

CN9100182

CNIC-00317

SMC-0034

中国核科技报告

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

液体闪烁法研究¹⁴⁷Pm在骨组织的选择性

滞留对骨髓免疫活性细胞的损伤效应

SELECTIVE RETENTION OF ¹⁴⁷Pm IN SKELETON

AND ITS INJURY EFFECT ON IMMUNE

CELLS OF BONE MARROW STUDIED BY

LIQUID SCINTILLATION COUNTING



(In Chinese)

原子能出版社

中国核情报中心

China Nuclear Information Centre

CNIC-00317

SMC-0034

液体闪烁法研究 ^{147}Pm 在骨组织的选择性
滞留对骨髓免疫活性细胞的损伤效应

SELECTIVE RETENTION OF ^{147}Pm IN SKELETON
AND ITS INJURY EFFECT ON IMMUNE
CELLS OF BONE MARROW STUDIED BY
LIQUID SCINTILLATION COUNTING

(In Chinese)

朱寿彭 王六一 夏芬 杨淑琴

(苏州医学院)

中国核情报中心
原子能出版社

北京·1989.11

摘 要

研究了当机体摄入不同放射量裂变产物 ^{147}Pm 时在体内的选择性滞留特性和对免疫活性细胞的损伤效应。实验发现在摄入不同放射量 ^{147}Pm 内污染时,在体内主要器官组织中的蓄积特性是: ^{147}Pm 选择性滞留于骨组织中,其次依次在肝脏、血液、肾脏和肺脏中蓄积,且随着摄入 ^{147}Pm 放射量的增加,在骨组织中的滞留比例亦相应增高,在骨组织中的累积吸收剂量亦随之增加。机体在实验性摄入的5个不同放射量 ^{147}Pm 内污染时,可发现骨髓免疫活性细胞中 $^3\text{H-TdR}$ 的掺入率都显著下降,表现出在 ^{147}Pm 内照射的作用下,骨髓幼稚细胞受到严重损伤,使增殖能力、DNA合成功能明显受到抑制,导致中胚免疫器官骨髓的免疫活性细胞严重受损。

关键词 液体闪烁法 ^{147}Pm 滞留 免疫活性细胞

SELECTIVE RETENTION OF ^{147}Pm IN SKELETON AND ITS INJURY EFFECT ON IMMUNE CELLS OF BONE MARROW STUDIED BY LIQUID SCINTILLATION COUNTING

Zhu Shoupeng Wang Liuyi Xia Fen Yang Shuqin
(Suzhou Medical College)

ABSTRACT

The purpose of the present study is to ascertain the retention regularity in organism by varying doses of ^{147}Pm and its injury effect on immune cells of bone marrow. The experimental groups of BALB/C strain mice were injected intravenously with 37, 1.85×10^2 , 9.25×10^2 , 3.7×10^3 , 1.85×10^4 and 1.85×10^5 Bq/g respectively. The radioactivities in liver, kidney, skeleton, lung and blood samples were determined by liquid scintillation. The results showed that the ^{147}Pm was most highly deposited in skeleton, then in liver, blood, kidney and lung. The absorbed doses in skeleton increases as the intake of ^{147}Pm increases. At the same time, the incorporation of ^3H -TdR in immune cell of bone marrow is remarkably decreased. It shows, under the radiation of ^{147}Pm , the DNA synthesis function is inhibited, and the immune cell of bone marrow is seriously injured.

前 言

在放射医学领域中,对在核动力装置运转过程中以及在核试验中释出的一些重要裂变产物摄入机体时,对免疫活性细胞的损伤效应亟待阐明^[1]。因为这是探讨放射性裂变产物核素对机体的损伤特点,损伤机理以及病理过程发生和发展的重要依据,重核裂片¹⁴⁷Pm在混合裂变产物中所占的份额较高,而且又属纯 β 辐射体,因此目前在发光涂料中多采用¹⁴⁷Pm来代替²²⁶Ra作为激发能源^[2],这就增加了其摄入人体的可能性。本研究用液体闪烁法探讨了机体摄入不同放射量的¹⁴⁷Pm后,在体内所呈现的选择性滞留特性和对组织免疫活性细胞的损伤效应。

实验方法与结果

实验选用放射纯和化学纯的¹⁴⁷Pm硝酸盐溶液,其比放射性为 3.7×10^4 MBq/mL。研究观察是在体重为 $22 \pm (\text{SD}) 2$ g的BALB/C纯种小白鼠体中进行的,共用小白鼠40只,分6个组,即一个对照组和5个实验组,实验各組组由小白鼠尾静脉注入¹⁴⁷Pm的放射量为 $37, 1.85 \times 10^1, 9.25 \times 10^1, 3.7 \times 10^2$ 和 1.85×10^3 Bq/g体重。对照组小白鼠由尾静脉注入等容积的生理盐水,在¹⁴⁷Pm内污染后一昼夜,由颈动脉放血处死各組动物,分别进行下列实验观察:

一、机体受不同放射量¹⁴⁷Pm内污染时的滞留特性研究

取受不同放射量¹⁴⁷Pm内污染的各組处死动物,收集血液样品,迅速解剖,立即取出肝、肾、肺和股骨(取皮质和松质各半)等组织,用扭力天平称取各组织样品50mg,按匀相透明液制备法处理上述样品^[3]。至于对硬组织如骨皮质的匀相透明液制备,则要将骨皮质作碎化处理,然后加入高氯酸消化,过氧化氢脱色,再在80℃恒温水浴装置上加热1h,冷却后加入乙二醇醚助溶,最后加入0.6%的PPO-甲苯闪烁液。所有样品在制成匀相透明液后,放入双道液体闪烁计数器中作匀相法测定。所测得各样品的放射性强度,都先经过淬灭校正,然后换算成在整个观察器官组织中所含的放射性强度,即按骨、肝、肾、肺和血液的所占重量分别为整个小白鼠体重的14%, 4.5%, 0.7%, 1.4%和6.4%进行计算^[4],结果见表1。

表1 机体静脉注入不同放射量的¹⁴⁷Pm后一昼夜阶段在各观察器官组织中的滞留量(Bq, $\bar{X} \pm \text{SD}$)

注入的放射量 (Bq/g)	实验小白鼠数	观 察 的 器 官 组 织				
		血	骨	肝	肾	肺
37	5	$1.37 \times 10^2 \pm 14.58$	$3.41 \times 10^2 \pm 105.80$	$1.20 \times 10^2 \pm 10.84$	$0.14 \times 10^2 \pm 2.59$	$0.35 \times 10^2 \pm 13.06$
1.85×10^1	10	$1.26 \times 10^2 \pm 4.35$	$6.04 \times 10^2 \pm 224.53$	$3.67 \times 10^2 \pm 154.30$	$0.21 \times 10^2 \pm 3.23$	$0.46 \times 10^2 \pm 9.49$
9.25×10^1	5	$2.51 \times 10^2 \pm 14.71$	$8.44 \times 10^2 \pm 84.69$	$1.19 \times 10^3 \pm 88.16$	$0.35 \times 10^2 \pm 7.06$	$1.21 \times 10^2 \pm 57.95$
3.7×10^2	5	$1.09 \times 10^3 \pm 7.64 \times 10^2$	$2.98 \times 10^3 \pm 6.51 \times 10^2$	$2.72 \times 10^3 \pm 6.18 \times 10^2$	$1.57 \times 10^3 \pm 1.03 \times 10^2$	$7.09 \times 10^2 \pm 3.96 \times 10^2$
1.85×10^3	5	$5.25 \times 10^3 \pm 2.36 \times 10^3$	$1.14 \times 10^4 \pm 1.09 \times 10^3$	$2.07 \times 10^4 \pm 1.51 \times 10^3$	$5.30 \times 10^3 \pm 1.44 \times 10^3$	$3.98 \times 10^3 \pm 1.28 \times 10^3$

从表1中可以观察到当小白鼠在遭受低放射量或较高放射量 ^{147}Pm 内污染时的蓄积动态是：在骨组织中最高，其次是肝脏，再次是血液、肾脏和肺脏，即在体内总的蓄积特性是呈选择性滞留于骨组织中。而且可以观察到随着机体摄入 ^{147}Pm 放射量的增加，在这些观察器官组织中的蓄积量亦随之相应增加。

二、机体受不同放射量 ^{147}Pm 内污染辐照时在各主要器官组织中的累积吸收剂量

实验观察小白鼠的分组和摄入 ^{147}Pm 的放射量均同第一部分的工作。当机体由静脉摄入不同放射量 ^{147}Pm 时，在选择性蓄积部位骨组织和其它观察器官组织中的累积吸收剂量的计算公式如下^[5]：

$$D(t) = 51.2 \times \epsilon \times Q/m$$

式中， $D(t)$ 为 t 时刻的体内累积吸收剂量，以mGy计； ϵ 为 ^{147}Pm 蜕变的平均有效吸收能量，取值为 $0.07\text{MeV}^{[6]}$ ； Q 为实测活度，以37kBq计； m 为器官的重量，以g计；51.2为换算系数，来自 $3.7 \times 10^4 \times 1.6 \times 10^{-8} \times 60 \times 60 \times 24$ ，其中 $3.7 \times 10^4\text{Bq}$ 则为每秒的衰变数； 1.6×10^{-8} 为1MeV的尔格数， $60 \times 60 \times 24$ 为1天的秒数，再除以10即可将尔格换算成mGy。

