

联 合 国
原 子 辐 射 影 响 问 题
科 学 委 员 会
报 告 书

大 会
正式纪录：第二十七届会议
补编第 25 号 (A/8725)



联 合 国
一九七二年，纽约

说 明

联合国文件都用英文大写字母附加数字编号。凡是提到这种编号，就是指联合国的某一个文件。

[原件：英文]

目 次

	<u>段 次</u>	<u>页次</u>
引 言	一至七	1
第貳章 辐射源及剂量	八至三一	5
第貳章 辐射对遗传的影响	三二至四五	14
第叁章 辐射对免疫反应的影响	四六至五〇	19
第肆章 辐射的生癌作用	五一至五九	22

引言

一. 这是联合国原子辐射影响问题科学委员会向联合国大会提出的第六次实质性报告书^①。此一报告书将检讨人类从所有各种辐射源遭受的辐射水平,并且在游离辐射的许多影响之中,检讨对遗传的影响,对免疫反应的影响,以及在动物及人类中引发恶性肿瘤的影响。这些并不是游离辐射仅有的一些影响。由於意外事故或由於核战争而受到的大量辐射所引起的严重后果,此处不予检讨(一九六二年报告书中有关此一主题的简短讨论大体上仍属正确,至少可以作为一个引言;此处也不讨论对神经系统所引起的影响,以及在体细胞染色体中所引起的反常现象,此二点在一九六九年报告书中,委员会均已予以考虑。

① 这科学委员会係一九五五年联合国大会第十届会议所设立。它的职权范围规定在大会决议九一三(十)内。它由下列成员国组成:阿根廷,澳大利亚,比利时,巴西,加拿大,捷克斯洛伐克,埃及,法国,印度,日本,墨西哥,瑞典,苏维埃社会主义共和国联盟,大不列颠及北爱尔兰联合王国,以及美利坚合众国。此一委员会历年所作之实质性报告,请参看:大会正式纪录,第十三届会议,补编第十七号(A/3838);同上第十七届会议,补编第十六号(A/5216);同上,第十九届会议,补编第十四号(A/5814);同上,第二十一届会议,补编第十四号(A/6314);及同上,第二十四届会议,补编第十三号(A/7613)。这些将分别被简称为一九五八年,一九六二年,一九六四年,一九六六年及一九六九年报告书。

二、与委员会前此所作报告书不同,此次向大会提出的报告书不附载专门性附件,换言之,不包括委员会对一些证据所作详尽讨论的经过,也不附列本报告中所述委员会的结论所根据的全部文献。虽然如此,这些专门性附件,分为二卷,将与本报告书同时另行出版^②,而且委员会希望唤诸大会注意,报告书和附件分别出版是纯为方便缘故,附件中所载的一些科学证据是极为重要的。

三、此一报告书系在委员会的第二十,第二十一及第二十二届会议中编制的。^③大部分工作系在专家小组会议中完成,这些小组会议考虑了秘书处所制作的工作文作,并在起草的过程中,根据委员会所提出的一些要求,逐一加以修订。报告书本身系在第二十二届会议上起草的。在第二十届会议上,林德尔(B. Lindell, 瑞典)教授齐林内(V. Zeleny 捷克斯洛伐克)博士及卡尔达斯(L. R. Caldas, 巴西)教授分别担任了主席,副主席及报告人,在第二十一届会议上,林德尔教授索贝尔(F. H. Sóbels, 比利时)教授,及卡尔达斯教授分别担任了主席,副主席及报告人,在第二十二届会议上,卡尔达斯教授索贝尔教授

② 《游离辐射：水平及影响》，第一卷《水平》(联合国出版物：出售品编号：E. 72. IX. 17)及第二卷，《影响》(联合国出版物，出售品编号：E 72. IX. 18) (仅有英文和法文本)。第一卷载有附录及附件壹至肆，第二卷载有附件伍至捌。

③ 第二十届会议於一九七〇年九月二十一日至二十五日在日内瓦联合国办事处举行，第二十一届及第二十二届会议则分别於一九七一年六月十四日至二十五日及一九七二年三月十三日至二十四日在总部举行。

及纳尔逊(A. Nelson, 瑞典)博士分别担任了相同的职务。参加委员会第二十,第二十一及第二十二届会议,作为各国代表团成员的专家名单,载在附录壹之中*。

四. 委员会欲促请注意:它曾在一九七一年向联合国人类环境会议秘书处提出一个基本文件,其中根据委员会研讨人造辐射的经验,论述了对环境污染的估量及控制问题。委员会体认到,根据大会决议九一三(十)所规定的目前委员会的职权范围,委员会和它所擁有的资源可以成为联合国制订环境方面策畧上的一项有价值因素,此项策畧将随着人类环境会议的举行而逐渐形成,委员会准备担负起这一任务。委员会并进一步体会到,在目前情形下,如果减少向大会提具报告书的次数,它可以继续象现在一样地执行任务,因此,委员会要求,请准其在第二十九届大会以前不用再向大会提具报告书;又,如果大会接受这一要求,委员会在一九七三年底以前不准再举行会议,除非大会在联合国环境策畧方面有新的任务交托给委员会,或者委员会被请须应付其他特殊需要。

