

以小鼠精原细胞数的变化 检测氚辐射的相对生物效应

周湘艳 董金婵 彭小平

(中国预防医学中心工业卫生实验所)

摘要 小鼠腹腔注射氚水后 10 天内睾丸累积剂量为 0.19~1.01 Gy 时, 小鼠精原细胞数减少了 14~33%; ^{60}Co γ 线的累积剂量为 0.74~2.87 Gy 时, 小鼠精原细胞数减少了 13~24%; 初步结果表明: 在这两种情况下, 辐照剂量对生物效应之间呈直线关系, 并确定了氚 RBE 值为 3.31。

关键词 氚水, 精原细胞, 氚的相对生物效应。

引言

氚对人体的影响越来越引起人们的重视。特别是在低剂量情况下研究氚的相对生物效应 (RBE), 对目前辐射防护具有重要的实际意义。本实验以 ^{60}Co γ 线辐照以小鼠睾丸中精原细胞数的变化为指标, 研究了氚的 RBE, 为修订放射卫生防护标准提供参数。

材料和方法

1. 实验动物

选用 LACA 品系、体重 25~30 克、11 周龄成年雄性小鼠 (由卫生部药品检定所动物场提供)。

2. 照射条件

(1) 氚水内照射将小鼠按体重随机分成 5 个组, 每组 5 只小鼠。将已标定好的氚水用微量注射器一次注入小鼠腹腔。每组注入氚放射性活度及动物分组见表 1。

表 1 动物分组和氚水放射性活度
Table 1 Experiment animals grouped and radioactivity of HTO

组别 Group	动物数(只) No of animal	氚放射性活度($\text{Bq} \times 10^5/\text{g}$ 体重) Radioactivity of HTO ($\text{Bq} \times 10^5/\text{g} \cdot \text{b} \cdot \text{w}$)	吸收剂量(Gy) Absorbed dose (Gy)
1	5	0	0
2	5	8.4	0.19
3	5	16.8	0.38
4	5	29.3	0.66
5	5	45.2	1.01

睾丸吸收剂量的计算如下^[9,10]:

$$D_0 = 51.2 \times \epsilon \times K \times A_0 \times 1.44 \times T_b \left(1 - e^{-\frac{0.693}{T_b} t} \right)$$

式中, ϵ 为每次氚衰变时的有效吸收能量 (MeV); $K = 0.975$; K 为每克体重注射 $0.37 \times 10^5 \text{Bq}$ 氚

水后在睾丸中沉淀的分数^[9]; $T_b = 2.1$ 天, 系根据实验得出^[9]; A 为注射量(即 $A_0 = 0.37 \times 10^6 \text{Bq/g}$ 体重); D_0 为每克体重注射 $0.37 \times 10^6 \text{Bq}$ 氚水时, 10 天内睾丸中的吸收剂量。当注射量为 A 时, 七天睾丸吸收剂量为 $D = D_0 \times A$ 本实验中, 根据氚的滞留分数方程^[10]

$$R(t) = \exp\left(-\frac{0.693}{T_b} t\right)$$

求出 $t = 10$ 天时, 睾丸的吸收剂量计算结果见表 1。

(2) ^{60}Co γ 线照射 小鼠按体重随机分为 5 个组, 每组 5 只小鼠。4 个实验布放在源强为 4.7 克镭当量钴源室的不同距离接受照射。动物装在 $8 \times 8 \times 10 \text{ cm}$ 细铁丝制成的小笼子里。受照小鼠体中心和源均距地面 1.28 m, 相互平行。照射前北京计量院采用电离室(FUMER DOSEMETER)标定的源强为 4.73 克镭当量(中国科学院生物物理所小钴源)。根据公式 $D = 0.90 \times M \times 8.24 / l^2$ 求出不同距离的剂量率。式中 D 为每小时的吸收剂量, 0.90 和 8.24 为换算常数, M 为钴源强度, 用毫克镭当量表示, l^2 为受照动物与钴源之间距离用厘米平方表示。根据上述公式计算出每小时的吸收剂量后, 就可以求出 ^{60}Co γ 线每天照射 22 小时, 连续照射 10 天的累积剂量见表 2。

表 2 ^{60}Co γ 线每天连续照射小鼠及 10 天的累积剂量(Gy)

Table 2. Mice continuously exposed to ^{60}Co γ -rays every day as well as accumulated dose for 10 days (Gy)

