

# 实验动物 $\gamma$ 射线长期累积小剂量照射方法\*

张 仲 纶

(中国科学院生物物理研究所)

## 一、引 言

放射生物学照射方法的研究不少,国际辐射单位和测量委员会曾于其报告 10e:《放射生物学剂量学》<sup>[1]</sup>中进行了讨论。但多为短时间的大剂量照射,对于长期累积小剂量的照射方法也多为小动物<sup>[2-5]</sup>单点源照射。

为了进行长期累积小剂量研究,我们设计了照射室,照射方法照射源安放位置,运行十多年,证明能满足实验要求。现分述如下。

## 二、照 射 源

照射室内面积为  $8 \times 8$  平方米、高 4 米,四角及中央埋有 5.5 米深的储源不锈钢管,非工作状态时,源位于管的底部;照射时,源位于铅制定向器内;源的升降由操纵室手摇鼓轮拉动尼龙绳来进行。

照射室墙上有强制通风口,屋顶有两排南向天窗,装排风扇两个,天花板上装照明日光灯五盏和消毒用紫外灯四盏,地面四周有排水沟,室内还装有上、下水道便于清洗(图 1)。

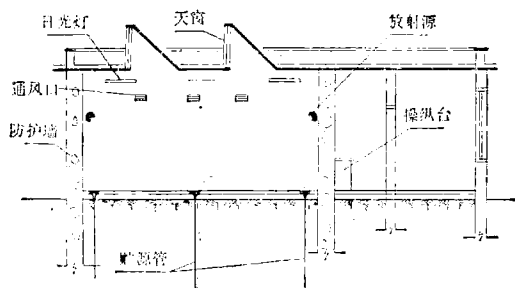


图 1 照射室建筑剖面示意图

照射室混凝土墙厚 60 厘米,在照射源处于工作位置时,室外邻近区域的剂量低于安全值,

因而饲养在邻近房内的照射动物皆生活于安全剂量之下。

## 三、照 射 技 术

### 1. 照射源的排列与剂量均匀性

为了使剂量一致,所有动物照射位置应在照射场的同等剂量区内。另外,每只动物活动范围内剂量值变化不能相差太大。我们要求在动物笼内最高剂量与最小剂量之比的不均匀度在 1.15 以下。

动物体内剂量的均匀性一般要求是 1.15 的不均匀度,(A 级),若达到 1.30 则属于不均匀照射(B 级)。

照射室的四角及中央有五个点源。对于大动物(体重超过 2.5 公斤),笼子宽 50 厘米,长 90 厘米,高 60 厘米,中央点源照射场的均匀可用区很小,一角单点源必须在 7—8 米外,对角双点源则形成一较大的双瓣形均匀区(图 2),四角四点源形成一十字形四瓣均匀区(图 3),

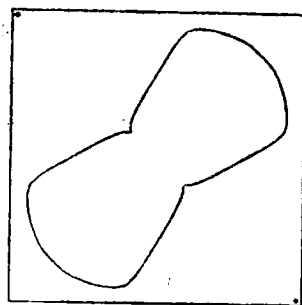


图 2 双角双点源剂量均匀区

对于小动物(笼尺寸  $15 \times 20 \times 30$  厘米)则中

\* 本工作的主要参加者还有:

王曼霖、丰玉璧、付世儒、马海官、李忠、周启铃、赵克俭等。

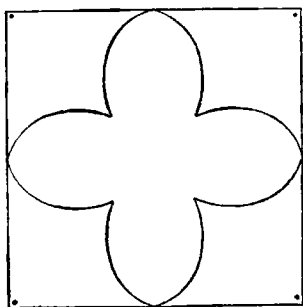


图3 四角四点源剂量均匀区

央单点源距离在 2.3 米以外即可满足。

另外,要考虑到体内吸收剂量的均匀性。大动物用单点源不能达到要求,所以选取对角双点源照射。四点源的均匀区和体内剂量均匀性都较好,但动物排列时相互遮挡,故仍以对角双点源为好。

对于小动物,则用中央单点源圆周排列动物架可容纳较大数量的动物同时照射。

(1) 大动物对角双点源照射技术 使用对角两个源,动物架置于另一对角线上(图4),架分上下层,上放动物笼,分 18 个位置(图7)。为

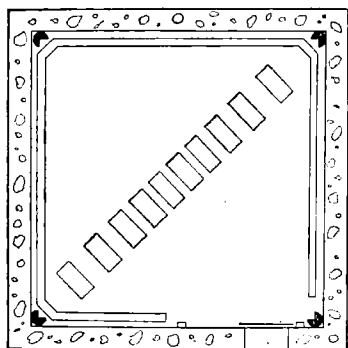


图4 大动物对角双点源照射位置

了消除每只动物的累积剂量不同,用置换位置的方法。笼内的空间剂量不均匀度小于 1.10,体模内吸收剂量的不均匀度小于 1.17。

(2) 小动物中央单点源照射技术 笼架排于半径 2.3 米和 2.9 米圆弧上,各笼间空间剂量比较均匀,而笼内(径向 30 厘米)剂量不均匀度小于 1.20;体内均匀度由于照射时小动物不断活动,从各向照射的几率相差较少(图5)。

