



Title	Ehrlich 腹水癌細胞に及ぼす放射線の影響に関する研究（其の2） $^{60}\text{Co}$ $\gamma$ 線, 29MV X線及び 29MeV 電子線の細胞核に及ぼす影響について
Author(s)	吉久保, 邦彦
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1968, 28(1), p. 89-97
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/15623">https://hdl.handle.net/11094/15623</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

# Ehrlich 腹水癌細胞に及ぼす放射線の影響に関する研究

(其の2)  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線, 29MV X 線及び 29MeV 電子線の細胞核  
に及ぼす影響について

東京慈恵会医科大学放射線医学教室(主任:中原一臣教授)

吉久保邦彦

(昭和42年8月23日受付)

The Effect of Radiation on Ehrlich Ascites Tumor Cells

(Part 2.) Effects of  $^{60}\text{Co}$  Gamma Ray, 29 MV X-Ray and 29 MeV Electron  
on Cell Nuclei of Ascites Tumor Cells

By

Kunihiro Yoshikubo

Department of Radiology, Jikei University School of Medicine, Tokyo, Japan  
(Chief: Prof. Kazuomi Nakahara)

From the data obtained with hyperdiploid Ehrlich ascites tumor exposed to  $^{60}\text{Co}$  gamma ray, 29 MV X-ray and 29 MeV electron, these three different types of radiations were compared with regard to the changes of mitotic rate, micronuclei, polynuclei and aberrations of anaphasic cells on irradiated ascites tumor cells, and the following results were obtained.

1. Observing timely the mitotic rate, micronuclei and aberrations of anaphasic cells after irradiation, there were differences between three types of radiations, however, no difference in polynuclei was seen on these three radiations.
2. Comparing the total number of above changes after irradiation, when the basis of  $^{60}\text{Co}$  is one the 29 MV X-ray was 0.87 and 29 MeV electron was 0.92 in mitotic rate, in micronuclei 29 MV X-ray was 0.60 and 29 MeV electron was 0.62, in polynuclei 29 MV X-ray was 1.0 and 29 MeV electron was 0.95, in damaged cells of anaphase 29 MV X-ray was 0.85 and 29 MeV electron was 0.88, in chromosome bridges 29 MV X-ray was 0.78 and 29 MeV electron was 0.81, in lagging chromosomes 29 MV X-ray was 0.59 and 29 MeV electron was 0.58.
3.  $^{60}\text{Co}$  gamma ray was most effective than others on these changes, but no difference between 29 MV X-ray and 29 MeV electron were noted.

## I 緒 言

近年高エネルギー放射線発生装置の普及によりその生体に及ぼす効果について種々検討され、これまで高エネルギー放射線の RBE (Relative Biological Effectiveness) として1950年 Wachsm-

ann<sup>25</sup>), 1958年 Kohn<sup>11</sup>, 1964年 Sinclair 等<sup>22</sup>により、それまでのデータの集積的報告がなされている。これらの結果からも、異なる線質の高エネルギー放射線間で、生体に与える影響に差のあることは充分考えられるが、いまだ一定した結論

は得られていない。

従来報告されてきた mammalian system に対する高エネルギー放射線の影響に関する報告では、染色体異常を指標としたものは極めて少なく<sup>23)</sup>、さらに照射後の変化について経時的に観察した研究も非常に少ない<sup>5)6)</sup>。

そこで著者は  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線、ベータトロンによる 29 MV X線及び 29 MeV 電子線の効果について hyperdiploid Ehrlich 腹水癌の細胞核の変化、とくに染色体異常を指標としてその影響を照射後経時に観察した。

## II 実験材料並びに方法

実験材料：実験腫瘍として使用した Ehrlich 腹水癌は本研究（其の1）におけるものと同じであり、染色体数46本に mode を有し平均6%の polyploid 細胞を含んでいる hyperdiploid（以下2nと略す）の系統である。

実験に使用した動物は生後40日、体重16~18g の雄性の純系 Swiss Albino 系マウスである。

実験方法：癌細胞移植方法は腹水癌 0.2cc、細胞数にして  $2 \times 10^7$ ~ $3 \times 10^7$  個を 7 日目ごとにマウス腹腔内に移植し、7日目に実験に供した。

放射線照射にさいしてはポリエチレンで作製した縦10cm、横4cm、高さ3cmの固定器を使用し、各放射線について全身1回 250R 照射をおこなつた。照射条件は、 $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線は焦点動物間距離75cm、照射野10×10cm、線量率46.6R/min、ベータトロンによる 29MV X線は照射野12×12cm、照射野内の beam 強度を均等にするため銅製 flattening filter を使用し、29MeV 電子線は照射野12×12cm、照射野内の beam 強度を均等にするため 0.5mmPb+0.5mmAl の scattering foil を使用した。線量測定には Radocon (Prov. No. 607) を用いて照射と同時に測定した。

