

# 中子小剂量慢性照射对家兔睾丸损伤和修复的观察

史纪兰 黄权光 苏协铭 傅美云

(山东省医学科学院 济南)

睾丸对中子的辐射敏感性很高,其相对生物效应为 5.1—9.7<sup>[1]</sup>。有关中子小剂量慢性照射对睾丸的损伤和修复规律,国内未见报道。中子射线在探矿、育种、测井、活化分析、医疗等方面的研究和应用日渐广泛,人们接触中子的照射机会增多,因此中子生物效应的研究日益受到人们的关注。

探索慢性小剂量中子对睾丸的损伤、修复规律,可作为采用预防措施的根据,为此目的,我们选用了 23 只家兔,进行了中子对睾丸作用的动态观察。

## 一、材料和方法

**1. 照射条件** 选择体重为 1.5—2.0 公斤健

康家兔 23 只,分为四组。1 组: 4 只雄兔,2 组: 6 只雄兔,3 组: 8 只(雄 6 只,雌 2 只),对照组: 5 只(雄 4 只,雌 1 只),见表 1。

用总强度为  $3.934 \times 10^7$  中子/秒的两个国产 Po-Bc 中子源,垂直装置在一个由 1.5 毫米厚黄铜制的圆锥管内,直径为 20 毫米,长 40 毫米。动物距中子源照射距离为 27 厘米(此处的中子通量为  $4.30 \times 10^3$  中子/秒/厘米<sup>2</sup>),剂量计算由兔嘴至尾根前四分之一处或后四分之一处,身高的中点。剂量按 1 中子 =  $4.0 \times 10^{-9}$  拉德(Po-Bc)<sup>[2]</sup> 换算。第 1、2 组的受照时间随中子源的衰变而延长。

**2. 照射方式** 动物放在 30×14×15 厘米木制笼内,每周照射 6 天。为了使动物全身受

表 1 三个受照组的剂量率和累积剂量

| 分 组    | 剂量率<br>(毫拉德/天)     | 累积剂量<br>(拉德) | 受照累积时间<br>(天) | 恢复期观察时间<br>(天) |
|--------|--------------------|--------------|---------------|----------------|
| 正常(对照) | 0                  | 0            | 0             | 0              |
| 1      | 5                  | 1.35         | 270           | 274            |
| 2      | 100                | 27           | 270           | 274            |
| 3      | 368→94*<br>(6小时/天) | 84.5         | 433           | 365            |

\* 随着 Po-Bc 中子源衰变时间而递减,实验开始剂量率 368 毫拉德/6 小时/天至结束时为 94 毫拉德/6 小时/天。

照均匀,从兔的前、后、左、右轮换照射。

由头 ⇌ 尾照射二天(兔体纵轴方向和中子流方向一致)。

由左侧 ⇌ 右侧轮换照二次,4 天(兔体纵轴方向和中子流垂直)。

## 二、实验结果

**1. 精液量的变化(图 1)。**

受照组开始接受小剂量照射时,精液量增加,如 1 组连续受照 4 个月时,累积剂量达 440 毫拉德,精液量由 0.65 毫升升至 1.32 毫升;以后随累积剂量增加而减少;中间因换源停照又恢复上升;重新开始辐照后又减少。2 组(100 毫拉德/日)变化趋势与 1 组相同。

**2. 精子数的变化(图 2)**

精子数与精液量的变化规律一致,1 组随

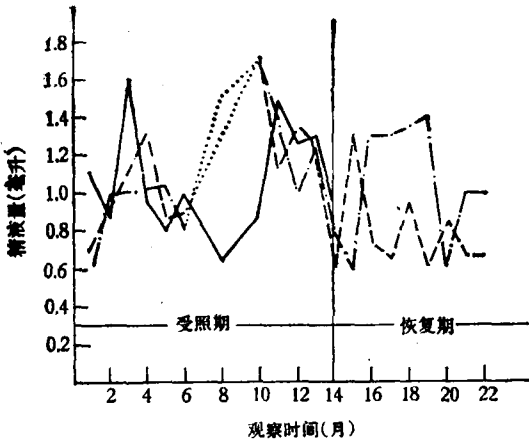


图1 精液量变化  
——: 对照组 ----: 1组 - · -: 2组

受照累积剂量增加,普遍的开始上升,受照4个月时,精子数由照前4.43亿/毫升,升至12.9亿/毫升,以后随累积剂量增加而下降至0.37亿/毫升。2组升高不明显,但随受照时间延长,降至0.40亿/毫升。

