



Title	60MeV電子線巨大線量照射後の急性死について
Author(s)	栗冠, 正利; 佐々木, 俊作; 猪股, つや子
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1970, 30(6), p. 566-568
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16769
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

60MeV 電子線巨大線量照射後の急性死について

東北大学医学部放射線基礎医学教室

粟冠 正利 佐々木俊作 猪股つや子

(昭和45年3月17日受付)

Mortalité rapide après irradiation unique de 60 MeV d'électron
par

M.M. Sakka, M.S. Sasaki et Mlle. T. Inomata

Faculté de Médecine, Université de Tohoku, Sédai, Japon

Nous avons observé la mortalité ultra-aigue après irradiation unique de 60 MeV d'électrons produits par accélérateur linéaire de l'Université de Tohoku. Dosimétrie s'est faite par le moyen de courant d'électricité produit en bloc de plomb irradié. Durée moyenne de la survie est très courte chez les souris quand ils sont irradiés en totalité ou par la tête—4.8 heures après 50 microCoulomb et 98 seconds après 500 microCoulombs. Technique de dosimétrie, effet 60–110 minutes dans la courbes de survie, étiologie de la mortalité rapide—ces sont des problèmes importantes et difficiles.

東北大学理学部原子核理学研究施設は学内共同利用のための大型直線加速機を持つている。電子線は 300パルス/秒、パルス巾 2—3 μ 秒で放射される。この装置を用いれば巨大線量照射と短時間パルス照射を行うことができる。第1期計画として、短時間巨大照射による超急性障害の研究を行った。

生物医学用照射設備

生物医学照射には数箇のマグネットを利用してもとの直線から 135度にまげた水平ビームと垂直ビームを用いる。水平ビームは電子伝導管内を走り拡散マグネットによつて一辺20cmの正方形射出口を出て生物照射室に導かれる。照射室は 7.3立方メートルの木製可搬式で射出口からでたビームは無窓又は厚さ 3 mmのアクリル窓を通して室内に入る。照射台の位置は線源から約20mはなれている。垂直ビームは拡散マグネットの手前においた偏向マグネットにまげられて床上50cmの照射台上で直径 5 cmの照射野がとれる。別の偏向マグネットに通ずる電流を加減する事によつてビームを x 方向に

約30cm走査できる。照射台は電動でビーム走査方向と直角の y 方向に動く。ビームの位置と大きさの選択、焦準などは蛍光板・ITV系を使つて 100メートル以上はなれた操作室で遠隔して行う。

電子エネルギーの測定は 2 コの直角偏向マグネットに通ずる電流の大きさから換算する。電子線源を出発した電子はいろいろなエネルギーを持つて直線部に入るが偏向マグネットによつて通路がまがるとき磁場の大きさに応じたそろつたエネルギーの電子だけが選ばれて次の直線部に導かれる。このような磁場を数箇所経過して、照射台に導かれた電子エネルギーは 60 MeV \pm 2% の範囲で単色である。

線量は生物の射出部背後においた鉛集電体の中に生じた電気量 (μ A 又は μ C) にエネルギー (MeV) を乗じて換算した。水平照射の場合はビーム内で動物の背後約40cmはなれた所に大地から絶縁した鉛ブロック (1 辺20cmの正方形で厚さ 5 cm) をおいた。垂直ビームの場合は集電体は直径

5 cmの円でビームに正対し厚さは5 cmである。水平ビーム中で60 MeV 電子線がこの集電体にほぼ完全に吸収されることは次のような実験で確かめた。即ちビームの中に上記の大きさの主集電体 I をおきその背後に5 cmはなしてもう1コと同じ大きさの集電体 II と、更なる背後に集電体 III をおいた。照射によつて生じた電気量は集電体 I : II : III で 100 : 2 : 0.007 で集電体 I を透過する電子線はほぼ2%程度である。ビームの横方向への散乱をみるために主集電体 I から横に5 cmはなして巾5, 高さ20, 厚さ10 cmの周辺集電体 IV をおいたところ I : IV は 100 : 1.61 であつた。従つて IV と同じ大きさの周辺集電体が I をとりかこんでいる場合には主集電体 : 周辺集電体には 100 : 11 の割合で電子線が吸収される。鉛の比重を11.4とお