細胞及び染色体観察方法は、癌細胞を低濃度処理後並びに無処置のまま Acetic Dahlia 染色をおこない押しつぶし法<sup>27)</sup>によつて標本を作成し観察した。

## III 実験成績

### (1) 分裂頻度について

$^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線、29 MV X線及び 29 MeV 電子線を

照射したさいの分裂頻度について照射直前、照射後4時間、8時間、12時間、24時間、48時間及び72時間に観察した<sup>12)</sup>。観察は細胞 2,000個中に含まれる分裂細胞を分裂各期に分けて算定した。

その結果は Table 1~8 及び Fig. 1, 2 に示すとくである。

$^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線では照射直前 5.0% であるが照射後4時間で 3.1% と減少し、12時間で 7.3% と増加後24時間で元値に復する。

29 MV X線では照射後4時間で 2.0% と減少し、12時間で 8.2% と増加後24時間から48時間まで低値を示し、72時間で元値に復する。

Table 1 Percentage of mitotic cells after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Ray irradiation (250R)

Phase	Hours Immed. before						
		4	8	12	24	48	72
P. P.	1.3%	0.9	1.3	1.5	0.9	1.6	1.4
M. P.	0.6	0.6	1.3	1.7	1.2	1.7	1.2
A. P.	0.4	0.1	0.6	1.3	0.7	0.3	0.3
T. P.	2.7	1.5	1.9	2.8	2.1	1.9	1.8
Total	5.0	3.1	5.1	7.3	4.9	5.5	4.7

All samples comprise 2000 cells

P.P.: Prophase M.P.: Metaphase

A.P.: Anaphase T.P.: Telophase

Table 2 Percentage of mitotic cells after 29MV X-Ray irradiation (250R)

Phase	Hours Immed. before						
		4	8	12	24	48	72
P. P.	1.3%	0.7	1.1	2.5	1.1	1.1	1.5
M. P.	0.6	0.5	0.9	2.3	0.9	0.6	1.3
A. P.	0.4	0.1	0.3	0.6	0.2	0.3	0.4
T. P.	2.7	0.7	1.6	2.8	1.4	1.3	1.6
Total	5.0	2.0	3.9	8.2	3.6	3.3	4.8

All samples comprise 2000 cells

Table 3 Percentage of mitotic cells after 29MeV Electron irradiation (250R)

Phase	Hours Immed. before						
		4	8	12	24	48	72
P. P.	1.3%	0.6	1.0	1.4	1.1	0.9	0.8
M. P.	0.6	0.3	0.6	1.4	0.9	1.6	1.2
A. P.	0.4	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.5
T. P.	2.7	1.7	1.4	1.7	3.4	1.8	2.5
Total	5.0	2.8	3.3	5.0	6.0	5.0	5.0

All samples comprise 2000 cells

Table 4 Percentage of mitotic cells after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Ray, 29 MV X-Ray and 29 MeV Electron irradiation (250R)

Hours	Immed. before	4	8	12	24	48	72
$^{60}\text{Co}$ $\gamma$ -ray	5.0%	3.1	5.1	7.3	4.9	5.5	4.7
29MV X-ray	5.0	2.0	3.9	8.2	3.6	3.3	4.8
29MeV electron	5.0	2.8	3.3	5.0	6.0	5.0	5.0

All samples comprise 2000 cells

Table 5 Percentage of mitotic cells in prophase after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Ray, 29 MV X-Ray and 29MeV Electron irradiation (250R)

Hours	Immed. before	4	8	12	24	48	72
$^{60}\text{Co}$ $\gamma$ -ray	1.3%	0.9	1.3	1.5	0.9	1.6	1.4
29MV X-ray	1.3	0.7	1.1	2.5	1.1	1.1	1.5
29MeV electron	1.3	0.6	1.0	1.4	1.1	0.9	0.8

All samples comprise 2000 cells

Table 6 Percentage of mitotic cells in metaphase after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Ray, 29 MV X-Ray and 29MeV Electron irradiation (250R)

Hours	Immed. before	4	8	12	24	48	72
$^{60}\text{Co}$ $\gamma$ -ray	0.6%	0.6	1.3	1.7	1.2	1.7	1.2
29MV X-ray	0.6	0.5	0.9	2.3	0.9	1.6	1.3
29MeV electron	0.6	0.3	0.6	1.4	0.9	1.6	1.2

All samples comprise 2000 cells

Table 7 Percentage of mitotic cells in anaphase after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Ray, 29 MV X-Ray and 29 MeV Electron irradiation (250R)

Hours	Immed. before	4	8	12	24	48	72
$^{60}\text{Co}$ $\gamma$ -ray	0.4%	0.1	0.6	1.3	0.7	0.3	0.3
29MV X-ray	0.4	0.1	0.3	0.6	0.2	0.3	0.4
29MeV electron	0.4	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.5

All samples comprise 2000 cells

Table 8 Percentage of mitotic cells in telophase after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -ray, 29 MV X-Ray and 29 MeV Electron irradiation (250R)

