常地跟各种类型的放射綫打交道了。随着生产和利用原子能方面的进一步的成就,由于工作的性質而不得不与核放射接触的人員,无疑地也将增多。

大家知道:电离放射的特征之一就在于它們高度的生物活性。当以較大之剂量作用于动物或人的机体时,这种射綫就可能损伤机体的全部机能而引起所謂放射病。如此看来,对研究电离放射的生物学作用、寻觅机体的生物学保护,以及放射病治疗的葯物和方法的兴趣日益增长,乃是完全合理的。再則,掌握放射的生物学作用的規律也是治疗各种疾病(例如肿瘤等等)时拟定放射作用最有效的方法所必需的。

虽说研究电离放射对机体的影响实际上从倫琴射线发现时起便已开始,但仍不得不承认:直到現在这门科学还没有建立有关穿透性射线生物学作用的令人满意的一般理論。并且,所积累的事实資料还不足以解决随核子能应用而发生的一系列的重大問題。因而,进一步研究各种类型的放射线对机体的作用之所以必要,就非常明显了。

我們呈献給讀者的論文是一組实验著述的汇编,內容研究两个問題:1) 某些可使机体免遭电离放射损伤的物質的作用机制;2) 穿透性射线对哺乳类动物生殖力的影响。

在作为保护剂用的物質中,特別着重研究了各种雌性激素的作用。确定了它們的保护作用与剂量、注入時間以及受保护机体的生理状态之間的关系。闡明了延长雌性激素的保护作用的条件。

除研究雌性激素的保护作用外,并专题研究了給受照射之动物作脾脏移植或同种骨髓注入的作用。在这兩組实验中已經确定:移植或注入对动物的放射反应过程及其存活率都有良好的影响。

另三篇論文报导了电离放射作用(倫琴射线一次照射,或 γ 射线慢性作用)对小白鼠生殖力的影响的研究結果。生殖力的鑑定是以受照射之动物与未經照射之动物交配的方法,以及受照射之动物性腺的組織学分析的方法来进行的。对由受照射之亲代所生出的后代并曾作胚胎学研究。最后,当鑑定受照射之雌鼠的生殖力时曾研究了它們的动情周期。在这些論文中提供了有关电离放射对直接受照射的动物,以及由它們所生出的后代的絕育作用的規律的新事实。

我們把一篇确定小白鼠放射反应如何以倫琴射线全身照射之剂量为轉移的文章作为本书的第一篇,因为这篇論文是我們对小白鼠所进行的进一步研究的必要前提。

选入本論文集的仅仅是我們苏联科学院遗传学研究所細胞学實驗室(Н. И. 努日金、О. Н. 彼特罗娃、О. Н. 契姐耶娃、М. В. 沃尔科維奇、И. А. 涅柴耶夫)及生物物理研究所放射生物学實驗室(Н. И. 沙比洛、А. М. 庫津、Е. Н. 科罗丁)的同志們集体撰写的有关电离放射作用的研究論文的一部分。

各种不同剂量的倫琴射綫照射 对小白鼠存活率的影响

Н. И. 沙比洛 Н. И. 努日金

近数年来，电离放射对动植物机体作用的問題愈来愈吸引住生物学家們的注意力了。这原委不仅在于放射方法对認識生命物質的结构与特性有着重大的价值，也不仅在于电离放射在医学实践中的应用日益广泛，首先而且主要的是在于因利用原子能已成为可能而展开的远景。

虽說研究电离放射的生物学作用由来已久，并且在这方面积累了大量的事实資料，但仍不得不承認：目前我們非但没有建立关于放射的生物学作用的令人滿意的一般理論，甚至相当大的一部分事实資料的本身也是有缺陷的，因而，远不是經常可以利用的。

大部分的，特别是早年的放射生物学著作的缺陷首先是沒有足够的剂量測定的資料，甚至是完全缺乏这种資料。除缺乏剂量学的資料外，大多数的研究沒有做过十分必需的、有关放射的生物学作用的量的方面的工作。鉴于目前許多迫切的問題过去一般都未曾研究过，那么就可以理解，为什么不能广泛地应用旧有的資料而必須对电离放射的生物学作用的規律进行紧张的新的探討了。

我們所做的这些研究旨在闡明由于机体受全身照射而引起的生物学反应的許多方面的規律性。在这里不仅研究了直接受放射作用的个体的变化，也研究了它們的后代的变化。对于旨在給电离放射作用所引起的生物学反应以积极影响的試驗，曾予以特殊的注意。寻出控制这些反应的途径，因而預防照射的不良后果无疑是当前放射生物学最迫切的任务之一。