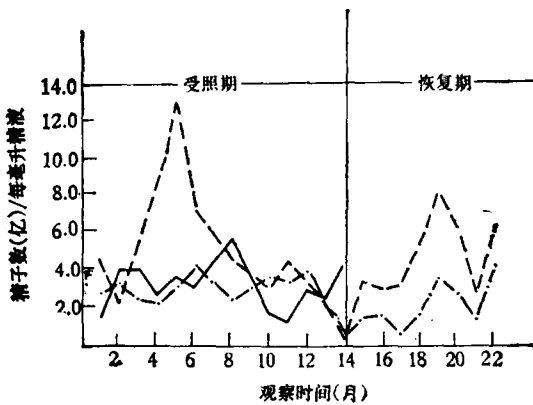


图2 精子绝对数  
——: 对照组 ----: 1组 - · -: 2组

图中的对照组仅在实验兔的受照期一同检查,恢复期未能继续观察,精液量及精子数变化无一定的规律性。图中虚线表示停照期(因换源)。

因兔的个体差异,其敏感程度不一,同一剂量组精子的变化规律也不一致,如2组兔,每日照100毫拉德,累积剂量达27.0拉德,全组6

只雄兔均有随受照累积剂量增加精子数减少死亡数增加的趋势。5号兔尤其突出,连续照射9个月时,精子全部死亡,甚至消失。连续检查4月之久,有时可见双头,双尾等畸型精子。

### 3. 精子活动度及死亡百分率(见图3)。

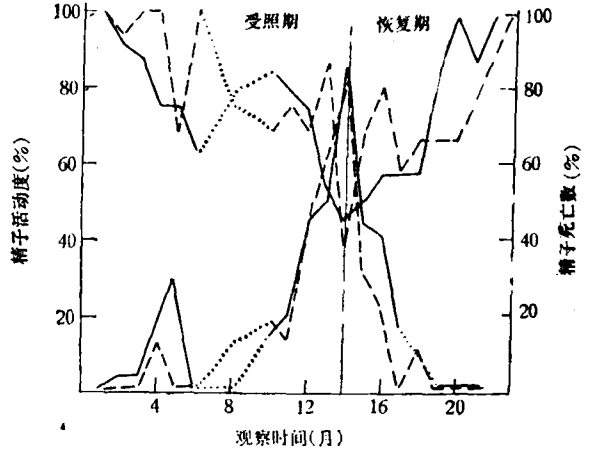


图3 精子活动度及死亡百分率  
-----: 1组 ——: 2组

1、2组随累积剂量的增加,精子活动度逐渐降低,死亡率逐渐升高,有的甚至全部死亡(精子活动度与精液检查中活动力的标准相同)。

停照后恢复期的观察: 1、2组在停照9个月后,凡存活的家兔,精子数,活动度均能恢复到照前的水平,精子死亡消失。但3组有七分之三的家兔,恢复不明显。

### 4. 交配实验

为了进一步验证精液检查的结果,选择第2组中5号兔,受照10个月时,累积剂量为22.7拉德、23.7拉德时,先后两次与两只正常母兔交配,均未受孕。该兔在受照9个月时检查,精子全部死亡,甚至消失,经交配实验,仍未受孕。选择第3组中6号雌兔,在受照三个月累积剂量为26.76拉德时,与正常雄兔交配,产4只小兔,外观无畸形,均存活。

停照恢复期,存活的2组2只雄兔,分别与健康母兔交配,母兔均受孕,产子兔,外观无畸形。

3组存活的6只雄兔,都使其与母兔交配,

其中只有3只母兔受孕,所产子兔健在,无畸形。一只雌兔与正常雄兔交配亦受孕,产子兔7只,健在无畸形。受照组家兔,所产子兔,一般4—7只/窝,雌雄比例与正常兔无明显差异。

