

核的PCEs平均出现率与对照组相比,发现中子及 γ 线照射组均有显著性差异(分别为 $P<0.05$ 、 $P<0.01$)。结果进一步证明该方法是敏感的。此外,在最低剂量组,对PCEs出现率仅有轻度影响;而当剂量增加时PCEs百分数却明显降低,后者可提供照射后细胞周期延缓程度的指标。然而,特别是在较高剂量时,细胞杀伤对于PCEs的降低也可能有一定作用。

两种射线照射后,除600拉德 γ 射线照射组外,其它剂量组含微核的PCEs出现率是完全平行的。在600拉德 γ 射线组,或由于细胞分裂急剧延缓、或由于此时大量细胞被杀死,致使PCEs微核率下降。最高剂量组里6只动物中仅有3只满足了所需的PCEs计数。

实验2的目的是探讨PCEs出现率降低的原因,究系由于有丝分裂延缓,还是细胞杀伤,或二因素兼有?在低于400拉德 γ 射线照射的各剂量组,72小时PCEs微核率明显低于48小时的。而400拉德照射时,PCEs数非常少,致使计数困难。尽管400拉德照射后96小时PCEs降低的不如72小时明显,然其微核率却持续降低。600拉德照射后72和96小时,PCEs数太少,以致不能检出微核。

Jenssen等指出,在剂量、分裂延缓、细胞杀伤及制标本时间等4个因素,相互间存在着复杂的关系。欲全面地阐明这种复杂的相互关系,只能通过增加微核标本制备的间隔的实验方法才能解决。

假如以表1对照组的PCEs出现率为正常,那么PCEs部分呈指数性降低。中子从0~80拉德、 γ 射线从0~400拉德构成良好的线性符合, D_0 值中子为51拉德, γ 射线为187拉德。此曲线图支持这样一种见解,即PCE百分率在照后48小时的改变反映骨髓内细胞的死亡,这可能是由于中幼红细胞和晚幼红细胞染色体断裂引起的。这种细胞减少进而可以引起外周血流入

骨髓,使骨髓PCEs出现率降低,然而,有丝分裂延缓仍是影响结果的重要因素。

关于48小时的微核率。中子照射0~120拉德和 γ 射线照射0~400拉德的资料产生良好的最小二乘法线性回归(r^2 分别为0.983及0.987),中子对 γ 射线的RBE为 4.3 ± 0.4 。但如仅分析20~120拉德中子照射和50~400拉德 γ 射线照射的资料,甚至可得到更好的直线回归(r^2 分别为0.995和0.996),RBE值为 4.4 ± 0.3 。用后者所产生的截距明显低于零,表明对低剂量照射存在着反应的不同速率或时间。作者认为该效应是由于低剂量比高剂量照射时有丝分裂延缓较少之故。低剂量时,有丝分裂抑制现象较少,其含微核的PCEs也比高剂量时出现的早。

在这些实验中所得到的结果似乎是诸因素相互作用引起的。与较低剂量比较,较高剂量照射则有丝分裂延缓,并导致反应的不同速率。当中子剂量大于100拉德和 γ 射线剂量大于200拉德时,无疑,此效应结合有细胞杀伤效应在内。尽管Jenssen和Ramel对细胞杀伤的作用未给以足够的重视,但他们所用的剂量都在100拉德以下,取标本的时间都在24小时之内。此外,对细胞杀伤的反应,可能红细胞系统具有代偿作用,导致PCEs比率增加,以及在72和96小时所观察到的微核率相应减少。所以,在照射后取材时间不同而结果不同。本试验结果表明以微核测定来监测慢性小剂量辐射效应,以照射后48小时内取材为最适宜。

最后,应指出以上所给的RBE值对一次中子或 γ 射线照射结果做比较时是典型的。它们也可与在相似照射条件下,在此杂种小鼠所得到的显性致死性突变产率和相互染色体易位产率值相比较。

(黄进忠 李藏珍节译 肖佩新 高凤鸣审校)

医院的辐射管理

菊地 透:保健物理 17(1):69~78,1982(日文)

在进入“没有X线就没有医学”的时期以来,在医疗方面的射线利用展现出惊人的发展,给了人类很大的利益,并且已成为原子能和平利用的一个重要方面,正在为人类作出更大的贡献。就像放射免疫分析和X线断层扫描装置(CT)的普及那样,射线在医疗方面的应用还会取得更为广泛的进展。