Hours	Immed. before	4	8	12	24	48	72
$^{60}\text{Co}$ $\gamma$ -ray	2.7%	1.5	1.9	2.8	2.1	1.9	1.8
29MV X-ray	2.7	0.7	1.6	2.8	1.4	1.3	1.6
29MeV electron	2.7	1.7	1.4	1.7	3.4	1.8	2.5

All samples comprise 2000 cells

29 MeV 電子線では照射後4時間で2.8%，8時間で3.3%と減少し，24時間で6.0%と増加後48時間で元値に復する。

これら3種類の異なる放射線を照射した細胞を分裂各期についてみると，Table 5～8及びFig. 2に示すごとくである。

すなわち前期(prophase)では， $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 線は照射直前1.3%であるが，照射後12時間と48時間で高値を示す。29 MV X線は照射後12時間で2.5%と他の二者より高値を示し，24時間で元値に復する。29 MeV 電子線は照射後8時間まで低値を示し，12時間で1.4%と回復後再び減少の傾向を示す。

中期(metaphase)では， $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 線は照射直前0.6%であるが，以後増加して72時間で1.2%を示す。29 MV X線は照射後12時間で2.3%と増加し，48時間で0.6%，72時間で1.3%を示す。

Fig. 1 Percentage of mitotic cells after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Ray, 29MV X-Ray and 29MeV electron irradiation(250R) I.B.: Immediately Before

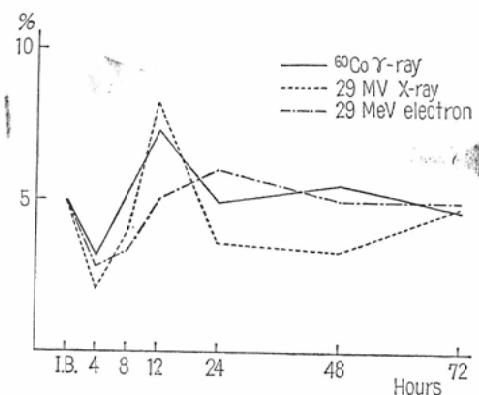
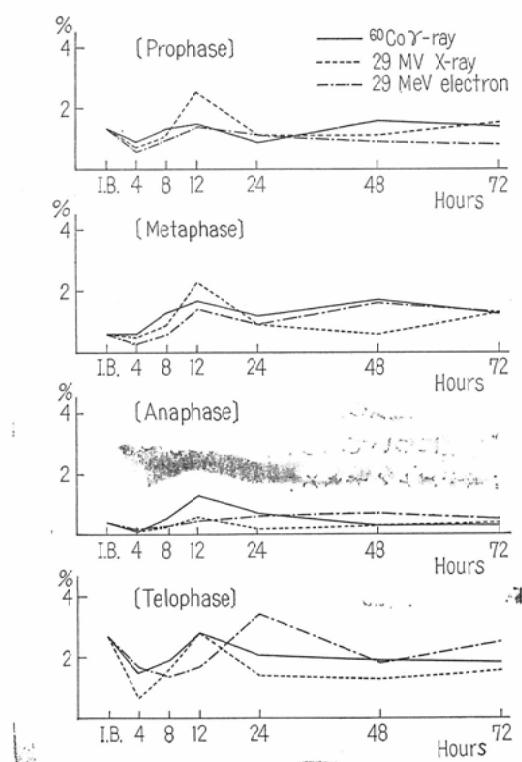


Fig. 2 Percentage of mitotic cells in each phase after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Ray, 29MV X-Ray and 29 MeV Electron irradiation (250R)



29 MeV 電子線は照射後4時間で 0.3% と減少し、以後増加して72時間で 1.2% を示す。

後期 (anaphase) では、 $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線は照射直前 0.4% であるが照射後4時間で 0.2% と減少し、12時間で 1.3% と増加後48時間で元値に復する。

29 MV X線は照射後4時間で 0.1% と減少し、12時間で 0.6% と回復後再び低値を示し72時間で元値に復する。29 MeV 電子線は照射後4時間で 0.2% と減少し、以後増加して48時間で 0.7%，72時間で 0.5% と元値に復する。

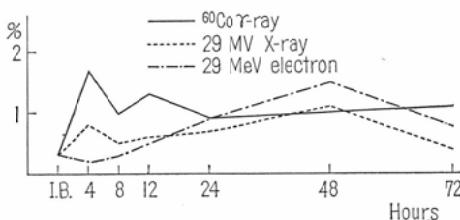
終期 (telophase) では、 $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線は照射直前 2.7% であるが照射後4時間で 1.5% と減少し、12時間で 2.8% と回復後再び減少の傾向を示す。29 MV X線は照射後4時間で 0.7% と減少し、12時間で 2.8% と回復後再び減少の傾向を示す。29 MeV 電子線は照射後8時間まで低値を示し、24時間で 3.4% と増加後72時間で元値に復する。

Table 9 Percentage of cells with micronuclei after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Ray, 29 MV X-Ray and 29 MeV Electron irradiation (250R)

