

放射诊断中 医生和病人的辐射防护

日本医学放射线学会 日本同位素协会 编

原子能出版社

放射诊断中医生和病 人的辐射防护

日本医学放射线学会
日本同位素协会^编

苏 士 杰 译

刘 及 白 光 校

原 子 能 出 版 社

改订二版

放射线诊断における被曝の管理

日本医学放射线学会编

日本アイソトープ协会

放射诊断中医生和病人的辐射防护

苏士杰 译

刘及 白光 校

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

原子能出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本787×1092 1/32 ·印张8 ·字数 175千字

1987年3月北京第一版·1987年3月北京第一次印刷

印数1—1900 ·统一书号: 15175·807

定价: 1.65元

2674/12

内 容 简 介

本书是以国际放射防护委员会（ICRP）第26号出版物提出的新建议为依据，参考了ICRP第15、16、17、22号等出版物以及联合国原子辐射效应科学委员会报告书，较全面地阐述了放射诊断中涉及医生和病人的防护问题。书中详细讨论了正当化和最优化原则在医疗照射中的应用、医务工作者职业照射的防护以及患者防护的简易方法。本书以附录的形式介绍了美国核医学会设置的医学内照射剂量委员会倡导的MIRD法的概念和实际应用。

本书不仅仅对放射线科医师、核医学工作者、放射医学工作者、辐射防护工作者提供指导，而且对所有医务工作者、医学院校师生和在医疗中从事辐射工作的人员也均有教益。

序

从人工辐射源对广大居民照射的角度，医疗照射特别是X射线检查，对广大居民产生的照射剂量最大。X射线检查，在现代医疗中是不可缺少的。随着医疗设施的普及和新的检查技术的发展，今后X射线检查的频度可能还有增加的趋势。

辐射在医疗上的应用，会给病人、受检者或群体带来好处，但辐射也许会增加个人和他们后代受损害的危险度。使用最小的照射剂量为病人或受检者提供最大的利益，是医生的责任。为此，医生必须具备关于辐射物理学作用、生物学作用和辐射损害的危险性等方面的广泛知识。

本书论述了医师和医学院校学生等有关人员，在应用X射线和放射性同位素检查时必须知道的事项。

本书由日本医学放射线学会的防护委员会同日本同位素协会的出版计划委员会密切协作并由防护委员会编辑而成的。

执笔者：第一章 江藤秀雄，第二章 桥诘雅，第三章 栗冠正利，第四章 御园生圭辅，第五章 高桥信次，第六章 佐久间贞行、金子昌生，第七章 北畠隆、饭尾正宏，附录 饭尾正宏。

在参考文献中，主要的是国际放射防护委员会的各种建

议书，尤其是 ICRP 第 6、8、9、15、16、17、22号出版物。这些均由日本同位素协会和仁科纪念财团翻译成日文发行。

1974年3月

主编 御园生圭辅

修 订 版 序

本书自发行以来已经六年了，在这段时间里，无论放射诊断方面还是辐射防护方面，都有了较大的进展。就放射诊断来说，随着医疗设施的普及，检查人数每年都可能递增百分之几，加上新的诊断方法的引入和技术进步，检查人数正在飞快增加。特别是CT的迅速应用和放射性同位素诊断的普及，是有目共睹的。如果以为只要这些技术能正确应用，就会增加被检者的利益，从而只注意增加检查人数是不恰当的。因为增加放射诊断的检查人数，会增加被检者的受照剂量，进而使广大居民的集体剂量增大，这是放射诊断工作者不可忽视的问题。

就防护方面来说，国际放射防护委员会1977年1月发表的ICRP第26号出版物新建议具有重要意义。第9号出版物发表以来，相隔12年才修订。新建议由于采用以前的年剂量当量限值数值，有的人也许会认为新建议与以往的建议没有多大变化。可是对于辐射工作者则需要充分领会新建议内容的意图。第一，新建议提出了一套剂量限制体系。即（1）任何伴有辐射照射的实践，若不能带来超过代价的纯利益，则不应采用（正当化）；（2）一切照射在考虑了经济和社会的因素之后，必须保持在可以合理达到的最低水平（最优化）；（3）个人接受的剂量当量，不得超过委员会对相应情况所建议的限值（剂量限制）。第二，对“医疗照射”，建议中提出了明确的定义，并进一步作了如下说明。一般说来，医疗照射也要服从委员会的剂量限制体系的大部分原则。即应避免不必要的照射；必要的照射，从所获得的利益

来看应该有正当的理由，而且实际照射剂量也应该在符合每个患者医疗利益前提下限制在最低水平。虽然在医疗上规定剂量限值是不适当的，但是医疗照射还是应该遵守正当化和最优化原则。第三，以往的建议，个人剂量限制是由关键组织（器官）的剂量当量限值决定的。在新建议中，则考虑到由照射引起的所有组织的总危险度。从这点出发，在放射诊断中不应只着眼于被诊断的那个器官，同时还要考虑到其它受照射的所有组织（器官）的照射剂量。放射医疗工作者，必须充分注意到这种情况。