## 2. 时间因子

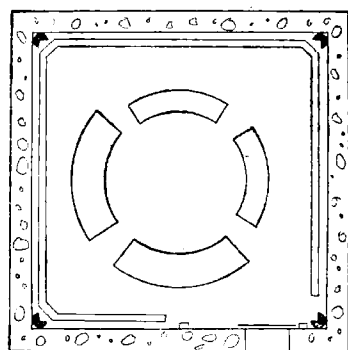


图5 小动物中央单点源照射位置

因为  $^{60}\text{Co}$  源半衰期影响,必须每三个月调整一次照射时间,一年变更一次源强,使影响生物效应的时间因子也趋于常数。图6是1965—1970年第一批实验每天剂量、每天照射时数,及源强变化情况。

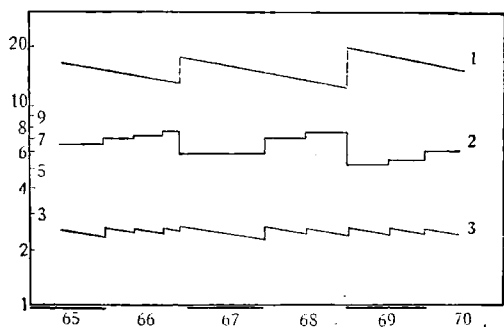


图6 第一批实验源强、照射时间、每日照射量变化情况

- (1) 二对角源总强度(克镭当量)
- (2) 每天照射时间(小时)
- (3) 每天照射量(伦琴)

## 四、剂量测量

小剂量照射中,我们先后使用了电容电离室测量仪和热释光剂量仪,测定了空间照射场,笼内照射量及体模内吸收剂量。

对电容电离室的主要性能做了测定,所使用的热释光剂量计有硫酸钙(锶)和氧化铍两种<sup>[7, 8]</sup>。

剂量仪均用镅源进行刻度校准。镅源强度为 10.1 毫克。除原包装两层 0.5 毫米玻璃外,加三毫米铝壁,经国家计量局校准,结果在  $\pm 5\%$  内,与标称值相符。由于不是铂标准过滤,所以对其  $K_{\nu}$  常数按照古雪夫<sup>[6]</sup>所给公式计算得到

$K(d.z) = 9.124$  (仑、平方厘米/小时、毫居), 据此算出刻度盘上各点剂量率数值。

1. 照射架上各笼内照射量的测量

(1) 第一批实验 各笼中心照射量测量结果如表 1。为了使各只动物累积剂量相同, 每周轮换六个位置, 平均每天 2.55 仑琴。

表 1 各笼中心每日照射量

| 笼位号数       | 每日照射量(仑琴) |
|------------|-----------|
| 1、10、11、18 | 2.1       |
| 2、9、12、17  | 2.4       |
| 3、8、13、16  | 2.7       |
| 4、5、6、7    | 3.0       |

表 2 各笼中心照射量率

| 笼位号数 | 照射量率(毫伦/小时) |           |
|------|-------------|-----------|
|      | 0.8拉得/天组    | 0.15拉得/天组 |
| 1    | 173.5       | 31.9      |
| 2    | 168.5       | 29.3      |
| 3    | 157.2       | 29.0      |
| 4    | 143.9       | 26.9      |
| 5    | 121.7       | 21.9      |
| 6    | 116.4       | 20.7      |
| 平均   | 146.9       | 26.6      |

表 3 笼内不同位置的相对照射量

| 笼内位置 | 相对照射量(%) |
|------|----------|
| 西北面: |          |
| 上西南角 | 88.1     |
| 上东北角 | 92.7     |
| 下西南角 | 94.0     |
| 下东北角 | 96.4     |
| 中心   |          |
| 西北面  | 90.8     |
| 西南面  | 94.5     |
| 上面   | 86.9     |
| 下面   | 99.0     |
| 东北面  | 91.4     |
| 东南面  | 87.0     |
| 东南面  |          |
| 下东北角 | 94.2     |
| 下西南角 | 99.2     |
| 上东北角 | 95.8     |
| 上西南角 | 93.7     |

注: 以笼中为 100%。

(2) 第二批实验 各笼中心照射量如表 2。

(3) 笼内照射量的均匀情况以第二批实验中测量结果为例示于表 3。热释光剂量计置于 1#笼内六个面中心八个角落, 就所测得数据来看, 空间照射量不均匀度为 1.14。

2. 猕猴体模内吸收剂量测量

(1) 猕猴身体模型自制了 MixD 模型材料 (石蜡 60.8%, 聚乙烯 30.4%,  $TiO_2$  2.4%,  $MgO$  6.4%)。随机取 11 只猕猴, 测量得到平均值为: 体重, 6.9 公斤, 体长, 53.3 厘米, 胸围, 38.4 厘米, 腰围: 29.2 厘米。据此将模型定为直径 12.8 厘米, 高 55 厘米的圆柱体。柱体横分成 12 片, 其中 5 厘米厚的 10 片, 2.5 厘米厚的 2 片, 此两片相对面上开有凹槽, 以便放置  $BeO$  热释光剂量片。

