

核医学放射性同位素应用 辐射环境影响评价

刘鸿诗

(浙江省辐射环境监测站, 浙江 杭州 310012)

摘要: 文章介绍核医学放射性同位素应用对辐射环境的影响评价, 包括评价标准、评价方法以及三废排放对环境的影响。

关键词: 核医学; 环境; 评价

中图分类号: X837

文献标识码: A

文章编号: 1000-6931(2004) S0-0188-04

Radiation Environmental Impact Assessment of the Radioisotope's Application on Nuclear Medical Science

LIU Hong-shi

(Zhejiang Province Radiation Environmental Monitoring Center, Hangzhou 310012, China)

Abstract: In the paper, the radiation environmental impact assessment of the radioisotope's application on nuclear medical science is introduced, including the assessment criteria, the assessment methods and the environmental impact assessment of three wastes emission.

Key words: nuclear medical science; environment; assessment

随着我国原子能科学技术的发展和应用, 许多医院和机构都设有核医学科, 专门从事核医学临床诊断或治疗、教育和研究工作。这些核医学放射性同位素的应用, 给人类带来了巨大利益, 但电离辐射对人体有损伤作用也给人类带来了某些直接或潜在的危害, 因此, 在合理利用放射性同位素的同时, 须考虑其对环境的影响。按照《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》等法律法规的规定, 应用核医学放射性同位素时, 应进行环境影响评价。本工作按照国家环保局制定的《辐射环境管理导则核技术应用项目环境

影响报告书(表)的内容和格式》(HJ/T10.1-1995)并结合该项目的特点, 介绍该项目应用对环境影响评价的标准、评价方法。

1 评价标准

核医用放射性同位素应用属于操作非密封源的范畴, 其评价的标准为《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002, 以下简称基本标准), 该标准详细规定该项目应用对个人受到的剂量限制、工作场所的分级标准以及表面放射性污染和放射性物质向环境排放的控制。

收稿日期: 2004-04-15; 修回日期: 2004-05-08

作者简介: 刘鸿诗(1967—), 男, 浙江江山人, 工程师, 辐射监测与评价专业

1.1 剂量限制

基本标准附录 B 第 B1.1.1.1 款规定,应对任何工作人员的职业照射水平进行控制,由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(不可作任何追溯性平均)不超过 20 mSv;第 B1.2 款规定,实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的年平均有效剂量估计值不应超过 1 mSv。

核医学同位素应用项目评价可取职业工作人员和公众成员剂量限值的 1/4,即 5 mSv 和 0.25 mSv 作为各自的剂量管理限值。

1.2 表面放射性污染的控制

基本标准附录 B 同时规定,工作人员体表、内衣、工作服、以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应按表 1 规定的要求限制。

表 1 工作场所的放射性表面污染控制水平

Table 1 Control level of radioactive surface pollution in working site

表面类型	放射性物质/(Bq cm ⁻²)		放射性物质/ (Bq cm ⁻²)
	极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4	4 × 10 ¹
	监督区	4 × 10 ⁻¹	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4 × 10 ⁻¹	4
	监督区	4 × 10 ⁻¹	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4 × 10 ⁻²	4 × 10 ⁻¹

1.3 非密封源工作场所的分级

基本标准附录 C 规定,非密封源工作场所的分级应按表 2 的规定要求。

表 2 非密封源工作场所分级

Table 2 Grading of working site with unsealed sources

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	> 4 × 10 ⁹
乙	2 × 10 ⁷ ~ 4 × 10 ⁹
丙	豁免活度值以上 ~ 2 × 10 ⁷

1.4 放射性物质向环境排放的控制

基本标准第 8.6.2 款规定,不得将放射性废液排入普通下水道,除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液,方可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道,并应对每次的排放量作好记录。

1) 每月排放的总活度不超过 10 AL I_{min} (AL I_{min}是相应于职业照射的食入和吸入 AL I 值中的较小者,其具体数值可按附录 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得)。

2) 每次排放的活度不超过 1 AL I_{min},且每

次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

该基本标准的全部技术内容均为强制性的,也是任何核医学同位素应用单位都必须遵照执行的。另外,在评价时还可考虑卫生部制定的《临床核医学卫生防护标准》(GBZ133 - 2002)和《医用放射性废物管理卫生防护标准》(GBZ133 - 2002),这两个标准也详细地规定了核医学放射性同位素应用的防护和废物管理的标准。

2 污染源分析

核医学常用的放射性核素有³H、³²P、^{99m}Tc、¹³¹I 等十多种,这些放射性同位素的共同特点是能量低,半衰期短。在这些放射性同位素中,用^{99m}Tc 标记的示踪剂占任何医院放射性药物使用量的 80% 以上。目前,该标记液需进行淋洗操作,因此,在评价中可作为重点。如若核医学工作场所是多种核素交替使用的,评价时必须考虑比^{99m}Tc 半衰期更长、使用量更大的核素对环境的影响。

在对污染源进行分析时,应根据核医学使用的放射性核素的种类和每种核素的衰变方式,确定污染因子,如 射线、射线等。另外,工作人员在对各种药物的操作中,会引起工作

台、设备、地面、工作服和手套等的放射性沾污,造成放射性表面污染。核医学同位素应用对环境潜在影响最大的是洗脱出来或购置来未用完但已无医用价值的放射性废(残)液、病人排泄物等对水环境的影响,以及固体废弃物(如一次性注射器等)中沾有或残余的放射性同位素对环境的影响,有时放射工作场所还可能存放射气污染。