五. 委员会在准备这一报告书时,曾受到一小组科学人员及秘书长所任命的一些顾问的协助。科学人员及顾问们负责对委员会所收到的,或发表在科学文献中的技术资料作初步性的检讨及估价。虽然委员会对这报告书负全责,但它愿意向那些提供了帮助及意见的科学家们致谢,这些科学家的名字列在附录式之中*。委员会十分感谢他们的合作及他们的

* 本文件中未将附录列入,但列於《游离辐射:水平及影响》第一卷《水平》(联合国出版物,出售品编号: 72.1X.17)内。

在科学方面的专长。

六. 下列组织曾派代表参加了这期间举行的委员会的几届会议:国际劳工组织,联合国粮食及农业组织,世界卫生组织,国际原子能机构,以及国际放射防护委员会,及国际辐射单位及测量委员会。委员会感谢他们在讨论过程中所作的贡献。

七. 从一九六九年五月十七日起到一九七二年三月二十四日止委员会从联合国成员国,从各专门机构及国际原子能机构的成员国以及从这些机构本身所收到的报告,都列在本报告书的附录叁*之中。一九六九年五月十七日之前所收到的报告,则已列在委员会已往向大会提出的报告书之中委员会正式收到的资料,与现行科学文献中的资料,以及与个别科学家未发表的来件中的资料,均曾互相补充印证。

第貳章 辐射源及剂量

甲. 环境辐射^④

一. 天然辐射

八. 自从人类在地球上出现以来,就一直不断地受到天然辐射,不过直到不到一世纪以前,只是受到天然辐射。即使在目前,尽管广泛使用了产生放射性的设备,从核武器试验中产生了广泛的放射性污染,以及日渐增加的核能及放射性同位素的应用,大多数人类所遭受到的辐射仍是来自天然辐射源,并且在可以予见的将来,大概也仍将如此。

九. 天然辐射有两个来源,地球以外的和地球上的。地球以外的辐射来自外空,作为初级宇宙射线而到达大气层,入射的能量和粒子与大气层相互作用,产生次级宇宙射线——这些就是地面上有生命物质所受到的辐射。在地面上的任何一个地点,这种来自宇宙射线辐射的剂量率是相当稳定的,但随纬度而改变,随高度则改变得更厉害。在海平面及中等纬度处,通常的剂量数字是每年30毫雷。随着高度的增加,每增1,500米,剂量率增加大约一倍,直到离地几千米止。

一〇. 在高空飞行的飞机遭受到特殊的问题。在此情形下,不但宇宙射线的剂量率一贯地较在低空时加增甚多,而且在一些稀有情况下,更会随着从太阳闪光而来的高能粒子的发射而突然增加。有些时候,剂量率会增加到很高的程度,迫使飞机必须下降到大气层较低的有保护性的气层中,以避免驾驶人员及乘客受到过多的曝露。超音速飞机的机员,在高空中时间达每年500小时以上者,将会受到比目前次音速喷气机机员较大的曝露。乘客们每公里飞行所受的曝露,在超

^④ 详细讨论请参看附件式。

音速飞机及普通喷气飞机两种情况下,大致将差不多,这是由於在超音速飞行时,飞行时间将较短暂的原故。

一一. 地球上的辐射来自存在於泥土、岩石、大气及水层中数量不等的放射性核素,也来自经由食物链及呼吸进入人体而存於身体组织内的放射性核素。因此地球上的辐射引起了体内及体外的放射性曝露。体外剂量率随土地性质及建筑材料而异,而体内剂量率则相对地言相当稳定。世界人口中绝大部份体外及体内每年受到的地球上辐射的剂量率分别约为50及20毫雷。居住於含高量铀及钍之泥土的地区的居民(约数十万人)所受剂量率高约十倍。

二. 人造的环境辐射

(一) 大气中及地面上核武器试验

一二. 在过去数年中核武器试验的次数远较早年时期为少。在一九六三年之前所进行的试验,仍旧是构成全球放射性污染的最主要事件。然而,这些试验所注入同温层中之残屑,已经几乎完全沉于地球表面,因而来自早期核试爆之残余,未蜕变的放射性的大部分,在目前已存在於泥土、五穀及动物身体的组织中,经由许多物理的及生物的作用而不断地移去。像在过去所做那样,委员会检讨了人体一些组织到公元二千年时所遭受的平均总剂量中,由核试爆所产生的放射性核素所起的贡献。

