

定。

四、讨 论

从表1可以看出,各工龄组都有大约60%的受检者 ^{226}Ra 体负荷低于 0.26kBq (MDA)。矿山工龄较长的受检者 ^{226}Ra 体负荷比工龄较短者有增高的趋势,然而这些数据并无统计上的相关性。

将安置在Jaduguda铀矿附近的阴影屏蔽全身放射性测量装置的MDA与本文方法的MDA相比较,结果引人注目。用阴影屏蔽全身放射性测量装置测量时,根据NCRP第58号报告提供的资料算得的 ^{226}Ra 的最低可探测体负荷为 1.17kBq ,而呼出氡测量装置的最小可探测活度为 0.26kBq 。后者的灵敏度高出前者约3.5倍。

本文提供的装置简单、实用。取样时间仅为10分钟,因取样与测量彼此独立,所以可以按照时间和仪器的有效利用来调节工作次序,可在一天内采集完受检者的样品,然

后再对这些样品作依次测量。而且这种带有 α 计数器和负压电源的全套装置搬动很方便,可在野外任何场所安置使用。采样时所需的医用氧气和冰一般也均易获得。

应注意的是:实验结果表明,骨、肺和软组织氡的逸出分数分别为0.7、1.0和1.0,通过测量呼气中氡浓度推算镭体负荷的公式(1)中的 f 值可以有0.7~1.0的变化范围,其具体值的确定取决于 ^{226}Ra 是绝大多数沉积在全身骨骼还是在肺或其它组织。 f 取0.84这个值对于退休工人可能是偏低的,而对于新工人则可能是偏高的。因此,在实际应用时限定的 f 值可能会引入一定的不确定度。

这套测量装置不仅可以作为铀矿工和镭治疗单位人员的常规监测,也可用于对怀疑有镭内污染的非铀矿工和其它人群的调查测量。并且在紧急情况下,可将这套测量装置迅速投入现场测量,并对事故造成内污染的程度作出评估。

〔陆汉魁节译 章仲侯 赵兴成审校〕

浅表低贯穿性辐照时辐射防护标准的生物学依据

Charles MW: Radiat Protect Dosimetry 14(2): 79~90, 1986(英文)

使剂量测量复杂化的 β 射线和低能X射线的一个主要特点是当它们在各种介质中被吸收时,其剂量率随进入物质的深度变化太快,从而使探测器的响应与组织剂量之间的关系复杂化。组织剂量通常是通过确定与体表下敏感组织的有效深度相当的探测元件至探测器外表面的距离而测得的。 β 射线和低能X射线对皮肤、眼睛和睾丸这三种器官具有潜在危险性。目前ICRP对眼睛和皮肤的剂量限制是 0.15Sv 和 0.5Sv ,这些值是为避免皮肤的美容影响和眼睛的白内障等有害的非随机性效应而制定的。对性腺剂量限制是根据精细胞受照后对后代产生遗传学损害这一随机性效应而制定的。ICRP对性腺给出

了0.25的权重因子,据此,单个器官受照时可接受的剂量是 0.2Sv 。鉴于诱发皮肤癌这一事实,是否将导致皮肤剂量限值的降低尚有争议。与浅表辐射照射有关的器官正是那些剂量限值仅为其提供最小安全范围的器官,人们对它们尚缺乏放射生物学的了解,因此有必要对这些器官作深入细致的研讨。

睾 丸

ICRP26号出版物认为遗传效应比躯体癌症效应危险性更大,这意味着精原干细胞或睾丸的平均剂量是剂量评价的相关参数。 190kVp 贯穿性X射线 0.15Gy 单次剂量能产生显著的非随机性效应,使精子数目降低达

数月之久。由于这可导致生育能力降低，故被认为是有害的。就细胞杀伤作用而言，分化早期的精原细胞比胚细胞更敏感。Casey和Facey等已注意到高能 β 场剂量测量时精原细胞的有效深度问题，并直接测量了人睾丸的被覆厚度，被覆物主要包括阴囊和几层膜。亦可采用诊断用的B型非侵入性超声波扫描器测定其厚度。一例自愿者将阴囊浸入冰盐水中5分钟后进行超声波检查，发现阴囊厚度增加了50%。温暖条件下对同一阴囊进行多次重复测量，未发现阴囊厚度有明显的变化，在不同的测量技术间有很好的一致性。

Casey得出结论，包括白膜的厚度在内，睾丸位于阴囊表面下2.2mm的深度（标准差=0.6mm），在厚度与年龄之间无相关关系（ $r=-0.1$ ），与体重呈不很显著的正相关（ $r=0.3$ ）。

用精原细胞的平均剂量这个人们感兴趣的量，可将精原细胞的有效深度用睾丸内局部剂量与精原细胞平均剂量相等处所在的深度来表示。平均剂量与 β 能量、源距和阴囊的厚度明显相关。Facey运用剂量分布函数对睾丸体积的积分，计算了精原细胞的平均剂量，并为一名受到裂变产物混合照射的男性核电站维修工计算了精原细胞的有效深度，其为0.8cm。为了模拟稍小于 2π 球面度立体角照射以及睾丸与源之间的距离，Facey认为个人剂量计放置的适当位置应是紧靠睾丸上方的腹部，剂量计元件（如 $340\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 氟化锂片）的正下方应有一相当于几毫米组织厚度的窗，以便于测量在有效深度上的 β 剂量。

眼 睛

鉴于晶体的辐射敏感性，人们对它特别注意。晶体为透明弹性结构，双凸形，两面的圆形结合处叫赤道，细胞分裂主要发生在赤道区，细胞在这儿分化为晶体纤维。晶体是以终生不变的速率生长着，它没有血管，