(2) 体模内照射量测量 对双侧双点源、单侧单点源照射及无模型时中心点空间照射量都进行了测量。模型放置有两种, 一为直立式, 一为平卧式。

直立体模测量结果如图 7。由图可见, 当单源照射时近源端照射量最高, 若以无模型时中心点空间照射量为 100%, 则远源端出口处为 69%。而当双点源双侧照射时各点照射量相差小于 5%。体模内中心照射量为无模型时中心点照射量的 87.8%。

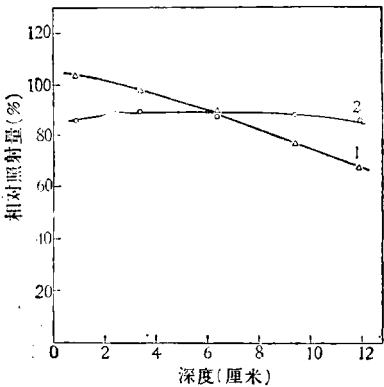


图 7 直立体模内的剂量分布  
(1) 单源照射 (2) 双源照射

平卧模型沿纵轴照射由于吸收较为严重致使体内照射量不均匀性增加, 双源双侧照射模型中心与表皮照射量相差可达 50%。

(3) 体模内吸收剂量实验时, 猕猴在笼内以坐姿机会最多, 故按直立式计算体模中心吸收剂量。

$$D_{\text{体模中心}} = R \cdot K \cdot f$$

其中  $D_{\text{体模中心}}$  为直立式体模中心吸收剂量, 以拉德为单位。

$R$  为无模型时中心空间照射量。

$K$  为体模中心照射量与无模型时中心空间照射量之比。

$f$  为  $^{60}\text{Co}$  源照射量与吸收剂量的换算因子。

## 五、结 束 语

本室已运行十三年, 共照射猕猴两批 30 只, 大小白鼠数百只, 情况良好。

从实验动物的放射生物效应来看, 未出现特殊差异情况, 说明在剂量与剂量均匀度方面都能满足实验要求。

根据上述结果, 双点源对于长期累积小剂量猕猴的照射比较合用, 笼内空间剂量场和体

内剂量分布都较均匀, 保证了小剂量实验工作中剂量参数的可靠性。

本方法存在的问题是源强不能保持恒定, 因而剂量率有一定的波动。另外, 由于不同部位的剂量率有差异, 需要每日倒换动物的照射部位, 操作有些不便。

## 参 考 文 献

- [1] ICRU Report 10e N. B. S. Handbook, 88, 1962.
- [2] Carlson, L. D. et al.: *Rad. Res.*, 7, 190—197, 1957.
- [3] Carlson, L. D. et al.: *Rad. Res.*, 11, 599, 1959.
- [4] Spalding, J. F. et al.: *Health Physics*, 10, 709, 1964.
- [5] Neble, B. R. et al.: *Cytologia*, 28, 81, 1963.
- [6] Boer, J. D.: *Effects of Ionizing Radiation on the Reproductive System*, p. 59, 1964.
- [7] Мейзеров, Е. С.: *Радиобиология*, 2, 578, 1962.
- [8] Гусев, Н. Г. и т. д.: *Радиоактивные изотопы как Гамма-излучатели*, 1964.
- [9] 中国科学院生物物理研究所一室: 《生物化学与生物物理进展》, 1975 年, 第 2 期, 第 13 页。
- [10] 中国科学院生物物理研究所一室: 《生物化学与生物物理进展》, 1976 年, 第 2 期, 第 2 页。

[本文于 1979 年 3 月 19 日收到]

# $^{60}\text{Co}\gamma$ 线小剂量慢性辐射对大白鼠睾丸辐射损伤的组织学和定量细胞学的观察

沈煜民 李景福

(中国科学院生物物理研究所)

## 前 言

雄性动物生殖腺——睾丸是对辐射最敏感的器官之一。早期 Lorenz 等人<sup>[1]</sup>对小动物的研究, 以及我们对猕猴的实验均证实: 经小剂量射线慢性照射后, 睾丸组织比体内其他组织损伤更明显。这种损伤的规律, 目前还认识不足。因此, 有必要深入地进行研究。本实验试图从睾丸组织的重量变化、组织和细胞的形态改变以及各类生精细胞数量的消长变化等方面观察

其辐射损伤过程, 并探讨小剂量慢性照射对精子发生过程的作用规律。

## 材 料 和 方 法

**实验动物:** 采用性成熟雄性 Wistar 种大白鼠, 年龄约 90 天、体重 350 克左右。实验过程中照射组和对照组饲养条件相同。

**照射条件:** 照射组用  $^{60}\text{Co}$  中央点源法进行照射。源强为 12 克镅当量。笼架离照射源的距离为 2.94 米。照射于每天晚间进行, 连续照