一三. 锶-90 —— 一种沉澱到骨骼中的核素 —— 的吸入体内已较过去为少,这是由於用来做食物或饲养动物用的植物自泥土中将其吸入的数量比较少了的原故;另一方面由⁹⁰Sr直接沈落在植物上而引起的吸入 —— 这在过去降

落率高时构成了污染的主要途径——现在已经只佔很少的分量。结果便是在儿童以及在成人体内的锶-90的水平已经大大的减少了。锶-90沉积率目前较几年前已经大大地减少了的这一事实,使得更切实地估计此一核素自泥土中进入身体及排出体外的剂量率,成为可能。如此估计出来的剂量数值与过去委员会在没有直接测定值之时所假定的数值不同,新的数值较委员会在上一次报告中所接受的数值为低。与此相反的,自降落尘沉积到地面而对所有体组织造成的体外辐射的剂量的估计,则经修订有所增加。其结果是,尽管由核试爆所造成的长寿期的核素的总量很少改变,锶-90对到公元二千年时总剂量的贡献的相对重要性,已较过去为少,目前主要的贡献来自那些造成体外照射的核素,尤其是铯-137。由一九五五年到一九七〇年底所作的核试爆使全世界人口自一九五五年至二〇〇〇年每人所受总剂量,约相当於曝露於天然辐射中两年的剂量。然而,由於到一九七一年核试爆仍未停止,剂量的进一步增加是可能的。

一四. 碘-131是造成特别问题的一种放射性核素,因为它集中在甲状腺之中,对此器官照射远多於对其他组织的照射,每次吸入之剂量(大多通过牛奶)以婴儿为最高。在一九七〇及一九七一年南半球每次核试爆之后,南半球若干国家曾报告说,其牛奶中出现了碘-131。对婴儿甲状腺的每年平均剂量是在数十毫雷左右;最高年剂量仍远较一九六三年前北半球所报告者为低。

(二) 使用核对裂的电力生产

一五. 由核对裂生产大量电力是经由一连串繁複的操作,其中大多数都把一些放射性物质排入环境之中,因而使民

众暴露於辐射之中。迄今所造成的暴露以及未来经由这些操作排洩物在世界各地所可能造成的暴露,已由委员会根据已发表的资料或直接向委员会提供的资料加以探讨。虽然,这些资料仅系一些拥有发电用核反应器的国家所提供,却没有理由相信在其他国家中一般民众因核发电而受之暴露会有显著的不同。委员会尚未检讨将来由意外事件而释出放射性所可能造成的污染。

一六. 在全部生产过程中——从采矿,碾磨,到制作燃料元件及加浓,到在原子反应器中产生电力,最后重新处理已耗竭的燃料——最后两个操作在目前构成来自核发电对民众剂量的主要来源,主要是由於工人在这过程的最后两步骤内所受的职业上暴露。

一七. 民众的暴露一方面是当地的,只限於居住於核子设备附近的少量居民,另一方面又是全球的。大多数民众的暴露系体外暴露,来自烟囱的气体洩出物,少部分来自液体流出。由於电力生产过程之连续运转,一般公众每年所受的全球剂量,以一九七〇年的电力生产率而言估计是全球人口所受到的来自天然辐射源的平均每年剂量的十万分之一。当地的剂量可以比全球剂量高出数倍。

一八. 依照国际原子能机构所提供的估计,世界发电量到公元二〇〇〇年将增加二百倍以上。以目前的技术及操作方法而言,如果核电力的生产保持恆定于在公元二千年到达的水平,则每年由核发电所造成的全球辐射剂量将高达每年来自天然辐射的剂量的千分之二。当地地区剂量的平均增加数量则更难予测,因为此种剂量与人口密度有关,又与核设备之生产量有关,但由於在公元二千年估计可到达之水平上连续生产电力所造成之每年剂量,当地地区之剂量不太可能

会超过由此等辐射源所造成之全球剂量过多。技术进展或许可将这些预计剂量减少甚多。

(三) 和平用途的核爆炸

一九. 核爆炸具有几乎全未使用的和平用途潜在力。在不久将来有可能被利用者,包括地下天然资源之收回(尤其天然气及油)或经由“圈限”爆炸以造成地下储藏洞穴,以及利用在地面下举行的“造穴爆炸”之移土作用来建造蓄水库,港口及运河等。此二种爆炸均具有造成民众受曝露之可能在第一种情形下系经由在回收之资源中的放射性而在第二种情形下则由於释出放射性物质於周遭环境之中。他们的实际应用或许需要订立国际协定来确定对公众的保护。