照后天数 Time(day)	实验组每天的累积剂量(Gy/22 小时) Accumulated dose every day in experiment group(Gy/22 h)			
	1 组 1 st group	2 组 2 nd group	3 组 3 rd group	4 组 4 th group
1	0.77	0.56	0.42	0.16
2	0.61	0.40	0.30	0.10
3	0.38	0.25	0.19	0.07
4	0.38	0.25	0.19	0.07
5	0.20	0.13	0.10	0.06
6	0.20	0.13	0.10	0.06
7	0.09	0.09	0.08	0.06
8	0.09	0.09	0.08	0.06
9	0.09	0.09	0.08	0.06
10	0.09	0.09	0.08	0.06
Total dose (Gy)	2.87	2.07	1.59	0.74

3. 精原细胞计数

小鼠接受氚水和 ^{60}Co γ 线连续照射 10 天, 停照后 21 天颈椎脱臼处死小鼠, 取出双侧睾丸, 立即放在 Biuin 氏液中, 固定 3 天, 脱水, 石蜡包埋和切片, 每张切片厚 5 微米, 苏木素—伊红染色, 在生物显微镜下计数各级生精细胞, 每个剂量组的睾丸切片选择 30 个外形完整, 大小相仿, 圆形的各级细胞发育比较一致的曲细精管的横断面, 重点记录并分析了精原细胞数的变化。

实 验 结 果

氚水和 ^{60}Co γ 线停照后 21 天活杀了全部小鼠, 显微镜下分析了精原细胞数的变化, 见表 3 和表 4。

从表 3 看出, 睾丸吸收剂量为 0.19~1.01 Gy 时, 精原细胞数的变化相应为对照组的

85.99—65.95%，经统计学处理剂量与效应之间的直线回归方程 $\bar{y} = 97.48 - 0.2747x$ ，相关系数 $r = -0.9234$ 。从表4看出： γ 线累积剂量为0.74—2.87 Gy时精原细胞数的变化相应占对照组的87.3—75.72%，其剂量与效应之间的直线回归方程为 $\bar{y} = 97.43 - 0.0829x$ ， $r = -0.9292$ 。

表3 氘水停照后21天小鼠睾丸精原细胞数变化
Table 3. The Change of the spermatogonia in mice for 21 days after exposed to HTO β -Rays

吸收剂量 (Gy) Absorbed dose (Gy)	精原细胞平均 数±标准差 No of spermatogonia mean±S.D	占对照组 (%) % of control group
0	40.03±7.87	100
0.19	34.42±8.08	85.99
0.38	35.40±5.87	88.43
0.66	33.90±6.55	84.69
1.01	26.80±5.58	66.95

表4 ^{60}Co γ 线停照后21天小鼠睾丸精原细胞数的变化
Table 4. The change of the spermatogonia in mice for 21 days after exposed to ^{60}Co γ -Rays

累积剂量 (Gy) Accumulated dose (Gy)	精原细胞平均 数±标准差 No of spermatogonia mean±S.D	占对照组 (%) % of control group
0	45.6 ± 9.32	100
0.74	39.81±8.53	87.30
1.59	39.94±8.18	87.59
2.02	34.72±9.44	76.14
2.87	34.53±6.97	75.72

为了测得氘的相对生物效应(RBE)，图中绘出了氘水和 ^{60}Co γ 线诱发精原细胞数变化的效应曲线。从图中二条曲线的斜率之比测出RBE为3.31。

分析与讨论

1. 精原细胞辐射敏感性

雌性生精细胞是对辐射最敏感的细胞之一。以前的实验均证实^[1-3]，经小剂量慢性照射后，生精细胞的损伤是比较明显的，尤其是精原细胞数量的减少尤为明显，减少程度与累积剂量有直接关系^[2]。在我们的实验中，用氘 β 粒子和 ^{60}Co γ 线连续的，剂量率呈指数下降的方式照射雌性小鼠。当氘的吸收剂量为0.19、0.38、0.66和1.01 Gy， γ 线累积剂量为0.74、1.59、2.07和2.87 Gy时，精原细胞数量的减少与累积剂量的增加呈直线关系。如氘吸收剂量为0.19 Gy时，精原细胞数量减少了14%，当氘的吸收剂量为1.01 Gy时，精原细胞数量减少33%。而 γ 线累积剂量为0.74 Gy时，精原细胞数量减少了13%，当累积剂量为2.87 Gy时，精原细胞数量减少了24%。上述结果说明生精上皮中的精原细胞对射线最为敏感，把它作为慢性放射生物学实验观察指标来研究RBE值，是可以信赖的。

