

裂变中子和 γ 射线同时照射的复合效应

王 珏 王天恩

(北京放射医学研究所)

摘要 利用四种方法对7项生物学指标(LD 50/5、LD 50/30。胸腺重量下降,骨髓DNA ^3H -TdR掺入率、骨髓DNA比放射性、骨髓DNA合成细胞和骨髓细胞双着丝粒体)进行分析,初步结果认为对所述的7项生物学终点、裂变中子和 γ 线同时作用的复合效应基本是相加的。

关键词 裂变中子- γ 射线,复合效应,相加性,放射生物学效应,DRF。

引言

中子和 γ 射线复合作用问题涉及对两种辐射基本机理的认识,辐射的危险度评价以及中子- γ 射线混合照射在肿瘤治疗方面的应用等重要领域,深受人们所关注。一些学者曾从不同方面作过探讨,结论不全相同^[1,2]。其中关于裂变中子和 γ 射线同时照射的复合效应研究甚少,论据尚不够充分^[2~4]。

近年来我们研究了不同比例中子- γ 线照射条件下的生物效应,定量观察了多种生物学终点^[5~8]。本文利用四种分析方法进一步对过去有关实验数据进行分析处理,重点探讨两种辐射同时作用时复合效应的特点。

材料和方法

动物 LACA小鼠,10~11周龄。

照射条件 混合照射源为清华大学原子反应堆一号孔道。不同照射条件下中子平均能量为1.14~1.33 Mev。实验分三种条件:(1)中子约占90%,剂量率为21 cGY/min;(2)中子约占50%,剂量率为62 cGY/min或25 cGY/min;(3)中子约占15%,剂量率为74 cCY/min或37 cGY/min。

标准射线与 ^{60}Co γ 线,剂量率约100 cGY/min

详细实验方法见有关报导^[5~8]。

结果与分析

两种不同类型电离辐射的复合作用包括三种型式。当复合作用的终点效应等于两种因素独立作用时的效应的总和时,所得到的结果是一种“相加性”。若不是相加性,则有两种可能:复合作用的效应超过两因素独立效应的总和时,谓之协同作用;当复合作用产生的效应低于两者的总和时,称为拮抗作用。

我们设想裂变中子和 γ 射线的作用是“相加的”,用四种分析方法分别对有关数据进行处理和验证。

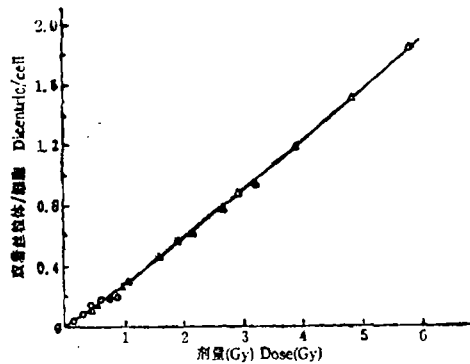


图1 中子剂量与小鼠骨髓细胞双着丝体产量之间的关系

- △ 中子(~90%)— γ 射线照射组
▲ 中子(~50%)— γ 射线照射组
○ 中子(~15%)— γ 射线照射组

Fig. 1. Correlation between the dicentric yield of mouse bone marrow cells and the net neutron dose

- △ Mixed n(~90%)— γ irradiation
▲ Mixed n(~50%)— γ irradiation
○ Mixed n(~15%)— γ irradiation

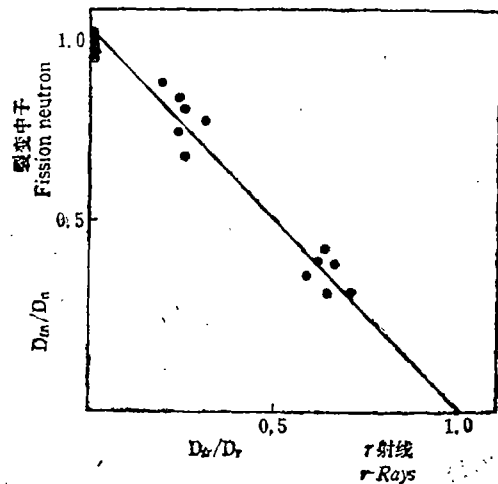


图2 裂变中子— γ 射线作用下六个生物学终点的等效图

D_n , D_r 中子和 γ 射线单独照射时产生某一给定效应所需剂量

D_{fn} , D_{fr} 中子— γ 射线混合照射时产生同一给定效应所需要中子和 γ 射线各自的剂量

Fig. 2. Isoeffect curve of six biological endpoints under fission neutron—gamma irradiation

D_n , D_r Demanded dose to produce a given effect under neutron or γ -rays irradiation only.