二〇. 由第一次试验性的“圈限爆炸”所回收之天然气中所含的人造放射性,经详细估计,显示若将此种气体置入供应美国加利福尼亚州洛杉矶地区七百万居民之煤气分送系统中,此等居民将受到约为受自天然辐射源每年剂量千分之数十的剂量。在此试验中所用之爆炸物并非预先设计以作为增加天然气之生产者,正在发展中的新型爆炸物,预期将有可能将气体污染保持在极低水平,因而可将天然气送出以作工业上甚至家庭中消费之用。

二一. “造穴爆炸”由於其本质,必将使若干放射性洩入空气之中。对此种爆炸迄今仍少进行试验,只有一次,在苏联,用以建造一个蓄水库。目前的技术或者可以用“造穴爆炸”在孤立的地区进行小规模工事。对于大规模的工事,在工事附近居民的安全及长期性的污染,都是有力的限制因素,並將限制了这些计划的实施,除非这些因素由於重大的技术进展而获克服。

乙. 医药上的曝露^⑤

二二 放射性在医疗上用於诊断,並且用於治疗疾病,尤其癌症。个别病人在诊断调查过程中所受的局部剂量可能由等於每年受自天然辐射的剂量(约为 0.1 雷)以至五十倍於此之多。在另一方面,辐射治疗可以引起数千倍於诊断目的所引起的剂量,它们通常是分数星期施於身体的一部份。无论诊断或治疗,照射多发生于体外,但愈来愈多的放射学程序如今将放射性物质引入人体,以致造成体内照射。

二三 民众所受之平均剂量系由个别手术所用之剂量及此种手术实施之次数所共同决定者。自从委员会就此问题提出报告后之过去十年中,在若干技术先进之国家中,随着新技术及仪器的引进及更多医护设备的建成,诊断放射检查之使用次数增加了约每年百分之几。医疗放射之目的在於向大众提供最大之利益,因而增加检查之次数似是有其充分理由的,尤其在发展中的国家之内。由於世界人口中大多数並不容易享到现代化的X光设备,此种设备之数量必须大大增加,以期有效地改善当地的健康水平。

二四 大多数有关医疗曝露之调查多系關於生殖细胞所受的剂量。因为这种剂量如果是在寿命中生殖期已过之后所接受者,则对后代子孫绝无影响,所以对个人剂量的估计系照病人之生育可能性而予以加权,以求获得“具有遗传影响剂量”估计。如此所得之估计,在不同国家中不同,相差可达十倍,其范围约为不及来自天然辐射源之每年剂量之十分之一

⑤ 详细讨论请参阅附件式。

到多於其一半。治疗上的照射多半用於已不能生育之病人，“具有遗传影响剂量”则多半来自诊断照射，不同类别之检查佔平均剂量中不同之份量。极重要的一点是：在一些有着最高卫生水平的国家中，曾报告了最低的剂量，这显示说，使用了现代放射学技术及设备（尤其在严格控制照射区面积方面），最佳的医护並不必需造成超过来自天然放射源剂量五分之一的“具有遗传影响剂量”。

二五、迄今为止，對於骨髓中造血细胞所受之剂量的调查，只有三起。其结果显示每人平均每年来自医疗程序之剂量，约在来自天然辐射源剂量三分之一至二倍之间。

二六、在不同国家中，對於一种检查所造成的平均剂量的估计，调查结果相当接近，相去不足十倍。而且，此等调查并有下列之附带价值：可指明放射学应用程序上之改变或技术上之进步在何处可有效地减少民众之暴露，并可帮助查出受有高剂量辐射之病人是否需要予以继续观察，以侦知延期放射性影响之是否有所增加。然而成问题的是，是否继续强调只进行剂量调查，抑或更多的注意力应该放在可以给病人以最少剂量的其他方法，但此种方法须为切实可行而又满足诊断用放射的需要者。

二七、三种基本方法可对这种改进有不同的帮助，这要看经费及有训练的人员而定——这些是：教育方案，检查次数和所受剂量之调查，以及行政上之控制措施。教育方案可以致力於：(一)放射作业人员及其日常操作方法，(二)临床诊断人员，这些人决定是否施用放射性检查，及(三)一般公众，和培养一种对辐射防护需要的警觉。教育培训方案之提供，及某些行政控制措施之建立，或较剂量调查更为重要，尤其在资源有限之地区。

丙. 职业上的曝露^⑥

二八. 个人在其职业上可能受到放射性曝露。在工业发达国家中,在他们工作中可能受到放射性曝露的人员,据报告每千人口中约有一或二人。密切遵守诸如国际放射防护委员会,国际劳工组织,世界卫生组织及国际原子能机构等组织之规定,可以保证大多数工作人员只受到极低的曝露,极少工作人员会受到超过这些组织所建议的最大容许曝露之数量。全身每年最大容许曝露之剂量约为受自天然辐射源之剂量的五十倍。