日本医学放射线学会的防护委员会，考虑到上述的背景，运用最新知识，对本书进行了修订。它不仅可以帮助放射线科医师，而且对所有医务工作者、医学院校学生以及在医疗中从事辐射工作的人们，都能很好地理解在医疗时应用辐射的正当化及受照剂量的最优化。同时对 ICRP 第 16 号出版物中最具有广泛意义的患者的辐射防护，包括正确的临床诊断、辐射源和防护装置的合理设计、良好的操作方法以及诊断信息的充分解释都作了阐述。

通过医生的问诊、指示及放射线技师的行动进行严格的照射管理。这一点患者和受检者是应该知道的。否则因为患者和受检者对照射有恐惧心理，他们将拒绝正当化的放射诊断。此外，这种精神状态和行动对密切医疗上非常重要的医患关系，也有巨大的影响。

本书编辑发行工作，是上述防护委员会和日本同位素协会的出版计划委员会共同进行的，其内容则由防护委员会负责。

执笔者：第一章 江藤秀雄，第二章 桥诘雅，第三章 栗冠正利，第四章 古贺佑彦，第五章 高桥信次，第六章

佐久间贞行、金子昌生，第七章 酒井邦夫、饭尾正宏，附录 饭尾正宏、山口千里。

在参考文献中，主要的是国际放射防护委员会的各种建议书，尤其是 ICRP 第15、16、17、22、26号出版物（均由日本同位素协会和仁科纪念财团译成日文发行）和“1977年联合国原子辐射效应科学委员会报告书：辐射源和效应”（由ISU公司译成日文发行）。

主编 御园生圭辅

1980年10月

目 录

第一章	辐射防护的概念	1
第一节	辐射防护的必要性	1
第二节	国际放射防护委员会及其建议书	2
第三节	医疗照射	10
第二章	辐射防护所需要的物理基础	15
第一节	电离辐射的定义	15
第二节	辐射的产生	16
第三节	辐射与物质的相互作用	22
第四节	与辐射和放射性有关的单位	31
第三章	辐射防护的医学和生物学基础	40
第一节	放射诊断所致效应的实例	40
第二节	患者为什么需要防护	41
第三节	两类辐射效应	42
第四节	诊断照射时应考虑危险的组织	44
第五节	头颈部检查的危险	45
第六节	胸部检查的危险	45
第七节	胸廓和脊椎检查的危险	47
第八节	腹部和骨盆检查的危险	49
第九节	骨骼检查的危险	52
第十节	医学和生物学上存在的问题	52
第十一节	辐射检查时在患者防护上应该考虑的随机性效应的总结	53
第四章	由医疗所致的辐射照射	55
第一节	X射线诊断对患者的照射	56
第二节	放射性药品对患者的照射	94
第三节	放射治疗	96

第五章	对医疗照射的认识.....	97
第一节	认识的基础.....	97
第二节	患者医疗照射以外的照射及其限制.....	98
第三节	医疗照射和患者的X射线检查.....	99
第四节	群体普查中的X射线检查.....	105
第五节	临床研究.....	111
第六节	医疗照射防护的管理体制.....	112
第六章	医疗工作者的职业照射和防护	116
第一节	辐射诊疗工作者职业性照射和剂量限制体系.....	117
第二节	X射线诊断时工作人员的防护.....	122
第三节	放射治疗时职业人员的防护.....	131
第四节	使用放射性同位素诊断时职业人员的防护.....	132
第七章	患者防护的简易方法.....	138
第一节	X射线诊断.....	138
第二节	同位素诊断.....	173
附录	MIRD法的概念和应用	200
参考文献		225

第一章 辐射防护的概念

江藤秀雄

第一节 辐射防护的必要性

我们的身体不断受到来自天然辐射的照射，这种照射对人类产生的影响是不可避免的，应该看到天然本底的存在。因此，辐射的危险是人工辐射源广泛应用后才出现的问题。回顾历史，要从 W.C.Röntgen 发现 X 射线（1895）讲起。事实上，X 射线发现后还不到三个月，就出现了辐射损伤。最初报告的是从事 X 射线管制造者 Grubbe（美国）手部发生的皮炎，随后相继又有了各种损伤病例的报告。放射线工作者和经放射线诊治的患者损伤病例的发生，核爆炸和核设施辐射事故损伤病例的出现，以及大量的生物学实验资料的积累，都为了解电离辐射对人体的效应奠定了基础。基于这些认识，我们可以把辐射效应大致区分为躯体效应和遗传效应。躯体效应，是指在受照射后不太长的时间里出现的早期（急性）效应，和经过相当长时间后出现的晚发性效应（如生育能力的低下、白内障、皮肤损伤、包含诱发白血病在内的恶性肿瘤等）。正是考虑到电离辐射的这些效应，人们期望辐射的应用会给人类带来更大的利益。从防止和减轻辐射

