



Title	200kVpX線, 60Co $\gamma$ 線および137Cs $\gamma$ 線のRelative Biological Effectiveness
Author(s)	小塚, 隆弘
Citation	大阪大学, 1960, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/28274">https://hdl.handle.net/11094/28274</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href=" <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> ">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## 【 6 】

氏名・(本籍)	小塙 隆 弘
学位の種類	医学博士
学位記番号	第 128 号
学位授与の日付	昭和 35 年 7 月 4 日
学位授与の要件	医学研究科内科系 学位規則第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	200kVpX線, $^{60}\text{Co}\gamma$ 線および $^{137}\text{Cs}\gamma$ 線の Relative Biological Effectiveness
(主査)	(副査)
論文審査委員	教授 立入 弘 教授 小浜 基次 教授 山口 寿

## 論文内容の要旨

## 〔目的〕

近年、放射線の種類の増加、殊に高エネルギー放射線の発達に伴い、これら放射線の生物に対する作用の研究が進められている。放射線の種類が異れば当然そのエネルギー、深部率、線量分布、容積線量が異り、また対象となる生物が変ればその作用も変る。したがって放射線を悪性腫瘍の治療に応用する場合、その生物学的作用の差、すなわち Relative Biological Effectiveness=RBE を考慮に入れなければならない。生物学的条件および効果判定の基準を一定にすれば異った種類の放射線を照射した場合、その RBE を決定することが出来る。当教室に最近備えられた  $^{137}\text{Cs}\gamma$  線大量遠隔照射装置を実際に臨床に用いる前に、この RBE を検討するため、その研究の一環として、雞胎を用いて、この RBE を従来から用いられている X 線あるいは  $^{60}\text{Co}\gamma$  線のそれと雞胎の致死効果と体重増加抑制効果とから比較検討した。

## 〔方法〕

## 1) 実験材料

白色レグホーン種で  $52 \pm 2\text{g}$  の受精卵を  $37^\circ\text{C}$ 、相対湿度  $40\sim 60\%$  の条件下で通風装置を有する孵卵器内においてものを使用した。保温開始より 7 日後に孵卵器より取り出し検卵によって血管が正常に発育しているものを選んで用いた。

## 2) 照射条件

X 線は  $200\text{kVp}$ ,  $15\text{mA}$ , 沖過板:  $0.9\text{mmCu} + 0.5\text{mmAl}$ , 焦点卵殻間距離:  $40\text{cm}$ , 線量率:  $60.5\text{rads/min}$  よび  $200\text{kVp}$ ,  $5\text{mA}$ , 沖過板:  $0.9\text{mmCu} + 0.5\text{mmAl}$ , 焦点卵殻間距離:  $40\text{cm}$ , 線量率:  $26.2\text{rads/min}$ ,

$^{60}\text{Co}\gamma$  線は線源卵殻間距離:  $40\text{cm}$ , 線量率:  $24.6\text{rads/min}$ .

$^{137}\text{Cs}\gamma$  線は線源卵殻間距離:  $60\text{cm}$ , 線量率:  $23.3\text{rads/min}$ .

上記線量率は何れも雞胎の位置で測定したものである。

### 3) 効果の判定

生死は照射終了後7時間に雞胎の心搏動の有無によって判定した。体重増加抑制効果はこの雞胎の重量を化学天秤で測定し、対照平均値に対する百分率で表現した。

#### 〔結 果〕

照射された雞胎は致死量を遙かに下回る線量では肉眼的に何ら変化を示さないが致死線量に近づくにつれ漿尿膜の血管の変化が著明となり、中には雞胎内外に出血しているものも認められた。雞胎に大量照射した場合照射後早期に死ぬ所謂急性死が見られる。致死率より Fisher のプロビット法で計算した結果 LD<sub>50</sub> は X線 (60.5rads/min) では  $730 \pm 8$ rads, X線 (26.2rads/min) では,  $763 \pm 7$ rads, <sup>60</sup>Cor 線では  $1044 \pm 9$ rads, <sup>137</sup>Cs $\gamma$  線では  $1102 \pm 7$ rads であった。これから <sup>60</sup>Cor 線の RBE を1とするとX線 (60.5 rads/min) は1.43, X線 (26.2rads/min) は1.37, <sup>137</sup>Cs $\gamma$  線は0.94となった。

正常雞胎は体重の対数を縦軸に、孵卵後日数を横軸にとれば孵卵後7日から13日までは直線的な体重増加を示す。

放射線の体重増加抑制効果はX線が最も著明であり、しかもその抑制の様相は $\gamma$ 線と異なる。すなわちX線照射群が照射後2日で効果が現れ始め3日で著明となるに比し $\gamma$ 線照射群は4日で始めて著明となる。<sup>137</sup>Cs $\gamma$  線照射群は <sup>60</sup>Cor 線照射群よりやや抑制効果が強く現れる。

#### 〔総 括〕

200kVpX線、<sup>60</sup>Cor 線および<sup>137</sup>Cs $\gamma$  線の RBE を孵卵後7日の雞胎を用いてその致死効果および体重増加抑制効果より比較検討した。X線は両効果共に $\gamma$ 線に優り、同じ電圧のX線でも線量率の高いものは致死効果からみれば低いものよりも効果が大きい。<sup>137</sup>Cs $\gamma$  線は加死効果では<sup>60</sup>Cor 線にやや劣るが、体重増加抑制効果ではまさっている。傾向としては両者類似していると考えられる。