くと60 MeV で 100 μ C を生じたとき物質 1 g に付与した電子エネルギーは 2.63×10^6 エルグ と換算される。水平ビーム内の電子線強度分布は電子伝導官の射出口に厚さ3 mmのベニア板を密着しその上に銅片をはりつけて照射し誘導放射能の強さを計数して求めた。その結果の1例を図2に示す。60 MeV 電子線の水中減弱は垂直ビーム内に水槽をおいてその中に多数のガラス線量計(東芝製)をならべて同時照射し何回かの平均値を読んで減弱曲線を描いた(図1)。その結果半価層は水17 cmである。この測定は線源からファントム迄の距離が大きいので距離による減弱を考慮しなくてよい。

成 績

ddN はつかねずみの急性致死

雌雄成獣(東北大学医学部純系動物研究施設提供)をアクリル円筒に1匹づつ入れて60 MeV 電子線水平ビームの中で全身照射し死亡時刻を記録し死後剖検を行つた。照射量別の死亡時刻は表の通りである。

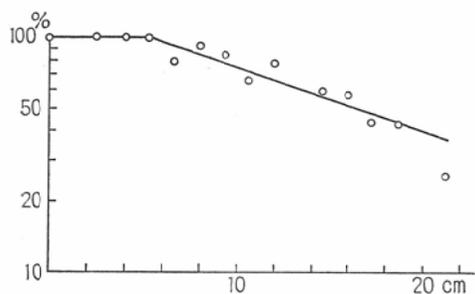


Fig. 1. Attenuation du faisceau étroit de 60 mēV d'électron dans l'eau.

照射量 μ C	照射時間	死亡時間 (照射後)	平均死亡時間
0.5	10秒	4日以内 (2)* 10日 (1), 12日 (1)	7.5日
5	55秒	4日以内 (10)	4日
10	36秒	23時間以内 (9)	23時間
20	67秒	23時間以内 (11)	23時間
50	—	2時間以内 (6) 5時間以内 (3) 16時間以内 (1)	4.8時間
100	290秒	5分以内 (5), 22分, 29分, 33分, 34分, 51分 (3)	24.6分
200	104秒	104秒以内 (7) 2分以内 (5)	110秒
500	98秒	98秒以内 (3)	98秒

* () 内は動物数を示す。

次に動物をアクリル円筒に入れ厚さ10 cmの鉛ブロックで剣状突起から下の部分をしゃへいし頭を含む上半身だけを照射した。300 μ C/111秒では5/5が即死し 200 μ C/75秒では5/5が照射直後死亡した。ところが頭部を含む上半身をしゃへいし下半身だけ照射したものは 200 μ C/72秒では5/5が即死を免がれ5—20時間生存した。300 μ C/106秒

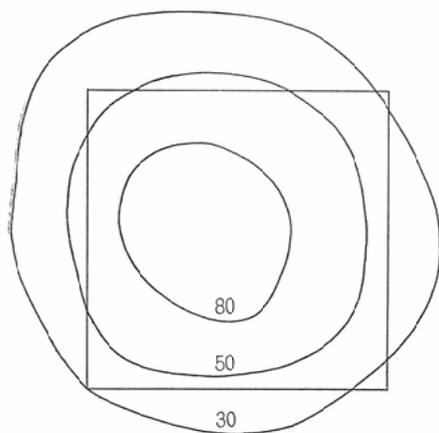


Fig. 2. Contours d'isodose du faisceau large de 60 mēV d'électron.