损害的意义上，“辐射防护”就理所当然地成为重要的课题了。然而，“辐射防护”的对象不仅面对某些个人，而且还面对整个群体。目前一般认为在统计调查时应该重视有重要意义的躯体效应（例如辐射可能诱发的白血病），和遗传效应。

第二节 国际放射防护委员会 及其建议书

电离辐射的危害，在早年已被从事X射线和镭诊治的医师、技术员，以及为研究目的而使用辐射的理工学者们的实践所证实。在X射线发现后仅仅5年的时间里，X射线损伤者竟达170例之多。这足以说明有效而无害地使用辐射，搞好防护是极为重要的。为此，先决条件是要确定身体经常受到照射而不发生危害的辐射剂量。可是当时与这个问题相关连的，不论是生物学作用的知识，还是有关剂量测量的知识，都是不充分的。下面就这些问题作一历史回顾。

1. W.Rollins (1902)^(*) 试图确定X射线危害界限的剂量，当时认为照相底板受照7分钟无曝光现象的X射线照射量是无害的。从而启示了引起皮肤损害的界限量（就当时的软X射线）。这是历史上最早的定量表示法。将这个照射量换算成现在的以伦琴为单位的照射量是10—20R/天。

2. 关于辐射防护组织的活动。1915年英国X射线学会发表了“关于X射线技术人员的防护建议”，说明了X射线的各种效应，开始提出了用铅屏蔽的必要性。1921年英国X射线和镭防护委员会(BXRPC)*，第二年美国伦琴协

* British X-ray and Radium Protection Committee

会*¹、法国镭委员会*²等组织相继成立，可是在剂量上都没有提出任何具体规定。

3. 美国人 A. Mutscheller (1925) 最初提出“耐受剂量”(tolerance dose) 的概念，这是指对人不会产生危害而可以长期耐受的 X 射线剂量。他在题为“预防 X 射线危害的物理标准”的报告中^{7,8)}，对设有 X 射线装置的有代表性的若干医院，专门收集了没有受到损害的工作人员的工作时间、工作内容等资料，同时用电离室进行测量，把放电程度与红斑量*³联系起来，由此得出操作人员在 30 个工作日内，受到不超过皮肤红斑量的 1/100 的照射（即相当于 0.2R/天）是安全的。除此之外，Glocker 等人(1925)¹⁰⁾在采用 Mutscheller 的值的的前提下，把皮肤红斑量的以伦琴为单位的换算值（下同）0.15R/天，视为安全量。Barclay 等人(1928)¹¹⁾根据一例 6 年无损害，受照剂量为 4R/天，取其 1/25 作为安全量。还有，Solomon(1920)^{8,9)}根据经验把 2R/天，Kaye(1928)^{4,1)}也以同样的经验把 0.1R/天作为安全量。

4. 1925 年在伦敦召开的第一届国际放射学大会(ICR)*⁴上，Mutscheller 正式提出了“耐受剂量”的观点。大会强调需要加强与辐射单位和测量有关的国际活动，设立了国际辐射单位和测量委员会(ICRU)*⁵。1928 年第二届 ICR（在斯

* 1 American Roentgen Ray Society

* 2 Commission du Radium

* 3 没有确定剂量的国际单位以前，为了使用的方便，把正常皮肤在某一照射条件下（管电压、滤片、照射野、剂量率等），第一红斑消失后，产生第二红斑的剂量称为红斑量，对于 200kV 的 X 射线约相当于 600R，镭的 γ 射线约相当于 1200R。

* 4 International Congress of Radiology

* 5 International Commission on Radiological Units and Measurements

德哥尔摩召开)把伦琴*¹定为辐射的国际单位。同时确定成立有关辐射防护的委员会,于是国际伦琴射线和镭防护委员会(IXRPC)*²便诞生了。该委员会在同年初开会,目的是暂定防护标准,以当时唯一正式提出的BXRPC的建议为基础进行了研究。1931年对辐射工作人员,就引入所谓辐射耐受水平的可能性进行了一些讨论。1931年美国的X射线和镭防护咨询委员会(下述的NCRP前身),采用了Mutscheller的换算值0.2 R/天。IXRPC在1934年第三次开会时,接受了耐受剂量这一观点,并使用了同样的数值。

5. 随着高电压X射线和 γ 射线的广泛应用,为了把造血器官的剂量保持在当时用穿透力小的X射线所确定的相同水平上,需要进一步降低皮肤剂量。上述的美国咨询委员会,建议把耐受剂量改为0.1R/天(1936)。