因此,核医学同位素应用对环境污染的因子有:射线或 α 射线,放射性表面污染以及放射性“三废”(废水、废气和固体废弃物)对环境的影响。

3 环境影响分析评价

3.1 实践正当性判断

按照基本标准中关于辐射防护实践的正当性要求,核医学同位素应用同样须进行正当性的判断。一般认为,核医学同位素应用具有:1)先进性,表现在极高的灵敏度,已成为微量和超微量物质分析的重要手段;2)不可取代性,核医学同位素的应用被视为流动型原子显微镜,使医学对疾病的诊断治疗深入到亚细胞、分子、亚分子的水平^[1],对挽救生命起着其他技术不可取代的作用,因此,核医学同位素应用一般是正当可行的。但在评价时须指出,医生必须遵守医疗道德,清楚哪些疾病适用于使用放射性同位素诊断或治疗,对那些可用其他手段(如B超)可做的诊断,即使癌症患者,也不该使用放射性同位素。

3.2 工作场所的分级

核医学放射性同位素应用属于操作非密封源工作场所的范畴,根据基本标准,非密封源工作场所应按放射性核素日等效最大操作量的大小分为甲、乙、丙三级,日等效操作量计算公式为:

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作方式的修正因子}}$$

因此,非密封源工作场所的划分,仅考虑操作放射性活度是不够的,还须考虑放射性核素的毒性因子、物理化学性质和操作方式。评价时,重点应关注工作场所的地板、墙面、工作台面、供水与排水、污染桶、照明、通风和通风橱、手套箱和操作器具的设计是否能满足相应级别

工作场所的防护要求。

基于分级要求,基本标准还规定辐射工作场所应分为控制区和监督区,以便于辐射防护管理和职业照射控制。在评价时应关注辐射工作场所布局是否合理,是否可划为控制区和监督区,各区是否有相应的防护、隔离设施等。

如果核医学工作场所严格按照分级、分区的标准进行设计,则核医学放射性同位素应用可以控制污染物的产生,从根本上减少对环境的污染。

3.3 剂量限制

剂量限制是任何辐射工作者都不应超越的限值。评价时,应对辐射工作人员和公众成员的受照剂量进行估算,估算公式根据联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)2000年报告附录A,X或 α 射线产生的外照射人均年有效剂量当量计算公式如下:

$$H = 0.7 \times 10^{-6} D_r t$$

其中:H为X或 α 射线外照射人均年有效剂量当量,mSv; D_r 为X或 α 射线空气吸收剂量率,nGy/h,可采用估算或类比监测得到;t为X或 α 射线照射时间,h;0.7为剂量换算系数,Sv/Gy。

剂量估算结果如满足剂量限制要求,评价时还应考虑防护与安全的最优化是否做到可合理达到尽量低(ALARA)的原则,以尽可能减少工作人员或公众成员的受照剂量。绝不能把个人剂量限值作为设计和安排工作的出发点,也不能把个人剂量限值作为评价的主要标准,也就是说,在不超过个人剂量限值的基础上,尽可能降低照射水平,但尽可能低不是无限制的,它是合理的低。

3.4 放射性废液(废水)

放射性废液(废水)的排放,应严格执行基本标准关于放射性物质向环境排放的控制。目前,核医学工作场所废水处理的措施均采用储存池集中衰变的方法,为放射性核素衰变提供足够的时间,使其放射性物质减少到允许排放的水平。评价时,可采用定量定性的分析方法,估算储存池是否能够满足最大使用量、最长半衰期核素的排放标准。需要指出的是,为减少环境污染,核医学放射性同位素废液(废水)严禁采用稀释排放。

3.5 放射性固体废物

放射性固体废弃物的处置措施目前也采用集中收贮衰变的方法,一般要求衰变 10 个半衰期后可与其他非放射性固体废物一起分类处理。评价时,重点关注核医学使用单位是否根据放射性核素的种类、含量、半衰期、浓度以及废物的体积和其他物理与化学性质的差别,对不同类型的放射性废物进行分类收集和分别处理,是否有利于废物管理的最优化。而对于那些已达到基本标准附录 A 所规定的豁免水平的固体废物,可按一般的固体废物处理,无须集中收贮衰变处理。

3.6 放射性气体

核医学所使用的放射性同位素除 ^{133}Xe 外,一般均为非挥发性核素,操作比较简单,不经过加热、振荡等步骤,因此,一般无放射性气体污染。但为了安全起见,放射性药物的分装、取药可能存在洒出污染危险,通常都在密闭通风橱内操作,而对使用 ^{133}Xe 诊断检查病人的场所,必须具备回收病人呼出气中 ^{133}Xe 的装置,不可直接排入大气。

4 辐射环境管理

核医学同位素应用环境影响评价辐射环境管理是必不可少的内容,管理得当,很大程度上可减少放射性污染,从根本上减少放射性物质向环境的排放。评价时,重点关注使用单位是否建立了辐射防护领导机构,各项规章制度、操作规程和应急处理措施是否齐全、落实,各种安全防护装置是否齐全等方面的内容。对可以使用固体药物(如 ^{131}I 胶囊)、现成药物(如某些城市有奶站,可直接提供标记好的 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ 药物)的,建议使用单位采用,这样也可以减少对工作人员的照射,减少放射性废物的产生。

5 结语

对核医学放射性同位素应用的环境影响评价,应为核医学放射性同位素使用单位的环境管理提供科学依据,为设计工作规定防治措施,最大限度地减少对环境的污染,为保护环境、保障人类的健康服务,使原子能科学技术得到健康的发展。

参考文献:

- [1] 肖伦. 放射性同位素技术[M]. 北京:原子能出版社,2000.4~7.