本文旨在确定小白鼠的死亡率随倫琴射綫作用剂量而轉移的量的規律。首先从純方法学的見解来看，这样的研究也必須作为开宗明义的第一章。

既然我們研究的对象是小白鼠，而实验中所用的基本类型的射綫又是倫琴射綫，那末首先就必须揭示实验动物的死亡率与倫琴射綫照射的剂量之間究竟有着怎样的从屬关系。現有的这方面的文献資料 (Ellinger, 1945; Quastler, 1945) 并不能代替自己的实验，因为类似的研究其結果常常是以动物的族系，餵养条件以及照射时剂量測定的准确度为轉移的。

已如上述，本文旨在闡明动物的死亡率与放射作用的剂量間的关系的性質，确定半致死量（实验动物在 30 天内死亡 50% 的剂量—— $LD_{50/30}$ ），同时并确定受各种不同剂量照射的动物的存活時間及其放射病的进程。

材 料 与 方 法

实验是用实验室内繁殖的 A 族系¹⁾ 小白鼠进行的。照射时雄鼠的年齡是两个半—三个月，体重 18—23 克。小白鼠在照射前后都餵养在 10 公升的玻璃罐中。每罐容納 6 只。实验动物的每日份瓶内含 2 克碎麦粒，2 克面包，5 克牛奶。燕麦和水无限制。每周并給动物餵一次煮老的雞蛋和胡蘿卜。

照射是在下列条件下进行的。电压：160 千伏，电流：5 毫安培；过滤板：0.5 毫米銅 + 0.75 毫米鋁，焦点距离：40 厘米；剂量強度 12.9 倫琴/分鐘。动物以 12 只为一組在特制的木匣内接受照射（木匣大小：25 厘米 × 32 厘米 × 5.5 厘米）。匣内有 12 小格，动物分置于其中。每小格寬 3 厘米，长 7 厘米，高 4 厘米。这样一来，小白鼠所占的地方实际上只有 300 平方厘米。两侧的格内并填入米袋（重 20 克）。这是为了使在两侧的动物也能得到与中間各格中剂量大致相等的散射性放射。

1) 这一族系的特征是：雌鼠年齡达六个月以上者可有乳腺癌发生。

在照射后的 30 天内对小白鼠进行系统的观察，定期测定体重。对部分的死亡动物并作过解剖。

所获得的結果及其討論

我們曾研究过下列諸倫琴射綫作用剂量对 A 族系雌性小白鼠存活率的影响：200, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 900, 1100, 1300, 1800 及 2300 倫琴。所得的結果开列如表 1。

表 1 小白鼠的死亡率与倫琴射綫照射剂量間的关系

剂 量 (倫琴)	动物总数	存 活 者		死 亡 者	
		只 数	百 分 率	只 数	百 分 率
200	31	29	93.1 ± 4.5	2	6.9 ± 4.5
300	24	22	91.8 ± 5.6	2	8.2 ± 5.6
350	22	16	72.7 ± 9.5	6	27.3 ± 9.5
400	64	31	48.4 ± 6.2	33	51.6 ± 6.2
500	47	15	31.9 ± 6.8	32	68.1 ± 6.8
600	43	4	9.4 ± 4.4	39	90.6 ± 4.4
700	12	0	0	12	100
900	12	0	0	12	100
1100	12	0	0	12	100
1300	11	0	0	11	100
1800	12	0	0	12	100
2300	9	0	0	9	100

由表 1 所提供的資料可見：小白鼠的死亡率是随倫琴射綫作用剂量的增大而升高的。在 700 倫琴或更大的剂量作用下，开始出现被照射动物的全数死亡，剂量在 350—600 倫琴之間，死亡率显著增高。