## 5. 睾丸病理学检查

照射结束时,分别将1、2、3及对照组的雄兔,摘除左侧睾丸作病理检查。其重量见表2。

1、2组摘除的睾丸,没有称重,但与正常组相比,均有不同程度的体积缩小。睾丸发生病理学改变:照射达1.35拉德时即有睾丸生精上皮受损,呈现层次减少,排列紊乱,A型精母细胞消失等病理变化,累积剂量达27.0拉德时,可出现生精细胞枯竭、细胞自溶的现象,而达84.5拉德时其病理改变同上述二组大致相似,仅受损程度略有不同。对照组无异常发现。停照1年后观察,1.35拉德组都基本恢复正常;27.0拉德组,2/6恢复正常,4/6稍有恢复;84.5拉德组大部分恢复。

表2 睾丸重量

| 对照组 |        | 第3组兔(84.5拉德) |        |    |        |
|-----|--------|--------------|--------|----|--------|
| 编号  | 睾丸重(克) | 编号           | 睾丸重(克) | 编号 | 睾丸重(克) |
| 1   | 3.5    | 1            | 2.5    | 4  | 2.3    |
| 2   | 3.5    | 2            | 1.6    | 5  | 1.7    |
| 3   | 3.0    | 3            | 1.0    | 6  | 3.4    |

## 三、讨 论

本实验用快中子对三组家兔行全身慢性照射,累积剂量分别达1.35、27.0和84.5拉德,均随累积剂量增加,出现不同程度的精子数减少,

活动度降低,死亡数增高,后二组有的睾丸明显萎缩,体积缩小,这与精母细胞的数量减少,以及精子细胞和未成熟精子的丧失有关。生精上皮出现不同程度的破坏现象,主要是由于射线损伤了增殖和分化的A型精原细胞,加之在精子发育的早期阶段,射线就阻断了连续的生精过程,最终导致生精细胞的枯竭<sup>[3]</sup>。

停照后1年,三个剂量组均有不同程度的恢复。1.35和27.0拉德组所造成的损伤是可逆的,短期内即可自然恢复。

睾丸和其它组织器官相比,对于小剂量分次照射的累积效应更为敏感。小剂量连续照射也可能造成永久性不育。我们的初步实验证明,每日照0.005、0.1拉德,累积剂量分别为1.35、27.0拉德,受照动物没有明显的放射病反应,而睾丸的变化确较为明显。油田查体中发现,测井工人接受的中子剂量,一般不超过最大容许量,无典型的放射病临床表现,但有的人反映性功能减退和不育。这是否因中子对睾丸的相对生物效应较大有关但难肯定。我们实验曾证明<sup>[4]</sup>,中子剂量越小时,生物效应,越大,剂量增加,效应反而下降。此次实验也表明,低剂量组睾丸的变化反而明显,但三个剂量组之间无显著性差异。

病理观察承蒙山东省中医药研究所张培德大夫及本院病理室协助,特此致谢!

## 参 考 文 献

- [1] Neary, G. J.: *Chronic Radiation Hazard*, Pergama, Press, London, 1957.
- [2] Tcnes, T. D. et al.: *Health, Phys.*, 11, 519, 1965.
- [3] 沈煜民等:《生物化学与生物物理进展》,2,54,1980.
- [4] 史纪兰、黄权光:《职业医学》,6,10,1982.

[本文于1983年4月6日收到]

(上接第24页)

- Chap. 15, New York and London, Academic Press, 1962.
- [2] Kaufman, L.: *Amer. J. Psychol.*, 77, 393, 1964.
- [3] Ramachandran, V. S. et al.: *Nature*, 242, 412, 1973.
- [4] Julesz, B.: *Sci.*, 145, 356, 1964.
- [5] 姚国正等:《科学通报》,4,248,1983.
- [6] Barlow, H. B. et al.: *J. Physiol.*, 193, 327, 1967.

- [7] Hubel, D. H. et al.: *Nature*, 225, 41, 1970.
- [8] Ogle, K. N. et al.: *Vision Res.*, 7, 89, 1967.
- [9] 姚国正等:《生理科学》,10,15,1982.
- [10] Julesz, B.: *Amer. Sci.*, 62, 32, 1974.
- [11] 郑竺英等:《心理学报》,2,195,1980.
- [12] 姚国正:《生物化学与生物物理学报》,3,229,1981.

[本文于1983年5月30日收到]