	Hours	Immed. before	4	8	12	24	48	72
$^{60}\text{Co}$ $\gamma$ -ray		0.3%	1.7	1.0	1.3	0.9	1.0	1.1
29MV X-ray		0.3	0.8	0.5	0.6	0.7	1.1	0.4
29MeV electron		0.3	0.2	0.3	0.5	0.9	1.5	0.8

All samples comprise 2000 cells

Fig. 3 Percentage of cells with micronuclei after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Ray, 29MV X-Ray and 29MeV Electron irradiation (250R)



## (2) 小核形成について

$^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線、29MV X線及び29MeV 電子線を照射したさいの小核形成について照射直前、照射後4時間、8時間、12時間、24時間、48時間及び72時間に観察した。観察は細胞 2,000個中に含まれる小核 (micronucleus) の数を算定した。

その結果は Table 9 及び Fig. 3 に示すごとくである。

$^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線では照射直前 0.3% であるが照射後4時間で 1.7% と増加し、以後も照射前値より高値を示す。29MV X線では照射後徐々に増加し48時間で 1.1% を示し、72時間で 0.4% に減少する。29MeV 電子線では照射後12時間から徐々に増加し48時間で 1.5%，72時間で 0.8% を示す。

## (3) 多核細胞について

$^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線、29MV X線及び29MeV 電子線を照射したさいの多核細胞について照射直前、照射後4時間、8時間、12時間、24時間、48時間及び72時間に観察した。観察は細胞 2,000個中に含まれる多核細胞 (polynucleus) の数を算定した。

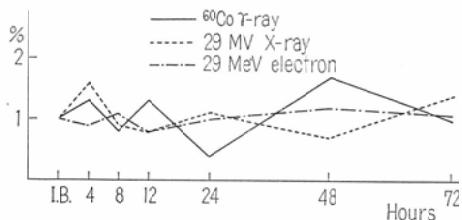
その結果は Table 10 及び Fig. 4 に示すごとく

Table 10 Percentage of polynuclei after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Ray, 29MV X-Ray and 29MeV Electron irradiation (250R)

	Hours	Immed. before	4	8	12	24	48	72
$^{60}\text{Co}$ $\gamma$ -ray		1.0%	1.3	0.8	1.3	0.4	1.7	1.0
29MV X-ray		1.0	1.6	0.9	0.8	1.1	0.7	1.4
29MeV electron		1.0	0.9	1.1	0.8	1.0	1.2	1.1

All samples comprise 2000 cells

Fig. 4 Percentage of polynuclei after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Ray, 29MV X-Ray and 29MeV Electron irradiation (250R)



である。

$^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 線では照射直前 1.0% のものが照射後の最高値 1.7%，最低値 0.4%であり，経時的観察では一定の傾向は認めない。29 MV X線では照射後の最高値 1.6%，最低値 0.7%であり，経時的観察では一定の傾向は認めない。29 MeV 電子線では照射後の最高値 1.2%，最低値 0.8%であり，経時的観察では一定の傾向は認めない。

#### (4) 後期分裂細胞の異常について

$^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 線，29MV X線及び29MeV 電子線を照射したさいの後期分裂の異常について照射直前，照射後 8 時間，12 時間，24 時間，48 時間及び72 時間に観察した。後期分裂細胞の異常には染色体橋(chromosome bridge)及び遅滞染色体(lagging chromosome)があり，さらにこれらを含有する細胞を障害細胞として算定した。染色体橋は，動原体(centromere)を持つ娘染色体が切断部位で融合して後期に両極へ移動するさい形成される。遅滞染色体は，染色体(chromosome)または娘染色体(chromatid)が切断されて生ずる染色体断片(fragment)と，機能的障害を受けて正常に行動のできない染色体とが含まれている<sup>23)29)30)</sup>。

観察は後期分裂細胞 100 個中に含まれる障害細胞と，その中の染色体橋及び遅滞染色体の数を算定した。

その結果は Table 11～16 及び Fig. 5～7 に示すところである。

障害細胞では， $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 線は照射後徐々に増加して24時間で44%と最高値を示し，72時間で29%を示す。29 MV X線は照射後徐々に増加して48時間で35%と最高値を示し，72時間で32%を示す。

29 MeV 電子線は照射後 8 時間から24時間まで30～31%と高値を示し，72時で17%を示す。

染色体橋では， $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 線は照射後12時間から

Table 11 Frequency of anaphasic aberrations after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Ray irradiation (250R)

	Hours	Immed. before	8	12	24	48	72
Damaged cell		2	21	28	44	31	29
Chromosome bridge		0	15	29	31	32	20
Lagging chromosome		2	43	29	40	33	22

All samples comprise 100 anaphasic cells

Table 12 Frequency of anaphasic aberrations after 29MV X-Ray irradiation (250R)

	Hours	Immed. before	8	12	24	48	72
Damaged cell		2	15	23	25	34	32
Chromosome bridge		0	12	27	16	35	19
Lagging chromosome		2	6	15	10	33	34