二九. 在大多数与放射性曝露有关的工作中,工作人员每年受到的平均辐射剂量据报告,较受自天然辐射者之六倍为少,不过有些工作人员(包括工业上X光照射员及医护上镭操作员)会受到几倍于此的剂量。职业上的曝露按全年计对全人口“具有遗传影响剂量”之贡献,据估计在不同国家中,少于受自天然辐射源之每年剂量之百分之一。

三〇. 放射性伤害目前已很少有,当其偶而发生时,多半由於疏忽。大多数此种伤害发生在工业上X光照射人员,使用X光晶体照相机器的研究人员,以及使用手提萤光仪的压务人员等。这些伤害可因遵照规定的操作步骤而获避免。地下采矿人员——不只在铀矿,而且在若干其他矿中——由於呼吸进放射性物质而受曝露。相当多的努力已在进行中,改进矿坑中的情况,以减少这种放射性曝露,这种曝露若果达到足够的高水平,已经证明与发生较多的肺癌病案有关。

^⑥ 详细讨论请参看附件叁。

丁. 其他辐射源^①

三一. 一般公众可自许多其他辐射源受到游离辐射之暴露。最普遍的,是一些含有放射性物质的消费品,及放射X光的电子管而并非设计来产生X光者。一直到几年以前,夜光式的腕表及彩色电视机均可造成相当数量的剂量。由於国际上的建议及各国的规章,受自这些来源的暴露已迅速减少。虽然最近对于每年“具有遗传影响剂量”的研究结果未见公佈,据估计其数量当较来自天然辐射源之年剂量之百分之一为少。

^① 详细讨论请参看附件肆。

第貳章

辐射对遗传的影响^③

三二. 遗传物质包括染色体——细胞核内之结构在显微镜下看得见的——及基因——构成染色体之工作单位在显微镜下不可分辨。虽然这些结构存在於一切体细胞之中,只有在生殖细胞中者会传到受精卵中,因而由这一代传到下一代。当生殖细胞受到照射后,在这些细胞内的基因或染色体或会发生变化,因而传给受到照射的人的后代。这种遗传上的变化有着各种不同方式:(甲)基因突变,这就是说个别基因的职务起了变化,(乙)染色体畸变,这是由於染色体的折断或改组造成,及(丙)染色体数目之改变。这些改变中的某一些可以造成下一代的畸型,其程度可以从微不足道的不正常到严重的残废或致命的失常。

三三. 由於没有足够的有关人类在这方面的资料,人类生殖细胞受放射性曝露后所造成的遗传上的危险,其估计系根据於旁的动物的结果,尤其是鼠类的。

甲. 基因突变

三四. 估计遗传上的危险的两种最重要的生殖细胞是男性身上的精原细胞及女性身上的卵母细胞。在急性强烈辐射剂量的情形下,在精虫中引发隐性突变的比率据估计在每百万每雷约为100至5,000之间^④。人类群众则无论在急性

^③ 详细讨论请参看附件伍。

^④ 一雷约为受自天然辐射源的年剂量之十倍。

曝露(强烈短期照射)或慢性曝露(缓和长期照射)之情形下,一般受到较低的剂量。根据实验之结果,据估计引起突变之比率约为上述数字之三分之一。因而,对男性来说,每百万每雷造成 30 至 1,500 突变,是更接近实际的一个估计。在强烈急性辐射下,在受照射后不久即怀胎之女性中造成突变之比率约为在男性中之两倍,而在低剂量时,所冒之危险则减为急性高剂量曝露所冒危险之三分之一,且在慢性照射时则减为二十分之一。如果人类之卵巢在照射后之反应与鼠类卵巢之反应相同——此点殊不肯定——则可以预料,若在接受照射后足够时间之后再受精,则受照射之女性之后代发生突变之可能几乎为零。

三五. 显著的基因突变系表现於受照射者之第一代子女。有证据显示,在人类之中大约有一千种基因屬於这一类。在被曝露於低剂量照射之人类男性中,估计引起可见之显著突变之比率约为每百万子女每雷可得二人。

乙. 染色体畸变

三六. 自发的染色体突变是人类苦难的一个相当大的来源,这造成了自发性流产,先天畸性及心智及身体缺陷的一大部份。举例来说,若是拥有一个多出来的小染色体(第二十一号),则造成唐氏(Down's)综合病征,而这与严重的心智退化有关。另一种畸变最近在一鼠类之中收集到很多数据,这被称为“易位作用”。这是在两个不同染色体之间互换其一部份。已经知道在人类中,易位可以造成与拥有多一个染色体相似之后果,或可引致很早的产前死亡。这些影响是由於发生了不平衡的易位,也就是丧失了互换的一部份而得到了另一部份。