根据上述公式，计算出机体在每g体重注入不同放射量的 ^{147}Pm 后一昼夜的各主要器官组织的累积吸收剂量，如表2所示。

表2 机体静脉注入不同放射量的 ^{147}Pm 后一昼夜期在各观察器官组织中的累积吸收剂量 (mGy, $\bar{x} \pm \text{SD}$)

注入的放射量 (Bq/g)	实验小白鼠数	观 察 的 器 官 组 织				
		血	骨	肝	肾	肺
37	5	0.064 ± 0.013	0.168 ± 0.112	0.072 ± 0.009	0.006 ± 0.003	0.020 ± 0.012
1.85 × 10 ³	10	0.090 ± 0.013	0.476 ± 0.112	0.522 ± 0.081	0.017 ± 0.003	0.040 ± 0.006
9.25 × 10 ³	5	0.130 ± 0.013	0.728 ± 0.084	1.134 ± 0.090	0.030 ± 0.007	0.110 ± 0.056
3.7 × 10 ⁴	5	1.012 ± 0.743	28.812 ± 6.300	26.361 ± 5.944	1.515 ± 0.594	0.681 ± 0.384
1.85 × 10 ⁵	5	50.714 ± 22.874	1107.680 ± 154.280	2002.770 ± 145.830	51.352 ± 13.986	38.528 ± 12.460

从表2可见，随着 ^{147}Pm 摄入放射量的增加，在各主要器官组织中的累积吸收剂量亦呈相应增高，并观察到在骨组织中的mGy数最高，其后依次为肝、血、肾和肺等。应该指出的是，在骨组织中出现的累积吸收剂量高峰是与 ^{147}Pm 在骨组织中的选择性滞留有密切关联的。

三、机体受不同放射量 ^{147}Pm 内污染时对骨髓免疫活性细胞的损伤效应

观察在 ^{147}Pm 选择性滞留部位的骨髓免疫活性细胞的损伤效应是分6个实验组和相应对照组同时进行的：

(1) 骨髓细胞的制取和培养

实验组及对照组小白鼠由颈动脉放血处死后，取出小白鼠的一侧股骨，放入小瓶中，加10mL Eagle洗液后，用止血钳夹碎股骨，混匀，抽取细胞悬液移入离心管中，用1000r/min离心10min，弃上清液，用2~3mL Eagle洗液将细胞悬浮，然后取少量细胞悬液，用2%台

骨髓造血功能 10d 后，骨髓造血功能恢复正常。同时，骨髓造血功能恢复，骨髓造血细胞增殖的旺盛性、骨髓造血细胞的存活率也恢复正常。骨髓造血功能的恢复，说明在一定剂量的¹⁴⁷Pm 照射下，骨髓造血功能受到抑制，但骨髓造血功能在照射后 10d 即可恢复正常。骨髓造血功能的恢复，说明骨髓造血功能具有较强的自我修复能力，骨髓造血功能的恢复，说明骨髓造血功能具有较强的自我修复能力。

(2) 骨髓造血功能恢复的速率

骨髓造血功能的恢复，说明骨髓造血功能具有较强的自我修复能力，骨髓造血功能的恢复，说明骨髓造血功能具有较强的自我修复能力。骨髓造血功能的恢复，说明骨髓造血功能具有较强的自我修复能力，骨髓造血功能的恢复，说明骨髓造血功能具有较强的自我修复能力。骨髓造血功能的恢复，说明骨髓造血功能具有较强的自我修复能力，骨髓造血功能的恢复，说明骨髓造血功能具有较强的自我修复能力。

(3) 骨髓造血功能的测定

骨髓造血功能的测定，采用放射自显影法，将放射自显影剂³H-TdR 注入骨髓，较大剂量组有 PPO-PO 计数管 100 支，每支 10mL 的放射自显影剂，按照放射自显影剂的注入量，即可将放射自显影剂注入骨髓。放射自显影剂注入骨髓后，用液体闪烁计数器 LS 6800 (型号) 测定放射自显影剂的计数率。测定结果以每分钟的计数率表示，样本的放射性强度按下列公式计算：放射性强度 = ³H-TdR 的计数率 / 骨髓细胞的 DNA 含量 × ³H-TdR 的摄入量。骨髓造血功能的测定，采用放射自显影法，将放射自显影剂³H-TdR 注入骨髓，较大剂量组有 PPO-PO 计数管 100 支，每支 10mL 的放射自显影剂，按照放射自显影剂的注入量，即可将放射自显影剂注入骨髓。放射自显影剂注入骨髓后，用液体闪烁计数器 LS 6800 (型号) 测定放射自显影剂的计数率。测定结果以每分钟的计数率表示，样本的放射性强度按下列公式计算：放射性强度 = ³H-TdR 的计数率 / 骨髓细胞的 DNA 含量 × ³H-TdR 的摄入量。