All samples comprise 100 anaphasic cells

Table 13 Frequency of anaphasic aberrations after 29MeV Electron irradiation (250R)

	Hours	Immed. before	8	12	24	48	72
Damaged cell		2	31	30	31	26	17
Chromosome bridge		0	25	35	15	17	11
Lagging chromosome		2	28	10	27	14	17

All samples comprise 100 anaphasic cells

Table 14 Frequency of cells with anaphasic aberrations after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Ray, 29MV X-Ray and 29 MeV Electron irradiation ( 250R )

Hours \ Immed. before	8	12	24	48	72	
$^{60}\text{Co}$ $\gamma$ -ray	2	21	28	44	31	29
29MV X-ray	2	15	23	25	35	32
29MeV electron	2	31	30	31	26	17

All samples comprise 100 anaphasic cells

Table 15 Frequency of chromosome bridges after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Ray, 29MV X-Ray and 29 MeV Electron irradiation ( 250R )

Hours \ Immed. before	8	12	24	48	72	
$^{60}\text{Co}$ $\gamma$ -ray	0	15	29	31	32	20
29MV X-ray	0	12	27	15	25	19
29MeV electron	0	25	35	16	17	11

All samples comprise 100 anaphasic cells

Table 16 Frequency of lagging chromosomes after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Ray, 29 MV X-Ray and 29 MeV Electron irradiation ( 250R )

Hours \ Immed. before	8	12	24	48	72	
$^{60}\text{Co}$ $\gamma$ -ray	2	43	29	40	33	22
29MV X-ray	2	6	15	10	33	34
29MeV electron	2	28	10	27	14	17

All samples comprise 100 anaphasic cells

Fig. 5 Percentages of cells with anaphasic aberrations after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Ray, 29MV X-Ray and 29 MeV Electron ( 250R )

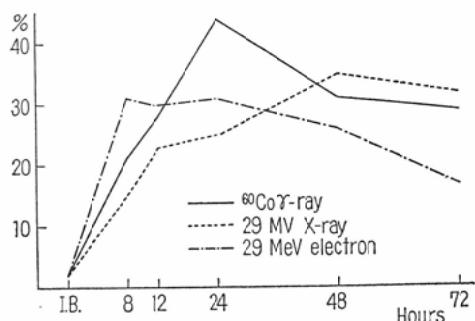


Fig. 6 Frequency of chromosome bridges after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Ray, 29 MV X-Ray and 29 MeV Electron irradiation ( 250R )

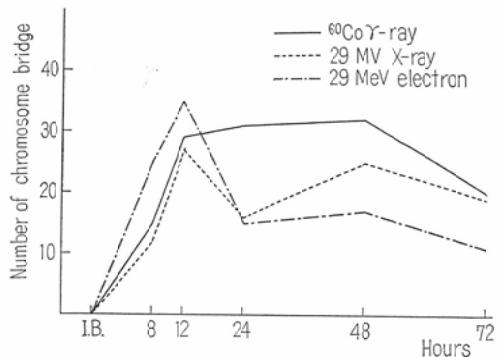
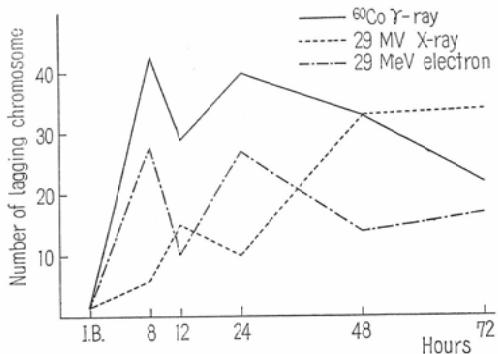


Fig. 7 Frequency of lagging chromosomes after  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Ray, 29MV X-Ray and 29 MeV electron irradiation ( 250R )



48時間まで29~32個と高値を示し、72時間で20個に減少する。29 MV X線は照射後12時間で27個、48時間で25個と高値を示す。29 MeV 電子線は照射後8時間で25個、12時間で35個と高値を示し、以後減少して72時間で11個認める。

遅滞染色体では、 $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 線は照射後8時間で43個と最高値を示し、以後減少して72時間で22個認める。29MV X線は照射後徐々に増加し48時間で33個、72時間で34個認める。29 MeV 電子線は照射後8時間で28個、24時間で27個と高値を示す。

#### IV 総括

3種類の異なる線質の放射線、すなわち  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 線、29MV X線及び29 MeV 電子線を2n Ehrlich 腹水癌に照射したさいの影響を分裂頻度、小核形

成、多核細胞、後期分裂細胞の異常について検討した結果は次のとくである。

分裂頻度に関しては照射後4時間ではいずれも低値を示し、以後増加して<sup>60</sup>Co γ線及び29MV X線では12時間で、29MeV 電子線では24時間で最高値を示し、72時間で元値に復する。照射後72時間までの分裂頻度の集計を比較すると<sup>60</sup>Co γ線を1.0とした場合、29MV X線は0.87、29MeV 電子線は0.92を示す。