实验所确定的小白鼠死亡率与照射剂量之間的从屬关系正好成 S 形曲綫，其方程式为：

$$y = \frac{100}{1 + e^{5.2597 - 0.01254x}}$$

此处， y 表示被照射动物死亡百分率； x ——倫琴射綫照射剂量；

c——自然对数的底。图1所示就是这一曲线。由实验曲线各点向上及向下的直线表示平均误差的值。

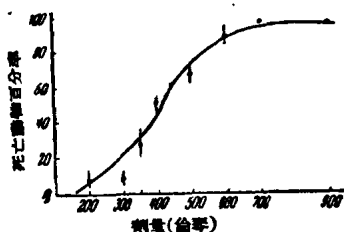


图1 小白鼠的死亡率与伦琴射线照射剂量间的关系

根据上述的曲线方程式，我們计算出半致死剂量 ($LD_{50/30}$) 的值为 390 伦琴。

如果把我們计算出的小白鼠的 $LD_{50/30}$ 与文献资料中的某些其他哺乳动物的 $LD_{50/30}$ 对比一下，那是很有趣的。诚然，这种对比具有某种相对的性質，原因是，动物受各种剂量的电离放射的损伤率在相当大的程度上是取决于不同的条件的（如剂量测定的准确度、照射操作的差异——这在以大动物为对象的实验中更有特殊意义——、实验动物的生理状况以及其他等等）。尽管这种比较有困难，但它毕竟能够给各种动物相对的放射敏感性提供某些概念。按文献资料，狗的半致死剂量在 300—350 伦琴之间 (Brecher a. Cronkite, 1951)，猪——275 伦琴 (Tullis, Tessmer, Cronkite a. Chambers, 1949)，豚鼠——230 伦琴 (Ellinger, 1945)，大白鼠——640 伦琴 (Clark a. Uncapher, 1949)。

可見小白鼠就其放射敏感性来说，介于狗与大白鼠之间。

我們所获得的材料不仅确定了小白鼠的死亡率随照射剂量而转移的量的规律，还揭示了在这种情况下它们的平均寿命的变化。表2所提供的有关资料证明：随伦琴射线照射剂量的增大，小白鼠的平均寿命就相应地缩短。这一规律在小白鼠的平均存活时间的变化上，以及照射后开始的观察各日中的死亡分布上，都得到了反映。倘以曲线表示所得的资料，这种规律就显得更为突出。

图2提供了小白鼠的平均存活时间与照射剂量之关系的实验曲线。

曲线表明：平均存活时间随剂量

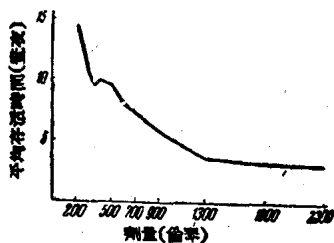


图2 小白鼠的平均存活时间随照射剂量而变化

表 2 受各种不同剂量的倫琴射綫照射后死亡的动物的存活时间

剂 量 (倫琴)	动物 总数	死亡之 动物数	死 亡 日 期																														平 均 寿 命 (天)
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
200	31	2	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14.5
300	24	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10.5
350	22	6	—	—	—	—	—	—	1	—	2	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.5
400	64	33	—	—	—	—	—	1	1	6	8	4	6	—	2	1	2	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.9
500	47	32	—	—	—	—	1	—	2	1	2	8	7	3	3	1	2	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.6
600	43	39	—	—	—	1	2	2	4	12	6	5	6	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.1
700	12	12	—	—	—	—	1	—	4	4	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.3
900	12	12	—	—	—	1	—	6	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.9
1100	12	12	—	—	—	8	—	1	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.7
1300	11	11	—	—	—	10	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.7
1800	12	12	—	—	2	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.3
2300	9	9	—	—	2	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.3

之增大而減縮,但減縮僅至某一限度。在我們所試驗的最大劑量的範圍內(1300—2300 倫琴)小白鼠的存活時間實際上保持未變。當然,由此得出結論說劑量進一步增大不至引起動物壽命更嚴重的減縮那是不正確的,沒有任何理由作這樣的結論。相反地,根據文獻資料,可以確信地斷言:特大的劑量之照射足以使動物壽命減縮至如此程度,而引起所謂“射線下的死亡”(Quastler, 1945)。至于上述的、劑量繼續增大而受照射之動物的壽命却暫時不再減縮這一點,在我們看來是可以找到合理的解釋的,因為即使在最大致死劑量所引起的放射損傷的條件下,被破壞的也遠不是為生命所必需的機體的所有各系統,只有當使用相當大的劑量時(可能是數萬甚至是數十萬倫琴)才能破壞其他的、原先保持相對未被損傷的系統。而我們所揭示的、小白鼠的壽命對倫琴射線照射劑量的從屬關係却取決於機體中對放射作用相當敏感的各系統的損傷。遺憾的是,目前我們還不能具體地確定第一種情況和第二種情況所指的究竟是哪些系統。