最近,日本X线照相在一年中超出了3亿张。核医学应用的开放型放射性同位素约占全部开放型放射性同位素总额的90%,达到250亿日元。

随着这些医疗应用的开展,患者所受的照射剂量已占人工辐射源造成的全国居民剂量的一半以上。在医疗单位中从事放射性工作的人数已超过10万人,占

全部放射性工作人数的60%以上,他们的受照剂量也比其它工种高。而且,放射性同位素诊治患者所引起的环境污染也成为大家所关心的问题。

一、医疗辐射的特性及其概况

(一) 医疗照射

医院中所使用的辐射,由X线诊断、辐射治疗和核医学诊断三个部分组成。应用辐射时必须尽可能使公众免受照射。然而,公众(包括患者)的受照剂量,有时仍达到一般放射性工作人员受到的较低剂量水平的几百倍。

医疗照射是医疗实践中不可缺少的一种手段。但是,当实施医疗照射时,使实践具有充分的正当化理由,并按照最优化的原则努力减少受照剂量,这是有关医务人员应尽的职责。

(二) 医疗照射源

1. 诊断用X线装置

医疗中主要的照射源是诊断用X线装置。这方面受照剂量占全民集体剂量的一半以上,同时也是大部分医务人员受照的主要原因。

按检查部位和用途的不同X线装置分为很多种,如一般摄影装置、透视装置、间接摄影装置、牙科摄影装置、移动型X线装置、特殊摄影装置等。产生的X线能量大部分在10~150keV范围内。检查部位以胸部(肺)和腹部(胃)最多,1979年这两项摄影数约2亿张。

2. 加速器

利用加速器产生的高能射线治疗技术已迅速普及。现在日本正在使用的医用加速器有电子直线加速器(170台),电子感应加速器(48台)和回旋加速器(2台)。

大多数电子直线加速器被用作20MeV以下的高能X线和电子束的发生器。回旋加速器用作中子治疗和产生半衰期短的放射性核素。

从辐射防护观点出发,医用加速器重点在于建造前的屏蔽设计(屏蔽结构和屏蔽能力计算),在运行时则应注意对人员停留处泄漏辐射的监测、连锁装置的维护,活化产物和有毒气体的监测等。

3. 密封型放射性同位素

最早把 ^{226}Ra 的密封小源用作镭治疗。现在日本各医疗设施使用的有14种密封源。

^{60}Co 作为强源,常用作远距离控制的照射治疗装置的辐射源。这些装置的辐射防护管理同加速器一样,重点在于建造前的屏蔽设计,抗震性和火灾时贮

存的安全性,以及运行时的泄漏剂量和联锁门的检验等。

把 ^{226}Ra 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 和 ^{198}Au 等小源装入小的胶囊、针或管内制成治疗器具,可插入患者体内或紧贴在皮肤上进行治疗,此种情况下辐射源操作人员受到的照射是较多的。同样,对辐射源破损和丢失的管理也很重要。对携带有密封源患者管理也成为一个重要问题。

4. 开放型放射性同位素

开放型放射性同位素在核医学诊断中用得很多。短半衰期的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 购买量年年增加,1980年达120TBq。用量较多的放射性同位素还有 ^{67}Ga 、 ^{133}Xe 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{198}Au 、 ^{201}Tl 、 ^{111}In 和 ^{75}Se 等。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 占全部购买量的80%以上,体外的总用量在6MBq(1.6Ci)以下。1980年试管的总用量是28,173,027只, ^{125}I 药箱占总数的96%。

(三) 大学的医院

在日本的医科大学和大学附属医院里,几乎都有备有辐射设施的科室。然而,大多数普通的诊疗所只有X线诊断。在大学医院里,开放型放射性同位素的使用量很大,这些医院的设施大多设在城市中人口密度高的地区。为此,在大学医院里建立辐射防护管理是很重要的问题。

二、大学医院现状

(一) 设施和利用状况

作者所属的自治医科大学附属医院,是具有900张病床,日门诊(包括治疗)约1200人的一般大学医院。

X线照相日平均1000张。每个患者照相平均为4.3张,每次的照相张数随各诊疗部门而不同,每次检查消化系统平均为9张,泌尿系统平均为6.3张。对于特殊检查,特别是作心血管造影,X线断层扫描摄影(CT)时,也有一次超过30张的情况。

用 ^{60}Co 照射装置和直线加速器进行射线治疗,一年总计约14000次,治疗病人约600人。镭治疗的较少,每月约2次。核医学诊断和治疗方面,体内检查每年约6300次,1980年放射性同位素治疗甲状腺机能亢进症5例,甲状腺癌1例。

大学里供全校研究用的设施是放射性同位素中心。该中心有: γ 射线照相装置(^{137}Cs , 3600Ci)1台;液体闪烁计数器9台;自动井型计数装置6台;气相色谱分析装置5台(^{63}Ni , 10mCi \times 12),其它仪器超过65台。使用人员约300名,开办讲座37个。