小核形成に関しては照射後増加の傾向がみられ<sup>60</sup>Co γ線では4時間から12時間に高値を示すが、29MV X線及び29MeV 電子線では48時間で最高値を示す。照射後72時間までの小核形成の集計を比較すると<sup>60</sup>Co γ線を1.0とした場合、29MV X線は0.60、29MeV 電子線は0.62を示す。

多核細胞に関しては照射直前1.0%のものが、照射後各放射線とも0.4%から1.7%の範囲を変動するが、経時的観察では一定の傾向は認めなかつた。照射後72時間までの多核細胞の集計を比較すると<sup>60</sup>Co γ線を1.0とした場合、29MV X線は1.0、29MeV 電子線は0.95を示す。

後期分裂障害細胞に関しては照射後著明な増加がみられ<sup>60</sup>Co γ線では24時間で、29MV X線では48時間で最高値を示すが、29 MeV 電子線では、8時間から24時間で高値を示す。照射後72時間までの後期分裂障害細胞の集計を比較すると<sup>60</sup>Co γ線を1.0とした場合、29MV X線は0.85、29MeV 電子線は0.88を示す。

染色体橋に関しては照射後著明な増加がみられ<sup>60</sup>Co γ線では12時間から48時間で高値を示すが、29MV X線及び29MeV 電子線では12時間で最高値を示し以後減少の傾向がみられる。照射後72時間までの染色体橋の集計を比較すると<sup>60</sup>Co γ線を1.0とした場合、29MV X線は0.78、29MeV 電子線は0.81を示す。

遅滞染色体に関しては照射後著明な増加がみられ<sup>60</sup>Co γ線及び29MeV 電子線では8時間及び24時間で高い値の2相性を示すが、29MV X線では照射後徐々に増加し48時間及び72時間で高値を示す。照射後72時間までの遅滞染色体の集計を比較すると<sup>60</sup>Co γ線を1.0とした場合、29MV X

線は0.59、29MeV 電子線は0.58を示す。

### V 考 按

今までmammalian systemの細胞核の変化、ことに染色体異常を指標として異なつた線質の効果について比較した研究は少なく、Marshak<sup>15)16)17)</sup>がX線及び速中性子の効果について、さらに戸部等<sup>28)</sup>が高エネルギー放射線の効果について報告しているのみである。しかし他の組織を指標とした検索は多い、すなわち高エネルギーX線のRBEではSinclair等<sup>21)</sup>の22MV X線によるラットのLD<sub>50</sub>及び<sup>59</sup>Fe摂取率を指標としたものが0.82～0.89、Humphrey等<sup>8)9)</sup>によるchick embryoのLD<sub>50</sub>及びマウス腹水癌を指標としたものが0.93及び0.85、Jamieson等<sup>10)</sup>による根端細胞を指標としたものが0.86、等が報告されている。

<sup>60</sup>Co γ線を基準放射線とする高エネルギーX線のRBEに関しては、Sinclair等<sup>21)</sup>の22MV X線によるラットのLD<sub>50</sub>及び<sup>59</sup>Fe摂取率を指標としたものが0.97～1.01、Humphrey等<sup>8)9)</sup>の22MV X線によるchick embryoのLD<sub>50</sub>及びマウス腹水癌を指標としたものが1.01～1.03、Alexander等<sup>1)</sup>の22MV X線によるdrosophilaを指標としたものが1.03、等が報告されている。

200kVp X線を基準放射線とする<sup>60</sup>Co γ線の効果についても報告がみられ<sup>1)7)8)9)19)21)</sup>、Hall<sup>7)</sup>の根端細胞を指標としたRBEが0.84、Patteta-Queirolo等<sup>19)</sup>のマウス腸管重量を指標としたものが0.67、Sinclair等<sup>21)</sup>のラットのLD<sub>50</sub>及び<sup>59</sup>Fe摂取率を指標としたものが0.85～0.88、Humphrey等<sup>8)9)</sup>のchick embryoのLD<sub>50</sub>及びマウス腹水癌を指標としたものが0.92及び0.84、Alexander等<sup>1)</sup>によるdrosophilaを指標としたものが0.84、等が報告されている。

高エネルギー電子線のRBEでは1952年に始るBecker等<sup>22)</sup>による6MeV及び15MeV電子線を用いた研究があり、彼等は高エネルギー電子線は標準X線より正常組織に与える影響は少ないが、腫瘍組織に対しては少なくとも標準X線と同程度の影響を与えると報告している。Turano等<sup>24)</sup>はラットの体重の変動及び胸腺、脾臓、睾丸等の重量変化から15MeV電子線のRBEは0.68～0.94、