也不具备清除死亡细胞的机能。Merriam等回顾了有关眼及附属器的辐射效应方面的实验资料，认为晶体是对辐射最敏感的结构，受照的结果是产生晶体混浊，进而由于白内障的形成导致视力受损。对贯穿性低LET辐射的单次照射，阈值为1Gy。1Gy可引起早期水肿和角膜炎，这是眼睑皮肤组织出现的一个与身体其他部位皮肤相似的反应。当剂量超过20Gy时，其反应首先是湿性脱皮。Goldman和Liechti首次证明了对眼晶体赤道区的辐射损伤是放射性白内障产生的先决条件，以后许多学者的实验都证实了这一点，其中包括对人的研究。辐照后赤道细胞分化为晶体纤维的能力遭到损害，未受损伤的上皮细胞继续以正常方式生长分化，所产生的压力渐渐地使辐射损伤细胞的残留物推向晶体后极。细胞破碎后，透明蛋白变性失去透明性，这些物质在晶体后极逐渐堆积，导致白内障形成，并可危及视力。此机制也可解释放射性白内障具有数年潜伏期的特点。

在典型照射条件下，赤道区可能受到最高剂量。晶体的最小深度约为2mm，实际上这是上皮细胞分化为晶体纤维的区域，这一深度是与形成白内障有关的细胞所处的最小深度。事实上，晶体赤道区的有效深度就是用于记录赤道所受平均剂量的平面剂量计的深度。剂量计算时需要考虑射线穿过赤道的各个平面而不是横断面的路径长度。眼睑的屏蔽也是重要的。放置在3mm深处的、测量组织深度剂量的平面剂量计，应当能全面合理地测量不同眼睛的平均赤道剂量和测定辐射的几何学位置。反映累积剂量的适宜厚度为1mm，这与晶体赤道区相近，一只合适的平面剂量计应能累积深度为2.5到3.5mm之间的剂量，且结构要简单。

皮 肤

ICRP26号出版物指定 $5\sim 10\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 为身体受照部位皮肤基底层深度，并推荐使

用均值 $7\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 。随机和非随机性效应的相对重要性取决于许多生物学和物理学因素,特别是受照组织的面积和量。低于非随机性效应阈剂量的大面积照射可能具有相当大的癌症危险;相反,小面积大剂量照射的致癌危险性可以忽略,但可导致湿性脱皮和溃疡。表皮和浅部真皮在随机性效应和早期非随机性效应中起主要作用,晚期非随机性效应,如溃疡和组织萎缩则由于中、深层真皮内的血管损伤所致。由于皮肤癌症的危险度比预期的高,所以随机性危险度表中将皮肤归在不重要的地位的做法值得考虑。最近临床和流行病学研究发现其危险度是极高的。

ICRP26号出版物推荐的皮肤非随机性效应限值——终生 20Gy 的剂量,将导致皮肤癌症的高发生率。目前,ICRP认为非随机性效应比随机性效应重要,并根据 20Gy 的剂量会导致不可接受的美容变化,而建议皮肤年剂量当量限值为 0.5Sv 。最近对职业性受照组的研究表明这一限值可能太高。对于低剂量大面积均匀照射来说,皮肤癌发生的危险性与受照面积和皮肤平均剂量成比例,这是一个难以回避的事实。对极不均匀照射来说,由于超线性剂量响应关系,一些细胞遭受很高剂量时,平均剂量可能低估随机性危险度,或由于细胞不繁殖而高估。实验证明,剂量一定时,癌症发生率最高的是均匀性照射。另一些实验表明,至少对高能

β 辐射体的急性照射来说,真皮萎缩可能是最重要的非随机性效应;而对低能 β 辐射体来说,至关重要的非随机性效应可能是表皮损害。

在评价皮肤急性照射后的预后时,两个部位的剂量计算是必要的,一个是皮肤基底部的剂量,另一个是表层真皮剂量。如果有必要通过平均剂量值来建立剂量限值或用于对不均匀照射的剂量计的设计时,那么使用 0.1 至 0.5cm^2 区域上的平均值可能更恰当。在辐射场的深度剂量不清楚的情况下,采用2个皮肤剂量计(即一个放于皮肤基底部,另一个放在表层真皮部)可能是合适的。但对于贯穿性很低的辐射,几乎可免去评价皮肤所受剂量。

就睾丸和眼睛来说,与辐射防护有关的生物学结论和敏感细胞所处的位置是普遍被接受的,从而使人们可以设计个人剂量计来监测个人剂量、计算期望剂量并可与剂量限值进行有意义的比较。就皮肤来说,目前ICRP的推荐值是不合适的,特别是对极不均匀的照射。只有当随机性与早期及晚期的非随机性效应被确定后,才可能确定最合适的个人剂量计。在过度期的现阶段,对临近表皮基底层平均面积为 1cm^2 的皮肤剂量值与年剂量限值相比的做法肯定是保守的,这有可能会大大地高估了 β 射线对受照病人的健康危害。

〔胡启跃节译 章仲侯 吴德昌审校〕

日本人膳食中的放射性沉降钚

Hisamatsu S等: Health Phys 51(4):479~487, 1986(英文)

本文报告日本1962年和1983~1984年各类食品所致Pu摄入量以及1976和1977年采集的某些食品中Pu浓度,还报告了1977年所采集的海藻中Pu及其它放射性核素的浓度。

材料和方法

东京的国立公共卫生研究所提供了1962年7月至1963年1月在东京、札幌、新潟和鹿儿岛所采集食品的灰样。食品按当时日本推荐的营养需求的标准食谱购备并分为7个