The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	睾丸重量を指標とした200KV X線, 60Coγ線, 15MV X線及び15MeV電子線の生物学的効果比率 第1報 局所照射の場合
Author(s)	岡村, 重昭; 中村, 寛; 古賀, 充
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1963, 23(2), p. 189-193
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19483
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

睾丸重量を指標とした200KV X線, ^{60}Coγ線, 15 MV X線及び15MeV電子線の生物学的効果比率

第1報 局所照射の場合

九州大学医学部放射線医学教室（主任：入江英雄教授）
岡村 重昭 中村 寛 古賀 充

（昭和38年3月2日受付）

The Relative Biological Effectiveness of 200 Kv X-rays, ^{60}CO γ-rays, 15 Mv X-rays and 15 Mev Electrons on the Testis of the Mouse the First Report

By

Shigeaki Okamura, Hiroshi Nakamura and Mitsuru Koga.
Department of Radiology, Faculty of Medicine, Kyushu University, Fukuoka, Japan.
(Director: Prof. Dr. Hideo Irie)

The relative biological effectiveness of 200 Kv X-rays, ^{60}Co γ-rays, 15 MV X-rays and 15 Mev electrons was determined with the testicular atrophy of the mouse.

Ramdomely consisted groups of 10 mice ($CF_{\#1}$ male mice) were exposed to graded dose of the irradiations (50, 70, 100, 140, 200, 300, 400, 500, 630, 800, 1000 r). To protect from lethal effect of total body irradiation, lower half of the body was exposed, only lower pelvis, scrotum and tail was included in the radiation field. Four weeks after exposure, both the irradiated and unirradiated mice were killed and their testes were dissected out and the wet weights determined.

The relation-ship between dose of irradiation and degree of testicular atrophy in mice was exponential over range of 70 and 630 rad.

Testicular weight-loss were expressed as percent of control weight and regression lines for response (Y) as a function of dose (X) were calculated.

200 Kv X-rays	$Y=44.16\ X-59.0$
^{60}CO γ-rays	$Y=40.88\ X-55.8$
15 MV X-rays	$Y=42.18\ X-63.7$
15 MV Electrons	$Y=48.13\ X-71.6$

According to the following equations, two types of RBE were calculated as shown in Table III and IV.

$$\text{RBE (on the equal effect)}=\frac{\text{Dose of 200 Kv X-rays required for effect}}{\text{Dose of the radiation in question required for equal effect}}$$

$$\text{RBE (on the same dose)} = \frac{\text{Effect of the radiation in question}}{\text{Effect of 200 Kv X-rays on the same dose}}$$

These two types of RBE were smaller than 1.00, and agreed with generally accepted theory that RBE is influenced by LET.

緒　言

戦後 ^{60}Co 治療装置を中心として Betatron や Linear Accelerator 等の高エネルギー発生装置が悪性腫瘍の治療面に急速に普及して来た．それと共に之等より発生する放射線の生物学的効果は，従来より使用されて来ている 200Kv 程度のX線に比較して如何，ということが重要な問題として浮び上って来た．吾々は一昨年来 200Kv X線，^{60}Coγ 線，15 MV X線及び 15MeV電子線間のＲＢＥを研究して来ているが，今回は局所照射におけるマウス睾丸の重量を指標としてＲＢＥを測定したので報告する．

実験方法

実験動物には CF#1 マウス雄性20ｇ前後のものを使用した．

照射方法

実験した放射線の種類は 200Kv X線，^{60}Coγ 線，15 MV X線及び 15MeV 電子線の４種であつてそれぞれ，以下の条件で照射した．

a) 200Kv X線

島津信愛号使用．電圧 200Kv，管電流15mA，1.5mm Cu＋0.5mm Al 濾過，焦点動物間距離60cmで使用．線量率 30r/m である．

マウスの固定にはX線フィムの乳剤を除いたものを円錐形（底部径 1.5cm，頂部径 0.5cm程度）に加工し，これにマウスを後肢より引込み下腹部以下を照射した．上腹部以上は２～３mmの鉛板で覆い被曝しない様に遮蔽した．(Fig. 1)

b) ^{60}Coγ 線

島津2000Ｃ装填 ^{60}Co 照射装置を使用（線源は実験時約1600Ｃである）．線源，動物間距離は 100cmで線量率は 29r/m である．

マウス固定は前と同様で，下腹部以下を照射し，上腹部以上は厚さ 5cm の鉛レンガで覆つた．(Fig. 1)

c) 15 MVX線

島津15MeV ベータートロン使用．15MV で動作させ，焦点動物間距離は75cmとした．線量率は約 30r/m（線量率が変動し易いため）である．

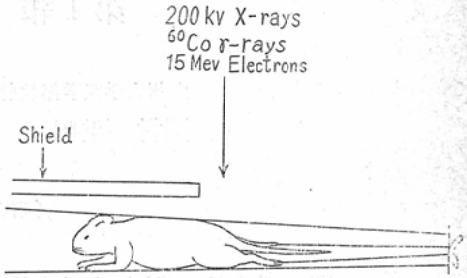

Fig. 1　Schema of partial-body irradiation of the mouse

マウス固定には前述の円錐形のフィルムを使用し，マウスの真上にアクリライト樹脂を 2.5cm 積んでこれを通過した線を下腹部以下に照射した．上腹部以上は照射孔外に出し被曝をさけさせた．(Fig. II)