在平衡的易位时则在发生这种易位的人身上不会有不利的影响,但他或她的子女中的半数则极可能发生不平衡的易位。

三七. 在雄鼠中,受过曝露后在下一代中产生平衡易位之比率,大致与急性X光照射——中等或高度剂量——之剂量成正比,约为每百万子嗣每雷三十起或许在母鼠中亦相似,但这方面数据仍不足。予期的不平衡易位的产生率(造成早夭或可察见之畸型)则在雄性受照射后约为每百万受精卵每雷60起,在雌性受照射后约为每百万每雷180起。

三八. 为了想要从这些数字中推算出人类在通常曝露情况下所冒的危险,则必须考虑若干不同的因素。首先,从在血细胞中染色体畸变的研究工作中,有证据显示,人类在这方面也许比鼠类对放射性敏感两倍。第二,慢性的珈玛射线照射,在雄性鼠类中引发易位之有效性,只及於急性X光照射之三分之一,而低剂量之急性X光照射(如在医科诊断中所用者)就每雷而言或者只是高剂量之效果之四分之一。因此,慢性珈玛照射在受照射者之子嗣中造成平衡易位之可能性约为每百万每雷7例,而低剂量急性X光照射则为每百万每雷15例。予计产生不平衡易位之数值则大约为此二倍。

三九. 得自人类及鼠类的资料显示,许多这种不平衡受精卵在受孕早期便即死亡,因而只造成一次月经脱期而已。其可以生存而造成畸型婴儿之比例,在目前仍难以估计,但很可能低於百分之六。因此,父亲受到低剂量或低剂量率照射,每百万中约增加一个到两个畸型婴儿。虽然在母亲受到照射的情形时,相似的有相当准确性的估计在目前还做不到,但似乎这个险不致会大的多。

四〇. 易位只是染色体畸变的一种。其自发性的(平衡或不平衡的)约佔在新生婴儿中观察到的全部染色体畸变的

三分之一。得自鼠类的资料显示,其他畸变(譬如染色体的增加或减少)在照射雄性之后不大可能传到下一代,因为有此畸变的生殖细胞,在成熟之前已被淘汰。在雌性来说,有一些却传了下去。从鼠类得到的资料显示,以低剂量率照射雌性,每百万中增加了八个具有XO组成的受精卵(即失去了一个性染色体)。

四一. 这些病例在出生之前,大多数已经死去,生存下来的也将不能生育,並有其他症状(特纳氏(Turner's))综合病征。无疑的,也有失去其他染色体的事例,但这些病例极可能造成胚胎的早夭,故不致成为正常生产的儿童的一大危险。增加染色体则构成人类遗传上一大困难的重要因素。这可能由照射所引起,尤其在女性之中,但迄今仍缺乏肯定的证据。

四二. 所以,可作出结论如下:基因突变比染色体畸变发生的次数较多,而且,在几代之后,染色体畸变便被淘汰消除,但基因突变可能持续到好多代以后,因而影响到更多的人。

丙. 就着自然发生的遗传病率 来估计遗传上的祸害

四三. 上述的估计,虽然提供了由突变引起的危险的估计,但卻並不曾提供了一个有用的估计来衡量社会所受的祸害。委员会觉得,它在这方面,在因照射而产生突变,因而在人类中造成天然发生的遗传不正常这方面,也可以提供一些每单位辐射剂量所造成的危险。这在委员会一九五八年报告书中已第一次尝试着做过了,但当时所用的方式还不十分可靠,觉着不应再继续使用那种方式。不过,最近对鼠类的实验工作显示,在雄性中,以急性照射突变的五个主要指标增加了

每雷百分之三。在低剂量或慢性照射情形下,予期加增数约为每雷百分之一。因为所有这些引发突变的指标全以相同的比率(对照自发率)而增加,委员会认为,可以再度使用前此所用的估计方法而有相当的信心;不过,当然必需加上许多的限制条件。

四四. 曾经估计过,生存下来的婴儿之中大约百分之四带有遗传上注定了的病症,其中约百分之二似乎遵循简单的遗传规则。其余百分之二则有着较复杂的传递律则。为了计算上的方便且以百分之三来说。因此因突变而天然造成的遗传疾病,估计每百万活婴之中有30,000人。

四五. 父母一代之男性中受慢性暴露后,造成遗传疾病的突变数目,每雷加增300起。这些新增的突变中约至20起将在受照射的男性的紧接下一代身上造成遗传病,其余加增的新突变则分佈在其后的许多代身上。