D_{fn} , D_{fr} Demanded dose of neutron or γ -rays respectively to produce a given effect under mixed neutron—gamma irradiation

1. 分析三种中子— γ 射线混合照射条件下小鼠骨髓细胞双着丝粒体的数据^[5]。假设中子— γ 射线混合照射时的 γ 射线的效应与 $^{60}\text{Co}\gamma$ 射线的效应是一样的。根据各混合照射中,中子和 γ 射线所占比例,以 $^{60}\text{Co}\gamma$ 射线的剂量—效应关系为基础,通过计算可以得到混合照射条件下各剂量点纯中子所引起的损伤效应。分析结果指出,在三种不同比例中子— γ 射线混合照射后,小鼠骨髓细胞双着丝粒体产量虽然随中子比例增加而增加,但中子所致

表1 不同比例中子— γ 射线混合照射小鼠急性辐射损伤的中子RBE

Table 1. RBE of neutron for acute damage induced by mixed n— γ irradiation with different neutron percentage in mice

观察指标 Endpoint	RBE((中子)neutron)		
	n(~90%)— γ	n(~50%)— γ	n(~15%)— γ
5天死亡率(LD_{50})			
$\text{LD}_{50}/5\text{day}$	3.3	3.7	3.8
30天死亡率(LD_{50})			
$\text{LD}_{50}/30\text{day}$	3.0	2.8	2.9
胸腺重量下降(ED_{50})			
ED_{50} of thymic weight loss	4.2	3.9	4.1
骨髓DNA ^3H -TdR 掺入率(D_0)			
D_0 of ^3H -TdR uptake of B. M. DNA	3.9	3.7	3.4
骨髓DNA 比放射性(D_0)			
D_0 of specific activity of B. M. DNA	4.2	4.4	4.9
骨髓DNA 合成细胞(D_0)			
D_0 of B. M. DNA synthesis cells	4.4	4.0	3.8

n = 中子

γ = γ 射线

n = neutron

γ = γ - ray

的损伤效应和纯中子剂量密切相关,而和各组中子比例关系不大(图1)。由此可见,中子和 γ 射线混合照射时,它们诱发双着丝粒体的效应基本是累加的。

2. 采用 Railton 等的测定中子和 γ 射线混合照射时 RBE 的公式^[9],计算有关生物学终点的数据^[6,7],从表1可以看到这些观察指标的中子 RBE 值在三种混合比例条件下基本是恒定的。计算结果符合两种射线作用相加的假设。

3. 对表1所示的6个生物学终点进一步用1982年 UNSCEAR 报告中推荐的等效效应图的分析方法^[10]进行处理,6个观察指标的实验值基本上都位于等效线附近,无明显的协同和拮抗作用(图2)。同样符合两种射线作用相加的设想。

4. 在上述6个观察终点中,5天和30天的 LD_{50} 可以综合反映机体受照射后损伤和修复的综合结果,从整体水平反映两种射线作用,具有重要意义。在处理 WR-2721 对不同比例中子- γ 射线混合照射小鼠的防护效果的实验数据时^[8],根据 WR-2721 的 DRF 值与混合照射时中子百分率呈直线负相关的事实,假设 WR-2721 只对 γ 射线损伤有防护作用,拟定下述公式计算预防组的 LD_{50} 。

$$D_r \times DRF_r + D_n = LD_{50}$$

式中 D_r : 对照组半数致死剂量中的 γ 射线剂量;

D_n : 对照组半数致死剂量中的中子剂量;