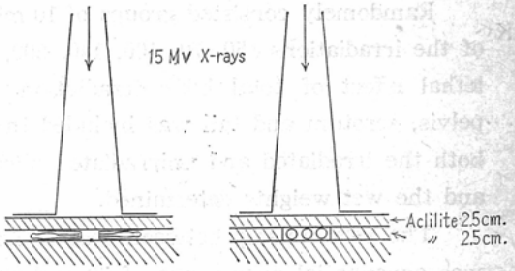

Fig. 2　Schema of partial body irradiation of the mouse

d) 15 MeV 電子線

島津15 MeV ベータートロン使用．15 MeV で動作させ，焦点動物間距離は75cmとした．線量率は約 35 r/m である．

マウスの固定は前述の円錐形フィルムを使い（特にこの場合は一重の部分で照射される様にした．）下腹部以下を照射し上腹部以上はアクリライト樹脂 5cmで覆つた．(Fig. 1)

各線の照射は局所一時照射であつて，それぞれ約 50，70，100，140，200，300，400，500，

630, 800, 1000 rad 宛照射した．実験動物の数は各線各線量毎に10匹宛使用した．

線量測定

線量測定にはいずれの場合も Victoreen chamber を用いた．即ち 200Kv X線ではX線 250 r 用（154）の，^{60}Co γ線ではγ線 25 r 用（553）のものを使用し，いずれも照射直前に測定した値を用いた．15 MV X線及び 15MeV 電子線では前述のX線 250 r 用（154）の chamber を円錐形フィルムに挿入して毎照射時マウス睾丸となるべく同位置において照射し線量の正確さを保たしめた．

尚 roentgen→rad 換算係数として 200Kv X線では0.95[1]，^{60}Co γ 線では 0.97[1]，15MV X線で0.97※ を考慮した．15 MeV 電子線ではVictoreen chamber の値をそのまま用いた．

測定及び飼育

飼育はオリエンタル固型飼料（実験用）を用い照射後28日目に屠殺，睾丸摘出し左右同時に化学天秤で秤量した．

RBE の計算

RBE計算の Baseline radiation には 200 Kv X線を用いた．RBEには通常次の2つが考えられる．即ち

A）一定効果時の線量の比であつて，通常 50 % の効果を示す時の線量の比で表わされているが，30, 40, 60, 70 %の効果の時も表わされてよい筈である．即ちこの場合は

$$\frac{\text{200Kv X線により50\%の効果を得る線量}}{\text{或る線質の放射線により50\%の効果を得る線量}}$$

で計算され，次に

B）一定線量の時の効果の比であつて，この場合では 100, 200, 300, 400, 500, 600 rad におけるRBEを計算した．即ちこの場合は

$$\frac{\text{或る線質の放射線を或る線量照射した時の効果}}{\text{200Kv X線を上の放射線と同線量照射した時の効果}}$$

で計算される．

結果の解析法

得られた睾丸の重量を各線質各線量毎に平均し，対照の非照射睾丸重量より差引いて，その線質その線量における効果を得た．各線質毎に線量を対数にとりセミログ紙上に効果をプロットしてみると 70～ 630 rad の間は，ほゞ直線上に並ぶので，線量の対数と効果の間に直線関係があるものと假定して回帰直線[3]を求めた．

この回帰直線式よりまず 40, 50, 60 %の効果を得る線量を求めることが出来る．これより一定効果の場合の線量の比のRBEを求めることが出来る．

又この回帰直線式で同一線量で得られた効果の比からのRBEを求めることも出来る．

結果及び考案

実験した各放射線の 70～630 rad における回帰直線は次式の如くなる．

但し対照非照射睾丸重量の平均は 185.3 mg である．

200Kv X線

$Y = 44.16X - 59.0$ (%) $\sigma = \sqrt{9.7}$

^{60}Co γ線

$Y = 40.88X - 55.8$ (%) $\sigma = \sqrt{8.6}$

15 MV X線

$Y = 42.18X - 63.7$ (%) $\sigma = \sqrt{16.1}$

15 MeV 電子線

$Y = 48.13X - 71.6$ (%) $\sigma = \sqrt{25.1}$

但しYは各放射線の効果の推定値で対照に対する%，Xは線量 rad の対数値

この線量効果直線式より効果 40, 50, 60 %時の線量を求めると Table I の如くなり，100, 200, 300, 400, 500, 600 rad 時の効果を求めるとTable IIの如くなる．

これ等の値を用いて，200Kv X線を基準放射線として ^{60}Co γ 線，15 MV X線及び15 MeV 電子線間のRBEを計算すると Table III, IVに示す如くなり，1.00よりも小さい値となる．