第三章

辐射对免疫反应的影响^①

四六. 免疫性系统是人体内抵抗传染性菌毒及其产生物的主要防护机构。此系统可辨识侵入身体之外来物,並加以摧毁或使之中立:它并不能分辨“外来好东西”或“外来坏东西”。因此,有时它也对抗医药上所希望达到的目标,比如不肯接受必须的组织或器官之移植等。也有些时候,免疫反应本身也是不受欢迎的,比如在过敏性或免疫病理学上的不正常现象等。有时此一系统走上歪路,对身体本身的部份起了反应,造成“自体免疫症”。

四七. 由於许多不同的价值——“好的”和“坏的”——跟免疫系统联在一起,因此,以照射来影响此一系统对人类言在许多意义上都有很大的重要性。举例来说,以照射来压制免疫之反应会减少取得对细菌,立克次氏体属和寄生虫之抵抗力之能力,或中立细菌毒素的能力,因此是辐射影响中不受欢迎的一方面。但以某种方法取得免疫反应之压制,比如在移植器官时却是受欢迎的,有时甚至是必须的。压制或控制过敏性,过分敏感,免疫病理学上的不正常及自体免疫症等,是其他较重要的医疗目标。

四八. 免疫系统只是发展来保护身体抵抗外来侵入物的这种观念已被怀疑。愈来愈多取自动物实验,人类诊疗之数据均显示,在癌症上,恶性细胞可被本身之免疫系统辨识为外来物,体内之淋巴球乃被用来对付癌细胞。一种特殊血清素之存在亦已确立,此素对癌细胞有反应,在某些例子中此素竟对癌细胞加以保护,免受淋巴球致命的攻击。大多数在此领域内的数据均认为免疫反应有对抗已存在之癌的作用,而

① 详细讨论请参考附件陆。

至少在有些场合,很清楚的是,由辐射所引起免疫压制造成癌细胞的加速生长。更有关键性的问题尚未获得答案者,是压制免疫性是否是辐射引发癌症的一个重要因素。

四九. 在实验用的动物身上已有大规模的关于辐射对免疫反应之影响的研究,但在人类的免疫反应中,细胞对放射性的敏感度之观察仍是不多。广岛和长崎提供了有限的一些数据,也从接受了大量放射性治疗的恶性肿瘤病人处取得一些数据。比较研究许多动物显示某一细胞在免疫系统中之放射性敏感度,在大多数动物中是相似的。许多研究的结果或者直接应用于人类身上。最近发展出来的可用来分析免疫反应的“活体外”(in vitro)技术,或可用来直接研究与人类反应有关的人类淋巴球及其他细胞的剂量与效应关系。然而,即使证明了在人类及动物中存在着类似的放射性灵敏度的细胞,也还是不能很确定的作成结论说,在动物与人之间有相似的免疫反应的剂量与效应关系,这是因为单在细胞的阶层上来说,有很多因素没法考虑进去。这包括了个体前此所受到的抗原暴露(就整体来说,次级反应在活体内(in vivo)对辐射更有抵抗力),抗原之种类及剂量,及在抗体侵袭与照射间之时间间隔。

五〇. 免疫系统似乎天生有很大的安全因数因而可以承受挫伤,並自毁损中恢复过来。虽然在培养中的人类淋巴球即使在10雷^①时之影响均已被注意到,但全身体剂量在数十雷时可观察到的对免疫系统的毁损如改变了抗体之形成等,似乎还不需引起十分重大的关切。当对全身体之剂量在一百雷左右时,对免疫系统的损害导致易受传染之增加,而当

① 一雷约为受自天然辐射源之年剂量之十倍。

全身剂量接近并超过二百雷时,对免疫系统之损伤便成了照射的一项极重要的影响,举例来说,表现在受到感染即可致命的危险的增加。

第肆章

辐射的致癌作用^⑫

五一. 以动物为实验证明,如果以足够的辐射剂量照射,大多数哺乳动物的组织都会发生恶性变性,可是,曾受足量辐射的人类仍属极少数,剂量与引起恶性症的关系仍只能以对辐射最为敏感的组织加以研究。曾受照射的最大及最能提供资料的人群,仍旧是广岛及长崎原子轰炸的倖存者。在这之外,应该加上几群受过辐射诊疗的病人,这些人几十年来一直受着注意,以及若干群的工人——特别是地下採铀矿工人——他们在职业过程中遭受辐射曝露。在胎儿期内受到曝露的人羣是又一个特别类别,这是由於孕妇受放射性检查的原故。

五二. 白血病是辐射所引发的恶性症中较为周知的一种。一切证据均显示,产后受到五十至五百雷高剂量照射^⑬,随着剂量的加增而增加了发生白血病的可能。若剂量更高些,产生白血病的频率反而减少,这可能是由於更多有可能成为白血病的细胞已被辐射完全摧毁。因辐射而引发的白血病最可能在受曝露后数年之内发生,而在25年之后,发生的次数已降回到没有受到照射的情况。到这时,观察到大约每百万人每雷产生了15到40起白血病例^⑭。