圖3的曲線表示受不同劑量倫琴射線作用的動物在照射後一個月內的死亡分布情況的進程。研究了這些曲線之後,首先可以作出

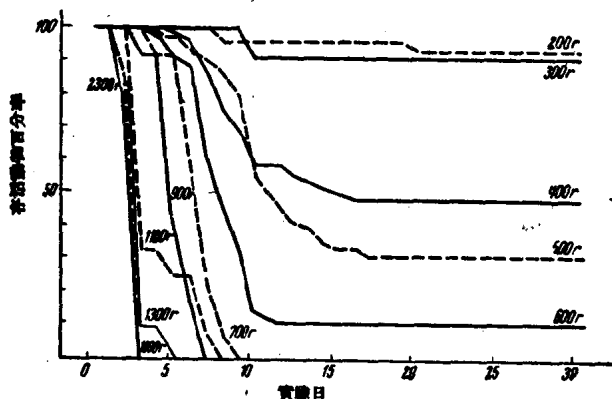


圖3 受各種不同劑量的倫琴射線照射後小白鼠的死亡動態

下面的結論:死亡分布對每一照射劑量都是獨特的。例如,隨劑量的增大,動物死亡分布在時間上一方面變得更緊接,也就是更少伸展,另一方面,愈來愈接近照射的時刻。

討論受照射動物的死亡日期還聯系到這樣的問題：小白鼠的原始體重和它們照射後的命運有無關係？文獻中指出，動物體重與它的放射敏感性是成反比的，也就是說，在同一劑量照射下，體重較輕的動物有更大的死亡可能（Quastler, 1945）。我們手頭的資料可以作為這一論斷的實驗性檢定。

109 只 A 族系年齡為 2—3 個月的雄性小白鼠曾受劑量為 500 倫琴之照射（照射條件和上述一樣），實驗動物的體重在 19—28 克之間。倘說受照射動物的原始體重和它其後的命運真有什麼關係的話，那末由放射作用而致死亡的小白鼠，其平均原始體重應與存活動物的平均原始體重不同。經過相應的計算得出下列結果：

M_I （據照射後存活的 36 只小白鼠的體重計算出的平均原始體重）= 24.30 ± 0.28 克

M_{II} （據照射後死亡的 73 只小白鼠的體重計算出的平均原始體重）= 23.73 ± 0.22 克

由此： $M_{diff} = 0.57 \pm 0.36$ 克。

換句話說： M_I 與 M_{II} 之間的差異在統計學上是未必可靠的。這樣，根據所獲得的資料可以斷言：動物的原始體重並不決定它照射後的命運，也就是說較消瘦的小白鼠其由照射而致以死亡的可能率，並不一定比肥胖的小白鼠更大。

然而，動物體重與它們照射後的死亡或存活無關決不意味着原始體重與放射病本身進程之間沒有聯系，尤其是當時尚未探明原始體重與它照射後的壽命有無關係。為了解決這一問題曾分析了因放射病而死亡的 73 只小白鼠的有關資料。死亡日期是在照射後的第 3 天—第 29 天之間。曾探討過動物的原始體重與它的壽命的關係，相關系數小得可憐（ $r = +0.05 \pm 0.05$ ），沒有任何根據認為實驗動物的原始體重與它們照射後的存活時間有什麼直接關係。

如上所述：除了對受不同劑量照射的動物做過死亡的数量統計外，我們還對它們的放射病的進程進行過系統的觀察，觀察中注意了動物外觀的變化、它們的行為以及其他的臨床征候。

小白鼠的放射病的征候在我們所研究的各照射劑量之間基本上

都是相同的。在这里,也和由电离放射引起的其他的生物学反应一样,变化的显著程度随照射剂量的增大而升高。兹以受 500 倫琴剂量照射的动物的病历为例。

动物在照射后的头两天之内未見有任何異常。第 5—6 昼夜开始变得萎靡不振,显著地消瘦、衰弱,部分动物还伴有腹泻,食欲急剧减少,对水的要求明显增强。某些小白鼠的外观及行为对于放射病的危急时期說来是很典型的。动物的背脊弯作弓形,样子好象很阴郁,毛髮蓬松而污秽,对外界刺激的反应微弱,行动迟缓,搖搖摆摆。