この様に 200Kv X線を基準放射線とした時そのRBEが1.00より小さくなる傾向は第2報に続報する全身照射の場合も同様であり，かかる原因は通常 Linear Energy Transfer に関係づけられており，本報告に用いた200Kv X線のそれは大体3 KeV/μ，^{60}Co γ 線は約 0.3KeV/μ，15MV X線は約0.3KeV/μ，15 MeV電子線は約 0.3KeV/

※ この値は2)の文献のグラフより外挿して求めた．

Table I Estimated Value of Dose on the Effect of 40, 50 and 60 %

Effect	200 Kv X-rays	^{60}Co γ-rays	15 MV X-rays	15 MeV Electrons
40%	174.5 rad	220.5 rad	287.4 rad	208.3 rad
50%	294.0 rad	387.4 rad	496.0 rad	336.1 rad
60%	495.1 rad	680.2 rad	856.5 rad	542.3 rad

Table II Estimated Value of Effect on the Dose of 100,200,300,400,500 and 600 rad

Dose	200 Kv X-rays	^{60}Co γ-rays	15 MV X-rays	15 MeV Electrons
100 rad	29.3%	26.0%	21.0%	24.7%
200 rad	42.6%	38.3%	34.8%	39.1%
300 rad	50.4%	45.5%	42.8%	47.6%
400 rad	55.9%	50.6%	48.6%	53.6%
500 rad	60.2%	54.5%	53.0%	58.3%
600 rad	63.7%	57.8%	56.6%	62.1%

Table III Relative Biological Effectiveness on the Effect of 40, 50 and 60 %

Effect	200 Kv X-rays	^{60}Co γ-rays	15 MV X-rays	15 MeV Electrons
40%	1.00	0.79	0.61	0.84
50%	1.00	0.76	0.59	0.87
60%	1.00	0.73	0.58	0.91

Table IV Relative Biological Effectiveness on the Dose of 100,200,300,400,500 and 600 rad

Dose	200 Kv X-rays	^{60}Co γ-rays	15 MV X-rays	15 MeV Electrons
100 rad	1.00	0.89	0.72	0.84
200 rad	1.00	0.90	0.82	0.92
300 rad	1.00	0.90	0.85	0.94
400 rad	1.00	0.91	0.87	0.96
500 rad	1.00	0.91	0.88	0.97
600 rad	1.00	0.91	0.89	0.97

μであつて，用いた放射線の範囲内ではＬＥＴの小なる方がＲＢＥの値も小さい．

ベータートロンの場合は線量の分布が余り良くなく照射野の中心と辺縁部に10～15%[4] 位の差がある．吾々は照射時間の能率上４～５匹を同時に照射したが，その際睾丸をなるべく照射野の中心に集める様にし，かつマウスと同様に円錐形のフィルムに挿入した chamber で毎照射時線量を測定しつゝ照射して線量の正確さを保たしめた．このためか回帰直線の適合性においてもそのσの値はベータートロン使用群にやゝ大なる傾向はあるが有意の差ではない．

マウスの睾丸を指標としてＲＢＥをみたという報告は多いが，局所照射でＲＢＥをみたという報告は今の所見当らない．第２報の全身照射の場合の報告において詳しく文献的考察を行いたいと

思う.

結　論

吾々はCF#1 マウス雄性を用い，局所照射の場合の睾丸の萎縮を指標として，200Kv X線，^{60}Co γ 線，15MV X線及び 15MeV 電子線間の生物学的効果比率を測定した．即ち各放射線を約 50, 70, 100, 140, 200, 300, 400, 500, 630, 800, 1000 rad 照射し28日目に屠殺して睾丸を剔出し，その重量を測定した．この値より各放射線毎に線量と効果間の関係式を求め，この式より40，50，60 % 効果時及び 100, 200, 300, 400, 500, 600 rad 時のRBEを算出した．その結果はTable III, IV に示す如く 200Kv X線を基準にすれば 50 % 効果時に ^{60}Coγ 線で0.76，15MV X線で 0.59，15MeV 電子線で0.87，又 100～600 rad の間では ^{60}Co γ 線で約 0.9，15MV X線で 0.8～ 0.9，15MeV 電子線で 0.9～ 1.0の値を得た．

（本報告は文部省科学研究費によるものである事を記し，茲に厚く感謝する）．

（本報告の一部は第21回日本医学放射線学会及び第17回日本医学放射線学会中四国西九州合同部会において報告した）．

（終始御指導御鞭撻を戴いた恩師入江英雄教授に深謝致します）

参 考 文 献

1）吉永，安徳：文部省科学研究班“高エネルギー放射線のRBEに関する研究”レポート 36—2—吉1.—2）Report of the International Commission Radiological Units and Measurements (ICRU) 1956, National Bureau of Standards Hand Book, 62, 1957.—3）畑村他：スネデカー統計的方法（上）第6章，岩波書店，昭和30年.—4）竹下，吉本：文部省科学研究班“高エネルギー放射線のRBEに関する研究”レポート，37—2—竹—2.