五三. 在广岛,据估计,在很不确定的假设是相当於约30雷的体外珈玛辐射而以高剂量率发送时,辐射似乎引发了肺

⑫ 详细讨论请参看附件柒及捌。

⑬ 一雷约为受自天然辐射源的年剂量之十倍。

⑭ 这一估计适用於60至400雷之间的珈玛射线剂量。

癌,并且随着剂量之加增而增加了引发率,直到大约一百雷的剂量为止。其他的调查也显示,受到照射的人们有更多发生肺癌的可能性,但仍不十分清楚的是,这个在照射之后十五年之后开始出现的增加率,是否会继续一段长时间,或者终于减退下去。只照表面上看来,在曝露於高剂量率的伽玛辐射之后,在第一个二十五年之中,每百万人每雷产生了从10起(在250雷)到40起(在三十雷)的癌症。

五四. 也有一些甲状腺癌及乳癌的资料。由於染有此等癌症的病人仍可生存一段长时间,只有在很长时期内的死亡资料才能显出这些癌症的发生率。在广岛,因乳癌而致死的妇女人数,显示在受到60至400雷照射之后第一个二十五年中,每百万妇女每雷有6至20起病例;这数字也许是低估了总的发病率。至於甲状腺癌,从比较可靠些的发病率数据中,在同样的剂量范围内,在同样一段时期内,平均数字是每百万人每雷40起病例,不过此项估计仍有很大的不可靠性,因为观察到的病例数目过小。至於肺癌,在受照射的人口中此病的增加率是否会减退,以及何时开始减退等,均仍无资料。

五五. 许多调查均显示,体外照射增加了在受照射人员上总共发生其他各种癌症的可能,但在目前仍无法肯定究竟何种癌症的频率有所增加。在广岛原子轰炸的倖存者之中,很明显,除了白血病,肺癌及乳癌以外的恶性症而致人於死的例子,是显著地随着剂量的加增而增加,但具体的以数字来估计此增加率,却因为我们对于有关身体组织所受的确实剂量的无知而无法做到。暂时只能这样估计:在极不准确的身体组织剂量的假设上,在受到250雷的照射之后第一个25年中,除了白血病及乳癌肺癌以外,每百万人每雷发生了40起癌症病例。25年以后又会发生多少癌症病例,也是不知道。

五六. 在考虑这些估计时,必须清楚记得,这些是根据於以高剂量率发送至少数十雷剂量后所作的一些观察。这些剂量率,有时这些剂量,是有可能在某些医疗过程之放射程序中遭受到的,但却远比由环境辐射——无论天然或人造的辐射来源——所受到者为高。仍旧在猜测中的是,如果从天然辐射源受到连续的,相同的剂量,是否会造成相似后果。用动物做实验显示,在很低剂量时,单位剂量造成癌症之病例应该较少,除非受照射之身体组织具有比人体组织更大的因辐射而产生恶症的可能性。动物实验也显示,连续照射或每次从几分之一照射,其生癌作用较短时间内一次强剂量照射为少。因此,前面几段所给的数字,可能是对受自环境辐射源剂量及剂量率的危险性的偏高的估计。

五七. 对体内受重大剂量照射的人的研究仍很少。这些人是被镭同位素沾染的工人及病人,及曝露於氡气中的矿工。镭-226被吸入体内后,沉澱在骨骼中,它连续照射形成骨骼的细胞达几十年,随后逐渐减少剂量,此项照射造成骨癌。镭-224 照射时期较短,但造成相似后果。

五八. 受高数量氡气及其放射性衍生物曝露的矿工,显示很高的肺癌发病率。发病率似乎与曝露的久暂及水平成正比。这些报导出来的增加发病率,是在曝露於至少相当於数百雷阿尔法辐射的范畴中。然而,剂量测定并不容易,其他因素,如吸烟造成的后果等等,尚未充分列入考虑。

五九. 产前受到照射的后果曾受到很多研究。在出生之前因医药上的原因而曝露於辐射的儿童,很多受到了调查;这些必须受到在高剂量率时至多若干雷的剂量,这些研究显示,生产前受到照射者,在其生命的最初10年中,有着很重要的较大的发生恶性症的危险。可是,受到照射的人,其增加发生恶症的危险,有多少是由於照射的结果,另外多少是由於一些所以需要照射的原因,这一点,仍旧不能确定。

如何購取聯合國出版物

聯合國出版物在全世界各地之書店及經售處均有發售。

請向書店詢問或逕函紐約或日內瓦之聯合國銷售組。

HOW TO OBTAIN UNITED NATIONS PUBLICATIONS

United Nations publications may be obtained from bookstores and distributors throughout the world. Consult your bookstore or write to: United Nations, Sales Section, New York or Geneva.