でも5/5が即死を免れたが下肢、尾は照射直後から麻痺し5—10時間後に死亡した。照射された下半身には麻痺がおこるが全身照射の場合のようなけいれんはみられなかつた。上記照射量の範囲では即死をおこすためには頭部が照射される必要があり、同じ照射量を下半身にあてたときは決して即死はおこらない。

次にどなりゆう大黒兎の頭部・脊椎しゃへいを行つた。200gくらいの成獣を厚さ1cmの木板に四肢を伸ばして頭を下にし腹位に固定しビームは背側から入り腹側にぬけるように木板をおいた。

1辺10cmの立方体鉛ブロックで胸部上半と頭部をしゃへいし脊椎部は巾1cm、厚さ7cmの鉛板でしゃへいした。木板の固定はすべて木製ジグを用い照射野に金属が含まれることはできるだけさけた。照射条件は60 meVで199秒から628秒の間に200 μ Cを与えたものと27秒から45秒の間に250 μ Cから315 μ Cを与えたものがある。照射中に頭が動いてしゃへい効果がよくなかつたもの4匹は照射終了時に死亡していた(照射時間は45秒から316秒)が頭部しゃへいがうまく行われたものは即死を免がれ1時間生存1匹、5時間生存5匹を数えた。即死を免がれたものも下肢と尾の麻痺は著しかつたがしゃへいされた上肢の麻痺はおこらなかつた。併し20時間以上生きたものはない。

このような死亡は中枢神経死とか分子死といわれるものであるが死亡までに動物がとる挙動がつかねずみと大黒兎でちがう事に気がついたので動物を自由に放置し乍ら超大照射し1—2分で殺す時の様子を16ミリ映画に撮影して比較した。どの動物も照射開始直後から挙動に大きな変化がおこるがはげしく走り、飛び、けいれんをおこしこうふん狂騒に陥るのははつかねずみととのさまかえるに著しい。ハムスタは走るが飛び上らない。照射中の挙動はその動物の生来固有の性質を反映しているように見受けた。照射した動物は次の通りでカッコ内は照射の強さを示す。ddN はつかねずみ(100秒で300 μ C)、C57BLはつかねずみ(94秒で300 μ C)、どなりゆう大黒兎(97秒で

300 μ C)、シリアンハムスタ(97秒で300 μ C)、うさぎ(89秒で300 μ Cと83秒で990 μ C)、小いぬ(120秒で350 μ C)、とのさまかえる(181秒で400 μ C、但し水中)、いもり(97秒で400 μ C、但し水中)⁵⁾。

考 察

1. 線量評価。1 μ C(マイクロクーロン) \times 60 MeV=60W秒=6 \times 10⁸エルグである。集電体容積は2000cm³で比重11.4であるから物質に対するエネルギー付与はg当たり2.63 \times 10⁴エルグに相当する。我々が実験した生存時間に相当する線量範囲を既知資料¹⁾²⁾³⁾⁴⁾から推察すると1万から20万radsに当たる。従つて我々が電流測定値から換算したエネルギー付与は既知資料の線量値の約¹/₁₀である。電子線がX又は γ 線に比して低能率の理由として線量率、測定上のロス、熱作用、RBE等を考える事ができる。現在短パルス強放射線のイオン化測定法がないためどれが正しいか決められないが電子照射に伴う熱(100 μ C \times 60 MeV=6kW秒)は尤もらしく思える。この線量域に60—110分効果があると報告²⁾されているが我々の実験では検出できなかつた。

2. 剖検所見 肉眼的には熱による変化(火傷およびうづ熱)は認められなかつた。とのさまかえるを空気中と水中で照射したときにも肉眼的剖検所見には差がなかつた。全身および頭部照射を受けたのはつかねずみおよび大黒兎の脳と背髄には肉眼上は出血や血管拡張が見られなかつた。組織学的所見は別に報告する。

謝辞 線量測定については東北大学理学部原子核理学研究施設庄田助教授、小島助教授其他の教官、技官の援助をうけた。映画撮影は専ら東北大学医学部附属病院遠藤技官に負う。その他直接、間接にこの研究を支持された多くの各位に深く感謝の意を表する。

文 献

- 1) Bond, V.P. et al.: Mammalian Radiation Lethality, Academic Press, (1965).
- 2) Dessauer u. Sommermeyer, Quantenbiologie, Springer Verlag, (1964).
- 3) 藤井: 日本医放会誌, 25 (1965) 30—46.
- 4) Krebs, A.: Strahlenbiologie, Springer Verlag, (1968).
- 5) 栗冠ほか: XII ICR, F1083 (1969).