Markus<sup>14)</sup>は高エネルギー電子線の RBE は0.71～0.81にあると報告している。最近になっては、Fritz-Niggli 等<sup>5)6)</sup>の30MeV 電子線による drosophila の LD<sub>50</sub> を指標とした RBE が 1.0, Zatz 等<sup>26)</sup>の25MeV 電子線による皮膚反応を指標としたものが 0.8, Burns<sup>3)</sup>の 30 MeV 電子線による酵母を指標としたものが 0.8, Leskowitz 等<sup>18)</sup>の 22MeV 電子線による大腸菌を指標としたものが 0.82, Mookerjee 等<sup>18)</sup>の 20MeV 電子線による酵母を指標としたものが 0.82, Schulz 等<sup>20)</sup>の 35 MeV 電子線によるマウス死亡を指標としたものが 0.79, 等が報告されている。Fritz-Niggli 等<sup>5)6)</sup>が drosophila embryo を指標として 31MV X線及び 30MeV 電子線を照射後 1 時間と 4 時間に観察しているが、31MV X線ではいずれの時点でもその RBE に変化を認めないが、30MeV 電子線では 1.0 から 0.69 に変化したと述べている。

Sinclair 等<sup>22)</sup>はこれらの報告から、高エネルギー-X線の RBE の分布は 0.75 から 0.95 の間にはほとんど入るが、高エネルギー電子線は 0.55 から 0.95 の広い範囲にわたって分布していると報告している。

著者の実験においては、各放射線は照射後の経時的観察で異なる態度を示し、さらに各検査項目に対して、<sup>60</sup>Co γ線が最も強い影響を与えるが、29MV X線及び 29MeV 電子線の間では差を認めなかつた。著者の染色体を指標した値は、以上の多くの報告と同様の傾向を示すことが知られた。

## VI 結 論

2 n Ehrlich 腹水癌細胞に <sup>60</sup>Co γ線、29MV X線及び 29MeV 電子線を照射したさいの影響を分裂頻度、小核形成、多核細胞及び後期分裂細胞の異常について検索し、次の結果を得た。

1. 分裂頻度、小核形成及び後期分裂細胞の異常については各放射線間で異なる態度を示したが、多核細胞については差を認めなかつた。

2. 放射線照射後の各変化を指標別に集計比較すると <sup>60</sup>Co γ線を 1.0 とした場合、分裂頻度では 29MV X線は 0.87, 29MeV 電子線は 0.92, 小核形成では 29MV X線は 0.60, 29MeV 電子線は

0.62, 多核細胞では 29MV X線は 1.0, 29MeV 電子線は 0.95, 後期分裂障害細胞では 29MV X線は 0.85, 29MeV 電子線は 0.88, 染色体橋では 29MV X線は 0.78, 29MeV 電子線は 0.81, 遅滯染色体では 29MV X線は 0.59, 29MeV 電子線は 0.58 であつた。

以上の結果より、<sup>60</sup>Co γ線の効果が最も大きく 29MV X線及び 29MeV 電子線の間では差を認めなかつた。

(本論文の要旨は、昭和41年9月第8回日本放射線影響学会に於て発表した。尚本研究は文部省科学研究費に依つて行われた、茲に記して謝意を表する。)

稿を終るに当り、本研究に終始御懇切な御指導と御校閲を賜つた恩師中原一臣教授並びに藤井正道助教授、林敬之講師、高橋貞一郎講師に深甚なる謝意を表すると共に、組織標本に就て御指導を戴いた本学病理学教室井上敏夫講師に感謝致します。更に、ベータトロン使用の便宣を与えて下さった放射線医学総合研究所塚本憲甫所長、並びに線量測定等基礎部門の御指導を戴いた同研究所松沢秀夫先生に感謝致します。

## 文 献

- 1) Alexander, M.L., Bergendahl, J. & Brittain, M.: Biological damage in mature and immature germ cells of Drosophila Virilis with ionizing radiations. *Genetics* 44, 979—999, 1959.
- 2) Becker, J., Kärcher, K.H. & Weitzel, G.: Elektronentherapie mit Supervoltageräten. Strahlenbiologie, Strahlentherapie, Nuklearmedizin & Krebsforschung, Ergebnisse 1952—1958, 1959. Edited by Schinz, H.R. et al., Stuttgart, Georg Thieme, 1959.
- 3) Burns, V.M.: Studies of the relative biological effect of 30 and 70 MeV electrons and of the production of color mutants in adenine deficient yeast. *Radiation Res.* 9, 96, 1958.
- 4) Canti, R.G. & Spear, F.G.: Effect of gamma radiation on cell division tissue culture in vitro. *Proc. Roy. Soc.* 105, 92, 1929.
- 5) Fritz-Niggli, H. & Schinz, H.R.: Biologische Wirksamkeit von 30MeV Elektronen in Abhängigkeit von der Gewebetiefe und im Vergleich mit 180 KeV und 31 MeV Photone. I. Letalitätstest an einstündigen Drosophilaembryonen. *Strahlentherapie* 115,