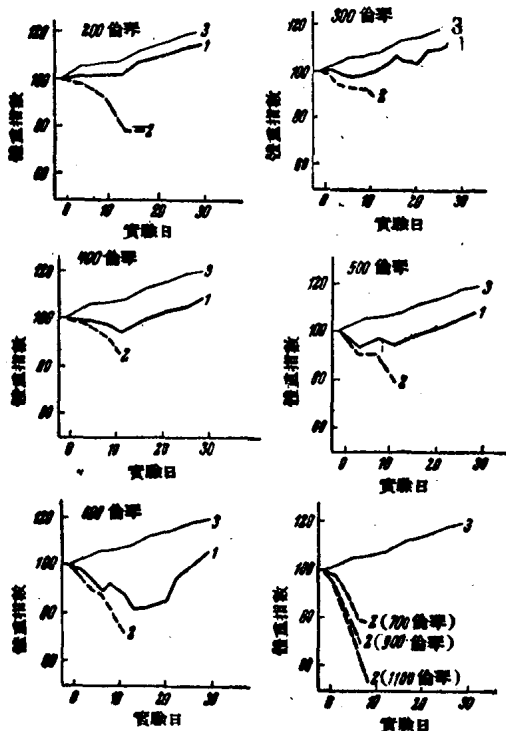


图 4 受各种不同剂量的倫琴射线照射后小白鼠的体重变化 1——实验组(存活动物); 2——实验组(死亡动物); 3——对照组

(动物在某一观察日的平均体重与受照射之日的平均体重之比)。

当对比照射后存活的动物体重指数的变化曲线时可以看出: 随

受这一剂量作用的小白鼠最早的死亡一般始于第 6—7 昼夜,而在第 9—11 昼夜达到最高峰。第 15—17 日后,由放射病而引起的死亡实际上已不再发生。较后时期个别动物的死亡显然是由于繼发性感染(菌血症)所致。实验动物的体重变化清楚地反映了它们的放射病的进程(图 4)。体重变化曲线所依据的数字资料請見文末的表 3、表 4。

为了便于对比起見,所取的不是动物的绝对体重而是体重指数(动物在某一观察日的平均体重与受照射之日

作用剂量的增大,实验组(照射后存活的动物)与对照组之间的差异也增大。它们之间的差异基本上是沿着两个方面进行的。第一:在整个观察期间受照射动物的体重都小于对照组。这一情况在以 200 倫琴的剂量照射时即有明显表现,在 600 倫琴下得到最大的反映。第二:曲线的进程各不相同。对照组动物体重一直在增加,而在实验组由剂量 300 倫琴开始,照射后动物体重先是下降,然后又上升。体重下降的程度与照射的剂量成正比:剂量为 300 倫琴时下降最小,600 倫琴时最大。受剂量为 200 倫琴作用的小白鼠体重未见有下降现象,并且在相当长的时间内保持着大致相同的水平。此外,受照射动物体重变化曲线就其下降至最低值的日期而论亦互有差异。如,剂量为 300 倫琴时,在照射后的第 6 天体重下降至最低值;剂量为 400—500 倫琴时最低值在第 11—12 天;剂量为 600 倫琴时最低值在第 13—15 天。这种差异显然与受照射机体恢复过程开始的早晚有关。受小剂量倫琴射线照射的小白鼠其恢复过程开始较早并且迅速地压倒破坏过程。

照射后死亡动物的体重变化曲线表明,这些动物体重的下降是十分严重的。类似的情况在各种剂量作用下都有着反映。

如果对死亡动物以及存活动物在照射后的最初数天内的体重变化加以详尽的研究,其结果可以作为放射病预后的一个指标。

結 論

1) 受不同剂量的倫琴射线全身照射的小白鼠死亡的量的规律表现为 S 形曲线,其方程式为:

$$y = \frac{100}{1 + e^{5.2597 - 0.01254x}}$$

此处: y 表示受照射动物死亡百分率; x —— 照射剂量; e —— 自然对数的底。

2) 小白鼠在照射后的寿命随作用剂量的增大(从 200—2300 倫琴)而由 14.5 日递减至 3.3 日。

3) 性成熟的动物其原始体重与照射后的存活日期以及死亡之

表 3 受各种不同剂量的伦琴射线照射后存活的小白鼠的体重变化(以照射之日作○日)