(二) 辐射管理体制

大学和医院有辐射设施两处，但辐射管理体制是统一的（图1）。由2名专职和4名兼职辐射管理人员处理日常管理事务。

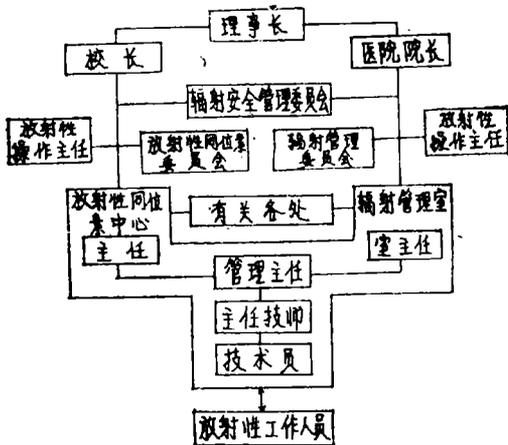


图1 自治医科大学辐射管理体制

（三）工作人员受照情况

医院中受到的照射大部分是X线。在外照射管理方面，进入管理区的全体人员（约500名）都佩戴胶片徽章，并以袖诊剂量计和热释光剂量计（TLD）作为个人受照剂量测定的辅助手段。

医院工作人员在以往5年期间用胶片徽章总计测定了23,000次（每次使用时间1个月），其中受照剂量超过20mR的共计638次，占总数的28%；超过100mR的81次，占0.35%。在这81次中，实际受照者为24人，其中有5人受到超过100mR的照射在5次以上，合计43次；1名循环系统内科医师受到超过100mR的次数最多，达15次，其次是担任镭治疗的医师，有9次；除1名镭疗医师受到的是γ射线照射外，其他人员受到的是X线诊断装置产生的有效能量为30KeV左右的X线。需要指明的是，近半数的人将胶片徽章佩戴在防护器

具的前面，这样的佩戴部位是有问题的。

三、建立辐射管理的尝试

（一）有效剂量当量的应用

国际放射防护委员会（ICRP）发表了新的受照剂量表示方法，即有效剂量当量。作者对X线摄影时受到异常照射的工作人员进行了受照剂量的分析，用人体模型作了重复实验，测定了各脏器的剂量，计算了有效剂量当量。

在手术室工作的X线摄影技师佩戴的胶片徽章测得的一次受照为570mR，根据有效能量约30KeV的受照资料和现场情况，用人体模型作了重复实验，在各个脏器的相应部位插入TLD，测定了各脏器的剂量分布，并算得有效剂量当量为0.13mSv。佩戴在胸部的胶片徽章的测量值为570mR，可看作是皮肤局部受到的最大剂量。由此可见，工作人员的个人剂量监测值与有效剂量当量值相比较有很大差别，个人剂量监测值偏高。

（二）医疗受照剂量测定

从辐射防护观点出发，控制患者的受照剂量也是个重要问题。以前，为了能用简便的方法测定患者的受照剂量而采用皮肤剂量作为皮肤受照的上限值标准。评价诱发白血病和遗传效应时，则采用平均骨髓剂量和性腺剂量等。但这些剂量评价，仅表示了一部分随机效应。皮肤剂量只不过是一种标准。

患者通常受到的是不均匀照射。作者对比较复杂的全身CT摄影时的患者受照有效剂量当量进行了评价。表1列出了4种全身CT装置摄影时的有效剂量当量。全身CT装置机种之间受照剂量的差别达10倍左右。其它的摄影装置，差别竟可达100倍以上。为降低医疗受照剂量，消除机种间的差异很重要。在评价受照剂量时，必须弄清各机种的特性。

表1 4种全身CT摄影时每摄1张的有效剂量当量（mSv）

摄影部位	装置名称			
	本医院的TCT60A装置	A医院a装置	B医院b装置	C医院c装置
胸部	1.67	0.71	4.5	7.8
腹部	1.33	0.55	1.9	3.5

（三）加速器的中子泄漏

医用高能加速器中子剂量监测最重要的地点是进门处附近，可用中子雷姆计数仪。日常工作场所的监测实行起来比较简单。然而，在医用加速器比较多的医院里，中子监测范围应当适当扩大些。在装置设置时

或更动时，应请制造厂或监测单位进行检验。

（四）施用放射性同位素患者的管理

施用了开放型放射性同位素的患者，自身既是污染源，又是照射源。检查后或治疗終了时放射性同位素还将残存于体内一个时期，在此期间，患者在非管

理区的普通病房或家庭中生活，按一般人对待。公众接触这样的患者会受到什么样的照射，环境将受到什么样的污染等问题是今后核医学诊疗中最重要的课题之一。这方面的研究还很少。