DRF_r : γ 射线照射小鼠剂量降低系数;

从表2所列出的结果中可以见到 WR-2721 预防小鼠 LD_{50} 的实验值和计算值很接近,计算分析结果也支持两种辐射作用相加的假设。

综合上述四种不同方法对7项指标的分析处理结果,初步可以认为对上述7项生物学终点来说,裂变中子和 γ 射线的复合作用基本是相加的。Vogel^[3]用裂变中子和 γ 射线同时照射骨髓细胞,测定骨髓 CFU-S 的结果,也证明这两种射线的作用是有相加性。Jordan^[4]研究用不同比例中子- γ 射线照射时,脾重的变化也和我们的结论一致。但是,这是一个相当复杂的问题,因为目前对高 LET 辐射和低 LET 辐射的原发损伤和修复过程以及作用的本质认识还不够,对两种辐射复合作用确切的定量研究还有困难。不过,我们的研究结果提示,裂变中子和 γ 线同时作用时,在整体水平上没有反映出明显的协同作用,这也说明两种辐射对某些生物效应的作用机理可能相同。这和我们过去论述过的两种辐射的急性辐射综合症具有共同细胞学基础的事实颇为吻合^[6]。

表2 WR-2721预防小鼠的 LD_{50} (Gy)

Table 2. Prophylatic effect of WR-2721 for LD_{50} (Gy) in mice

组别 group	LD ₅₀ /5 天 LD ₅₀ /5 day		LD ₅₀ /30 天 LD ₅₀ /30 day	
	实测值 experiment value	计算值 calculated value	实测值 experiment value	计算值 calculated value
n(~90%)- γ	12.62	13.33	10.75	12.01
n(~50%)- γ	7.41	7.20	6.33	7.00
n(~15%)- γ	4.96	4.24	3.61	3.40
n = 中子 n = neutron	$\gamma = \gamma$ 射线 $\gamma = \gamma - ray$			

参 考 文 献

- [1] United Nations. Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 1982 report to the General Assembly with annexes. Annex L, United Nations sales publication. New York, 739 (1982).
- [2] Свєрдлoб, А. Г., 著 (中译本, 王 珏, 王天恩, 王宝勤, 查冠林译) 中子的生物效应和化学防护, 原子能出版社, 北京 69-75 (1981).
- [3] H. H. Vogel, Jr, Radiat. Res. 22, 247 (1964).
- [4] P. L. Jordan, J. W. Clark, H. H. Vogel, Jr, Radiat. Res. 4, 77 (1956).
- [5] 王天恩, 赵久维, 中华放射医学与防护杂志, 2(6), 14 (1982).
- [6] 王 珏, 王天恩, 王宝勤, 张水英, 中华放射医学与防护杂志, 3(6), 8 (1983).
- [7] 王 珏, 张水英, 王宝勤, 杨甲祥, 军事医学科学院院刊 2, 133 (1982).
- [8] 王 珏, 张水英, 中华放射医学与防护杂志, 3(5), 12 (1983).
- [9] R. Railton, D. Portet, R. C. Lawson, W. J. Hannan, Int. J. Radiat. Biol. 25, 121 (1974).
- [10] *ibid* (1), 730 (1982).

(稿件收到日期 1986 年 8 月 22 日)

COMBINED EFFECT OF SIMULTANEOUS EXPOSURE WITH FISSION NEUTRON AND γ -RAYS

Wang Jue Wang Tianen

(*Institute of radiation medicine Beijing*)

ABSTRACT By using four methods of data processing, several kinds of biological endpoints ($LD_{50}/5$ day; $LD_{50}/30$ day; weight loss of thymus; ^3H -TdR incorporation of bone marrow DNA; specific activity of bone marrow DNA; synthetic cells of Bone marrow DNA and dicentric yield of bone marrow cells) have been analyzed. The preliminary results indicate that combined effect of simultaneous exposure with fission neutron and γ -rays are additive in nature for above-mentioned endpoints.

KEY WORDS fission neutron- γ -rays; combined effect; additivity; radiation biological effect; DRF.