剂 量 (伦琴)	动 物 数	动物体重	测 定 日 期														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
200	29	平均体重(克) 指数	22.1 100.0	—	—	22.3 100.9	—	—	—	—	22.4 101.3	—	—	—	22.6 102.3	—	—
300	22	平均体重(克) 指数	22.0 100.0	22.2 100.8	—	21.9 99.5	—	—	21.6 98.2	—	21.7 98.7	—	21.9 99.5	—	—	22.7 103.3	—
400	31	平均体重(克) 指数	22.5 100.0	—	—	22.3 100.0	—	—	—	—	22.0 97.7	—	—	—	21.3 94.6	—	—
500	18	平均体重(克) 指数	22.2 100.0	—	—	20.7 93.4	—	—	—	21.5 96.8	—	—	—	20.9 94.2	—	—	—
600	4	平均体重(克) 指数	21.5 100.0	—	21.2 98.5	—	20.1 93.5	—	19.3 89.7	—	20.0 93.0	—	—	19.2 89.2	—	17.7 82.3	—
未照射的 动物	43	平均体重(克)	21.9	—	—	—	23.0	—	—	—	23.2	—	—	—	23.5	—	—
		指数	100.0	—	—	—	105.0	—	—	—	—	106.0	—	—	107.4	—	—

表 3 (續)

剂 量 (伦琴)	动 物 数	动物体重	测 定 日 期														
			15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
200	29	平均体重(克) 指数	— —	23.7 107.3	—	—	—	—	24.3 109.9	—	—	—	—	24.8 112.2	—	—	25.3 114.4
300	22	平均体重(克) 指数	23.4 106.4	—	23.0 104.5	—	—	22.9 104.1	—	23.7 107.8	—	24.0 109.1	—	—	24.5 111.4	—	24.9 113.2
400	31	平均体重(克) 指数	— —	22.3 99.0	—	—	—	102.7	23.4 102.7	—	—	—	23.5 104.3	—	—	—	24.4 108.4
500	18	平均体重(克) 指数	21.6 97.3	—	—	—	22.4 100.8	—	—	—	—	—	23.3 105.0	—	—	—	24.0 108.1
600	4	平均体重(克) 指数	17.7 82.3	—	17.9 83.3	—	—	18.3 85.1	—	20.2 93.3	—	—	—	—	22.0 102.2	—	22.8 106.0
未照射的 动物	43	平均体重(克) 指数	— —	24.4 111.5	—	—	—	—	25.1 114.8	—	—	—	25.7 117.3	—	—	—	26.1 119.2

表 4 受各种不同剂量的伦琴射线照射后死亡的小白鼠的体重变化(以照射之日作○日)

剂量 (倫琴)	动物只数及其 体重	测 定 日 期																	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
200	动物数	2	—	—	—	2	—	—	—	2	—	—	—	—	1	—	—	—	1
	平均体重(克)	19.4	—	—	—	18.9	—	—	—	17.8	—	—	—	—	15.1	—	—	—	15.0
	指数	100.0	—	—	—	97.4	—	—	—	91.7	—	—	—	—	77.8	—	—	—	77.3
300	动物数	2	2	—	2	—	—	2	—	2	—	2	—	—	—	—	—	—	—
	平均体重(克)	20.3	20.6	—	20.5	—	—	19.9	—	19.9	—	19.0	—	—	—	—	—	—	—
	指数	100.0	101.4	—	101.0	—	—	98.0	—	98.0	—	93.5	—	—	—	—	—	—	—
400	动物数	21	—	—	—	21	—	—	—	17	—	—	—	3	—	—	—	—	—
	平均体重(克)	22.4	—	—	—	21.9	—	—	—	20.8	—	—	—	18.7	—	—	—	—	—
	指数	100.0	—	—	—	97.8	—	—	—	92.8	—	—	—	83.5	—	—	—	—	—
500	动物数	33	—	—	33	—	—	—	28	—	—	—	9	—	—	—	—	—	—
	平均体重(克)	22.4	—	—	20.3	—	—	—	20.4	—	—	—	17.9	—	—	—	—	—	—
	指数	100.0	—	—	90.7	—	—	—	91.0	—	—	—	79.9	—	—	—	—	—	—
600	动物数	39	—	—	—	39	—	29	—	18	—	—	4	—	—	—	—	—	—
	平均体重(克)	21.3	—	—	—	19.2	—	18.8	—	17.7	—	—	15.5	—	—	—	—	—	—
	指数	100.0	—	—	—	90.0	—	88.2	—	83.0	—	—	72.6	—	—	—	—	—	—