6. IXRPC第四次开会(1937)考虑了上述耐受水平,明确了以伦琴为单位时实际剂量和屏蔽物厚度的关系。

7. 1950年IXRPC(在伦敦召开)把委员会的名称改为现在的国际放射防护委员会(ICRP)*³,同时发表了1950年建议书¹⁸⁾。这份报告,主要是以美国国家辐射防护委员会(NCRP)*³,从1946年到1950年所准备的有关内外照射源辐射防护的许多资料为基础的:

1) 使用范围不仅仅限于X射线、 γ 射线,还扩大到了所有的电离辐射。

2) 用最大容许剂量(Maximum Permissible Dose,

* 1 符号当时是“r”,现在用“R”。

* International X-ray and Radium Protection Committee

* 2 International Commission on Radiological Protection

* 3 National Committee on Radiation Protection

MPD)*¹ 一词代替耐受剂量, 对辐射工作者(全身照射) MFD定为 0.3R/周*²。

3) 提出了11种放射性核素最大容许量的建议。

同时, 由于与辐射防护有关的工作涉及各个领域, 一个由少数人组成的委员会完成这样的工作是有困难的。为了促进工作, 特设六个专门委员会*³, 分别承担不同范围的工作(这一组织后来已部分被改组)。

8. ICRP1954年的建议¹⁹⁾, 是I—V专门委员会的研究成果。这里所提出的“容许剂量”是指“按照现有的知识, 在一生的任何时期不会发生被感知的躯体损伤的电离辐射剂量*⁴”。所谓“被感知的躯体损伤”, 是指“每个人感到身体不适或/和由医学权威认为对个人的健康和幸福产生有害的损伤或影响”。最大容许剂量, 对造血器官、性腺和眼晶体建议为300mrem/周; 皮肤为600mrem/周, 与1950年建议相比无本质变化。对于眼晶体主要是引起白内障的问题。对性腺则是引起不孕或受精能力减退, 此时尚不能考虑遗传效应。对群体长期受照的最大容许水平, 建议应该是职业性人员的1/10。关于内照射, 报告收集了大部分核素的必要资料, 列举了空气和水中的最大容许浓度, 同时对剂量计算方法也做了一些阐述。

-
- * 1 人的一生到底能耐受多大辐射量, 这个问题谁也不能作出明确回答, 因此耐受剂量一词不够恰当, 应将它改为更现实的名称。
 - * 2 以前的耐受剂量是 0.2R/天, 每周按 5 天工作, 则相当于 1 R/周, 实际降低到了 1/3。
 - * 3 I. 外照射容许剂量; II. 内照射容许剂量; III. 2 MV 以下电压产生的 X 射线的防护; IV. 2 MV 以上的 X 射线、 β 射线和 γ 射线的防护; V. 包括中子和质子的重粒子的防护; VI. 放射性同位素的管理和放射性废物处理。
 - * 4 本书所使用的辐射都是指电离辐射 (ionizing radiation)。

9. 鉴于原子能事业的迅速发展,电离辐射广泛的应用, 对容许剂量有必要提出更严格的建议。ICRP1958年建议书²⁰⁾指出,所谓“个人容许剂量”,是指“在长时间内累积或一次受照的剂量,这个剂量从现有的知识来看,产生严重的躯体损伤或遗传损伤的几率是微不足道的;或者引起比较常见的只限于性质轻微的效应,受照者本人和专门医生都是可以接受的”。严重的躯体损伤,像白血病之类就是常见的可以导致寿命缩短的效应。关于遗传效应,由于职业性人员显著增加,而且一般人受照射的机会也日渐增多,这就破坏了自然状态下的遗传平衡。可以予想,它将成为在未来世代中增加遗传损伤危险性的理由。因此,不仅要考虑个人受照射的容许剂量,而且建议应当限制群体遗传剂量^{*1}。

所谓“长期累积或一次受照(剂量)”的问题,前者是把造血组织和性腺的累积剂量视为限制因子。对职业性照射,就各年龄来说规定了到某年龄以前容许累积的最大剂量的基本公式^{*2}。如依此公式,按一定比例照射,则每年是5rem^{*3}。同时把在连续13周内累积的最大容许剂量定为3rem。当然,也可以把它看做是一次受照情况下的限制值。应当指出,这些最大容许剂量,不包括天然辐射的照射和医疗照射。

* 1 其定义为:假如该群体中每个人从在母胎起到他生育子女时的平均年令(这里取30年)为止都接受这个剂量,整个群体造成的遗传负担(genetic load)和这些个人实际受到的剂量所产生的结果相同。

* 2 参看表1.1.

* 3 是1954年建议值的1/3.