1) 放射性同位素大量施用标准

给患者施用放射性同位素时，应特别注意大量施用 ^{131}I 时的辐射管理标准问题。对此，ICRP建议离开放射性同位素治疗室的离室标准为体内残存量 55MBq (15mCi)，美国辐射防护和测量委员会(NCRP)规定为 29.6MBq (8mCi)，这是根据外照射防护要求确定的标准。从设备和环境污染来看，对这些患者引起的污染途径、 ^{131}I 释放量及其释放百分比的研究是很重要的。

最近根据本医院施用 0.185GBq (50mCi) 胶囊的实例的经验，确定了施用大量 ^{131}I 治疗时的管理标准。这个标准是患者离开治疗室时必须满足下述两条：①体内残存量低于 29.6MBq (8mCi)；②尿中日排泄量在 3.7MBq (1mCi)以下。另外，一次施用量应在 370MBq (100mCi)以下。治疗频度是2个月内只能一次。图3表示了 ^{131}I 从患者那里的回收量。

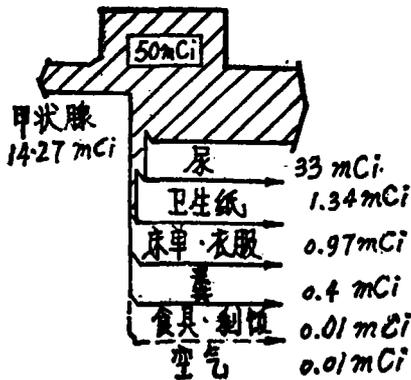


图2 施用 ^{131}I 作甲状腺癌治疗者8天中回收量

2) 施用放射性同位素作检查后的患者管理

施用放射性同位素作检查后的患者在普通区域内生活，由一般人员给予照料。有必要调查患者回家后对家属的受照和家庭内的污染情况。最近，作者对1例静脉注射 $^{99\text{m}}\text{Tc-Sn}$ 胶体 11.1MBq (3mCi)的受检者作了调查。受检者5小时后回家，回家后第1个24小时内尿中排泄量约 $50\mu\text{Ci}$ 。污染局限于厕所和洗脸间，

餐具和衣服未发现污染。家属受照为：幼儿A(1岁3个月) $70\mu\text{Sv}$ ，B(3岁5个月) $25\mu\text{Sv}$ ，C(3岁5个月) $22\mu\text{Sv}$ ，大人D $5\mu\text{Sv}$ ，E(作者) $2\mu\text{Sv}$ 。幼儿A、B、C是受检者的孙辈，他们在受检者近旁的时间长一些。

施用放射性同位素作检查的患者的管理问题，是今后核医学诊疗方面的重要问题。

(五) 教育与训练

使用医疗射线时，从事射线操作的全体医务人员必须掌握和懂得相应的适当知识。可是，在大学医院中应该管理的对象很多，工种超过20种，在现场必须进行相应于该工种的教育和训练。在医院中掌握辐射防护知识的程度一般应是射线技师>医师；教育与研究人员>护士>技术员>公务人员>患者。

因此，利用医疗辐射时，存在着有时患者及其家属对辐射感到担忧，以及必要的辐射治疗有时会造成伤害。其原因之一是医师和护士的辐射安全教育和训练还不够。

确保辐射安全是发展正当的辐射医疗的一个基本条件。医疗领域中辐射管理的最重要的问题是对医务人员进行适当教育和训练。为了适应辐射医疗的飞速发展，需要更多的保健物理专家和辐射管理的实际工作人员。

四、结束语

医疗领域中应用辐射和放射性同位素的量和操作的人数等比别的领域要多，作为管理对象的人员素质也不一样。因此医疗领域的辐射管理不同于其它领域，应及早解决存在的各种问题，必须考虑到医疗领域中辐射管理的重要性和困难性。

医疗受照已成为公众所关心的大事，但除了多数专家关心医疗受照外，到现场深入研究的很少，理解也不深。现在的医疗是由许多工种所组成，辐射管理作为医疗方面的新工种，应有适当的比例，并且需要较多既通晓医疗业务又懂得医疗实质的辐射管理人员和保健物理专家的通力协作，使医疗辐射的应用真正地为增进公众的健康作出贡献，而不是只为一部分人员。开展对医疗现场辐射管理的深入研究是医院辐射管理工作人员的迫切心愿。

(范深根节译 章仲侯审校)