## 論文の審査結果の要旨

放射線が生体に照射された場合放射線の性質が異れば受けける線量が同じでも生体のおこす反応は異なる。この作用の差を表現するものが生物学的効果比率 Relative Biological Effectiveness (=RBE) であり、この研究が放射線医学或いは放射線生物学の最も重要な課題の一つとなっている。

RBE はある効果を生ずるに要する基準放射線の吸収線量とこれと同じ効果を生ずるに要する試験放射線の吸収線量との逆比で現わされる。RBE を求める場合には極めて厳重な生物学的条件及び物理学的条件が必要である。

本実験ではこれら生物学的条件を一定にし易い雞胎を実験材料として選び、X線、<sup>60</sup>Cor 線、<sup>137</sup>Cs $\gamma$  線の RBE を検討した。<sup>137</sup>Cs $\gamma$  線の RBE は未だ報告されていないものである。

雞胎は白色レグホーン種、 $52 \pm 2$ gのもので孵卵後7日に検卵によって正常発育を生じているものを用いた。

照射条件は次の通りである。X線は200kVp, 15mA, 沖過板: 0.9mmCu + 0.5mmAl, 焦点卵殻間距離

: 40cm, 線量率 : 60.5rads/min, および 200kVp, 5mA, 沖過板 0.9mmCn + 0.5mmAl, 焦点卵殻間距離 : 40cm, 線量率 : 26.2rads/min,  $^{60}\text{Co}\gamma$  線は線源卵殻間距離 : 40cm, 線量率 : 24.6rads/min,  $^{137}\text{Cs}\gamma$  線は線源卵殻間距離 : 60cm, 線量率 : 23.3rads/min

$\text{LD}_{50}$  の測定にあたって鶏胎の生死は照射終了後 7 時間で卵殻を割り鶏胎をとり出し心搏動の有無によって判定した。

こうして得られた致死率と線量の関係を半対数表で表わし, Fisher の Probit 法で処理すると次の如き回帰直線の式と回帰係数を得る。

$$\text{X-ray}(60.5\text{rads/min}) \quad ^{60}\text{Co}\gamma\text{-ray}$$

$$Y = 15.478X - 39.321 \quad Y = 18.152X - 49.796$$

$$\text{Slope } b = 15.478 \pm 0.047 \quad \text{Slope } b = 18.152 \pm 0.004$$

$$\text{X-ray}(26.2\text{rads/min}) \quad ^{137}\text{Cs}\gamma\text{-ray}$$

$$Y = 20.321X - 53.572 \quad Y = 24.366X - 69.125$$

$$\text{Slope } b = 20.321 \pm 0.037 \quad \text{Slope } b = 24.366 \pm 0.056$$

これから夫々の  $\text{LD}_{50}$  と  $^{60}\text{Co}\gamma$  線の  $\text{LD}_{50}$  を基準とした各放射線の RBE は次の通りである。

	n	$\text{LD}_{50}$ (rads)		R B E
		M	S E	
X-RAY				
60.5rads/min	342	730 ± 8		1.43
26.2rads/min	304	763 ± 9		1.39
$^{60}\text{Co}\gamma$ -RAY	351	1044 ± 9		1.00
$^{137}\text{Cs}\gamma$ -RAY	320	1102 ± 7		0.94

正常鶏胎の体重は体重の対数を縦軸に孵卵後日数を横軸にとり 20~50 個の鶏胎の平均体重を経目的にプロットすれば孵卵後 7 日から 13 日までは直線的増加を示す。この結果から 7 日鶏胎に X 線,  $^{60}\text{Co}\gamma$  線,  $^{137}\text{Cs}\gamma$  線を夫々 400rads 一定として照射し, その体重增加抑制効果を孵卵後 8 日から 13 日までの間で測定した。同日鶏胎の対照平均値に対する照射鶏胎の平均値の百分率で表わすと, X 線照射群は照射後 2 日から抑制が開始され, 3 日後に著明となる。一方  $\gamma$  線照射群は共に 4 日で著明となる。 $^{137}\text{Cs}\gamma$  線照射群は  $^{60}\text{Co}\gamma$  線と X 線との間に位し, むしろ  $^{60}\text{Co}\gamma$  線の曲線に極めて近い経過をとる。

RBE に差のある原因については LET の差が考えられ, X 線と  $^{60}\text{Co}\gamma$  線の  $\text{LD}_{50}$  からみた RBE の差, これに  $^{137}\text{Cs}\gamma$  線を加えた体重增加抑制率の差は LET で説明がつくが  $^{137}\text{Cs}\gamma$  線が  $\text{LD}_{50}$  からの RBE と体重增加抑制作用とで逆の傾向を示したことは基準とした変化が  $\text{LD}_{50}$  と体重增加抑制と異り, そのための変動と考えられる。しかしながら, この結果は今述べたように簡単に割り切って考えるべきものであるか, あるいは何らかの秘められた事象の現れであるかについては, 更に詳細な研究を著者に促し, この種の研究の基礎としてより正確な, より確固とした結論に導くことを期待している。