表3 机体静脉注入不同放射量的¹⁴⁷Pm后一昼夜阶段骨髓中免疫活性细胞增殖能力的变化

注入的放射量 (Bq/g)	实验小白鼠数	骨髓免疫活性细胞中 ³ H-TdR的掺入率% (实验组/对照组, $\bar{x} \pm SD$)
37	5	55.19 ± 23.84
1.85 × 10 ²	10	33.91 ± 16.63
9.25 × 10 ²	5	83.05 ± 32.40
3.7 × 10 ³	5	64.77 ± 23.10
1.85 × 10 ⁴	5	30.83 ± 14.16
1.85 × 10 ⁵	5	40.02 ± 17.83

由表3可见，中枢免疫器官骨髓中的免疫活性细胞对于³H-TdR掺入率的改变是，在本实验观察的6个不同放射量¹⁴⁷Pm摄入机体的内照射作用下，均呈显著下降，表明¹⁴⁷Pm引起了骨髓免疫活性细胞DNA合成能力的抑制损伤效应。

讨 论

在进行核试验时产生的或因核电站事故而逸出的放射性核素中包含裂变产物¹⁴⁷Pm，它可对环境地面、物体和空气造成污染，从而直接导致在污染区域内人群受到裂变产物放射性核素摄入人体的危害，引起相应的内污染照射效应。而阐明内污染放射性核素¹⁴⁷Pm对机体免疫活性细胞的损伤效应，是探讨内污染核素¹⁴⁷Pm对机体的损伤特点、损伤机理和预计对机

体迟后效应的重要依据^[1]。

实验观察发现, 机体摄入不同放射量的¹⁴⁷Pm时的选择性蓄积部位是骨组织, 因而在该组织呈现出最高的组织吸收剂量效应, 而骨髓不但提供了各种免疫细胞的前体细胞, 也还是哺乳动物B细胞成熟的场所^[2], 因此, 骨髓是其重要的中枢免疫器官, 本实验通过体外培养经不同放射量¹⁴⁷Pm照射后的小白鼠脾脏细胞, 观察其³H-TdR的掺入率, 不仅可反映骨髓中各种功能细胞的增殖能力, 并且在一定程度上也可反映出淋巴细胞发生体系增殖能力的变化情况, 在实验中观察到的6个不同放射量¹⁴⁷Pm内照射作用下, 可见到骨髓功能细胞中³H-TdR的掺入率都是显著下降, 表明骨髓功能细胞在¹⁴⁷Pm照射作用下, 受到严重损伤, 其增殖能力、DNA合成功能明显受抑制, 文献中曾在很重抗体受染水内污染时, 亦观察到类似的损伤效应^[3], 所以在本实验中观察的6个不同放射量的¹⁴⁷Pm内污染照射时, 均可引起细胞增殖能力降低, 功能受损, 导致中枢免疫器官骨髓免疫活性细胞的严重损伤, 因此, 从防护角度来考虑, 对从事¹⁴⁷Pm发光液体闪烁计数装置的操作人员, 应注意适当控制其作业, 防止受到¹⁴⁷Pm的内污染。

参 考 文 献

- [1] 朱寿彭, 放射毒理学, 第一版, 第51—53页, 原子能出版社, 北京, 1983.
- [2] Smith VH, Health Phys, 23 (1) : 31-36, 1972.
- [3] 朱寿彭等, 中国药理学报 3 (3) : 197-200, 1982.
- [4] Беседовский РА и др. Справочное Руководство для радиобиологов стр.83-84 Атомиздат Москва 1987.
- [5] Snipes MB et al, Health Phys 41 (2) : 303-307, 1981.
- [6] ICRP Publication, 2, p.156-159, 1959.
- [7] 朱寿彭等, 环境科学, 5 (2) : 23-25, 1984.
- [8] Osmond DG, J Immunol 133 (1) : 86-90, 1984.
- [9] Русанова ГГ и др. Метод радиол, 29 (7) : 66-65, 1984.

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

书号: 15175-00317

P.O.Box 2103

Beijing, China

China Nuclear Information Centre