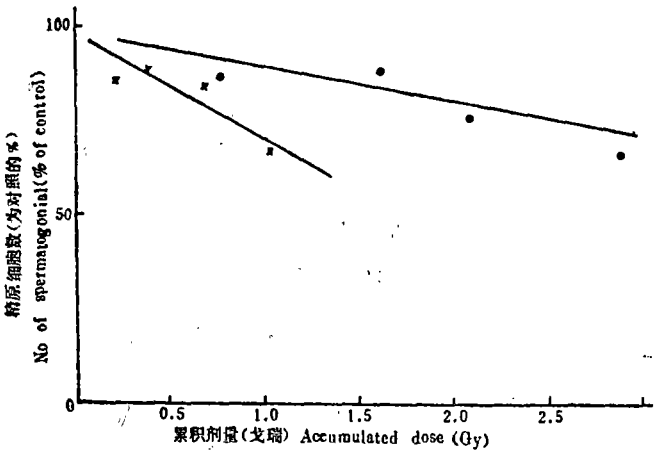


图1 氘水和 ^{60}Co γ 线诱发精原细胞数减少与剂量之间关系
×：氘 β 线 $\bar{y} = 97.48 - 0.2747x$ ($r = -0.9234$)
●： ^{60}Co γ 线 $\bar{y} = 97.43 - 0.0829x$ ($r = -0.9292$)
Fig.1 Comparison between the HTO and ^{60}Co γ -Rays on induced the decline in number of spermatogonia in mice.
×: Tritium β -Rays $Y = 97.48 - 0.2747x$ ($r = -0.9234$)
•: ^{60}Co γ -Rays $Y = 97.47 - 0.0829x$ ($r = -0.9292$)

2. 氚的 RBE 值

近期实验, 已经研究了成年小鼠和未成年小鼠, 经辐射诱发雌鼠卵母细胞的减少^[4], 辐射诱发卵母细胞显性致死突变^[5], 以及辐射诱发精原细胞显性致死突变^[6], 测得氚的 RBE 值大于 3。本实验选用精原细胞数的变化为指标, 测得氚的 RBE 值大于 3。这些结果与 Dobson^[7,8] 最近研究的放射生物学的实验结果是一致的。并为评价低水平照射的危险提供了重要的放射生物学资料。

本研究在魏履新教授的直接指导下完成的。外照射的设计方案得到史元明教授的亲自指导; 中国科学院生物物理所张仲论、赵克俭、沈恂等同志提供了钴源照射条件; 周舜元、郭芙蓉、陈金娣等同志给予技术协作, 在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 沈煜民等, 生物化学与生物物理进展, 2, 54, (1980).
- [2] 温泉法, 辐射防护, 2, 1, 43, (1982).
- [3] В. И. КОНДРАТЕНКО, Л. Ф. ЛАНЗЕНКО, РАДИОБИОЛОГИЯ, 6, 861, (1975).
- [4] 董金娣, 周湘艳, 张翠芬, 辐射防护, 5(2), 123~128, (1985).
- [5] 周湘艳, 董金娣, 中华放射医学与防护杂志, 4(4), 19, (1984).
- [6] 周湘艳, 董金娣, 张翠芬, 尚未发表
- [7] Dobson RL. NIRS-M-41. P. 120, (1982).
- [8] Dobson RL. Radiat. Res., 66, 615, (1976).
- [9] 周舜元, 中华放射医学与防护杂志 5(1), 22~26, (1985).
- [10] ICRP, Pub 10, (1968).

(1984 年 11 月 30 日收到)

THE RBE OF TRITIUM RADIATION MEASURED IN MOUSE SPERMATOGONIUM

Zhou Xiangyan Dong Jinchan Peng Xiaoping
(Laboratory of Industrial Hygiene Ministry of Public Health)

ABSTRACT It is reported that when the accumulative doses of tritium in testis in 10 days after injection HTO were 0.19~1.01 GY the spermatogonium survival decreased 14~33%, when the accumulative doses received to ⁶⁰Co—ray in 10 days were 0.74~2.87 Gy, the spermatogonium survival decreased 13~24%. The preliminary results showed that in both cases a linear dose-effect relationship was observed and estimated RBE value for tritium is 3.31.

KEY WORDS Tritiated Water, Spermatogonium, The RBE of tritium.