- 379—393, 1961.
- 6) Fritz-Niggli, H. & Schinz, H.R.: II. Letalitätstest an vierständigen Drosophilaembryonen. Strahlentherapie 118, 503—517, 1962.
  - 7) Hall, E.J.: The relative biological efficiency of X-rays generated at 220 Kvp and gamma radiation from a Cobalt-60 therapy unit. Brit. J. Radiol. 34, 313—317, 1961.
  - 8) Humphrey, R.M. & Sinclair, W.K.: The relative biological effectiveness of 22 Mevp X-rays, Cobalt-60 gamma rays and 200 Kvcp X-rays. VI. Determined by lethality in the 4-day Chick Embryo. Radiation Res. 16, 384—393, 1962.
  - 9) Humphrey, R.M. & Sinclair, W.K.: VIII. Determined by the growth capacity of tumor cells in vitro, Radiation Res. 20, 539—599, 1963.
  - 10) Jamieson, H.D. & Read, J.: The relative biological efficiency of 24 MeV and 200 Kv X-Rays measured by the reduction in growth of roots of Vicia faba. Internat. J. Radiation Biol. 4, 487—493, 1962.
  - 11) Kohn, H.I.: The relative biological effectiveness of external beams of ionizing radiation. Progress in Radiation Therapy, edited by F. Buschke, New York, Grune and Stratton, 1958.
  - 12) Layde, J.P. & Baserga, R.: The effect of nitrogen mustard on the life cycle of Ehrlich ascites tumor cells in vivo. Brit. J. Cancer 13, 150—158, 1964.
  - 13) Leskowitz, I., Van Dyke, J.G., Laughlin, J.S. & Nickson, J.J.: Relative biological efficiency of 20 MeV electrons and 180 Kvp X-rays in Escherichia Coli inactivation. Radiation Res. 13, 445—451, 1960.
  - 14) Markus, B.: Relative biologische Wirksamkeit von 15 MeV Elektronen und 200 Kv Röntgenstrahlen auf Gerstenkeimlinge. Strahlentherapie 112, 213—228, 1960.
  - 15) Marshak, A.: Effects of fast neutrons on chromosomes in mitosis. Proc. Soc. Exptl. Biol. Med. 41, 176—180, 1939.
  - 16) Marshak, A.: Effects of X-rays and neutrons on mouse lymphoma chromosomes in different stages of the nuclear cycle. Radiology 39, 621—626, 1942.
  - 17) Marshak, A. & Bradley, M.: Relative sensitivity of chromosomes to neutrons and X-rays. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S. 31, 84—90, 1945.
  - 18) Mookerjee, A., Van Dyke, J.G. & Laughlin, J.S.: The relative biological efficiency of 20 MeV electrons and 250 Kvp X-rays in *Saccharomyces cerevisiae* inactivation. In preparation.
  - 19) Patetta-Queirolo, M.A., Randolph, M.L. & Sproul, J.A.: Intestinal weight loss in mice irradiated by roentgen rays, gamma rays and fast neutrons. Acta Radiol. 49, 393—400, 1958.
  - 20) Schulz, R.J., Schultz, S. & Botstein, C.: Clinical and physical aspects of electron beam therapy. Radiology 80, 301—303, 1963.
  - 21) Sinclair, W.K.: The relative biological effectiveness of 22 Mevp X-rays, Cobalt-60 gamma rays and 200 Kvcp X-rays. Radiation Res. 16, 394—398, 1962.
  - 22) Sinclair, W.K. & Kohn, H.I.: The relative biological effectiveness of high-energy photons and electrons. Radiology 82, 800—815, 1964.
  - 23) Takahashi, T., Nakahara, K. & Yoshida, T.H.: Effects of X-rays on cell nuclei of ascites tumors. Jikeikai Medical Journal 9, 175—186, 1962.
  - 24) Turano, L., Biagini, C., Bompiani, C. & Paleani-Vettori, P. G.: Raiobiologische, dosimetrische und klinische Grundlagen der Therapie mit schnellen Elektronen eines 15 MeV Betatrons. Strahlentherapie 109, 489—504, 1959.
  - 25) Wachsmann, F.: Unterschiede in der biologischen Wirkung normaler und ultraharter Strahlungen. Strahlentherapie 81, 273—280, 1950.
  - 26) Zatz, L.M., Essen, C.F. & Kaplan, H.S.: Radiation therapy with high-energy electrons. Radiology 77, 928—939, 1961.
  - 27) 佐々木本道：染色体研究の新しい方法。日本臨床19, 2233—2242, 1961。
  - 28) 戸部竜夫, 松沢秀夫, 武者清：線質を異にする放射線の配量に関する実験(吉田肉腫)。日本医学会誌15, 915—922, 1955。
  - 29) 森脇大五郎, 玉木英彦, 村地季孝一：放射線生物学。第2版, 裳華房, 東京, 1962。
  - 30) 吉田俊秀, 田端敏秀, 高橋貞一郎, 蛭海啓行：腫瘍細胞核に及ぼす放射線の影響。10, 203—220, 1960.