

Title	無尾両生類幼生に対するX線・ γ 線の分割照射の効果について (I) <i>Rana nigromaculata</i> に対して
Author(s)	田中, 紀元
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1966, 26(7), p. 910-913
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18119
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

無尾両生類幼生に対する X 線・ γ 線の分割照射 の効果について

〔I〕 *Rana nigromaculata* に対して

京都府立医科大学・生物学教室

田 中 紀 元

(昭和41年1月31日受付)

The Effect of Fractionated X-Rays and γ -Rays Irradiation on Tadpole of Amphibia

(I) *Rana nigromaculata*

by

Norimoto Tanaka

Biological Laboratory, Kyoto Prefectural University of Medicine., Kyoto.

The effect of fractionated X-rays irradiation was studied on the survival response of *Rana nigromaculata* tadpoles.

The subjects employed in this experiment were obtained from a rice-field near the university as an egg block and 25 mm tadpoles from the same egg block were used. Radiation was delivered at 80 kvp, 4ma, no-filtration; dose-rate was approximately 300 R/min at focus-animal distance 10 cm.

The experimental method was done as follows.

- (A) 1200 R
- (B) 600 R 12 hr 600R
- (C) 600 R 24 hr 600R
- (D) 400 R 12 hr 400 R 12 hr 400 R
- (E) 400 R 24 hr 400 R 24 hr 400 R

Figure shows typical survival curves for single dose irradiation or fractionated dose irradiation, respectively.

The recovery phenomena as shown in mammals was not found in this experiment and the survival response showed significant difference in the fractionated irradiation compared with the single dose irradiation.

The response indicated more sensitivity to fractionated irradiation than to single dose irradiation in this method, at least.

1) As a shown in (B) groupe and the (C) group, the same fractionated irradiation indicated a difference in the survival response, therefore, this difference between this same fractionated dose irradiation is probably only one of interval.

2) Further, since no difference in survival rate was found between groups (B) and (D), and (C) and (E), respectively, the survival rate difference between these pairs of groups is probably due to the time-interval difference

It is concluded from this experiment that the factor of radiosensitivity in these subjects to fractionated dose irradiation is probably one of time interval rather than fractionated numbers.

緒 言

X線を分割照射することによって、生体におよぼす放射線障害が同一線量の一時照射の時よりも、いちぢるしく軽減されることは多くの研究によって理解されている事実である。特に哺乳類を用いて、X線分割照射をした実験では、その障害の回復について種々なる角度より検討が加えられている。その回復率も分割の回数、照射間の時間間隔、照射線量によって差異がある。また、分割照射の方法による差異も認められ、たとえば、連続に小線量を毎日照射する場合と、それよりも大きい線量で何回かに分割して照射することによって、その効果に差のある事が認められている。Storer (61)¹⁾ はマウスを用いた実験で、初期にうけた放射線障害の回復は、初期の照射線量の増加と共に減少する傾向がみられ、その回復率が指数関数によって示されるという。しかし、Brown et al (62)²⁾ は分割照射の時間間隔を変えた実験で、致死率を指標とした時、その効果には有意な差を認めていない。また、Moos et al (61)³⁾ はラットで、種々な放射線を用いて分割照射を行つて、体重に関しては同じ率で減少し、更に、異なつた放射線による差異はみていない。Bennard et al (59)⁴⁾ はブタを用い、照射線量、照射間の時間間隔等を変えて、動物の生存日数の長短を以つて回復をみている。その他、植物においても、Giles et al (53)⁵⁾ がムラサキツノ草の小胞子を材料とし、速中性子で分割照射を行ない、染色体異常を指標とした時、分割間の時間が12時間以内では分割の効果はみられなかつたことを報告している。

このように、哺乳類を用いた分割照射の効果については多くの研究報告があり、一般に、分割照射をすることにより、単一照射よりも効果が軽減されるということが放射線生物学の通念となつてはいるが、これらは何れも成体を用いた実験である。そこで、著者は、無尾両生類幼生を用いて、X線およびγ線による分割照射を行い、生存曲線

Median survival time を求めて分割照射の効果を検討した。

材料および方法

材料は京都市内で卵塊として採集して来たもののうち、同一卵塊から発生した体長20mm以上の *Rana nigromaculata* を用いた。周知のように、無尾両生類では、その発生の時期によつて出現する赤血球の型がことなる。藤原 (50, 51)⁶⁾ の実験によると、*Rana* 幼生では体長15mmを境に第Ⅱ型の赤血球に移行し、体長17mmをこえる頃から第Ⅱ型の赤血球が主体となつている。このような赤血球の型の移行期およびそれ以前に実験を行なうと、実験結果の評価が混乱するので、比較的安定性のある第Ⅱ型期以後、すなわち、体長20mmをこえた個体を材料として選んだ。

本実験では体長25mmの *Rana nigromaculata* を用い（同一卵塊）、これを50匹ずつの実験群にわけた。実験期間中の飼育は、内径約25cmのシャーレ中に水草を浮かし、照射後の観察は午前と午後の2回おこない、死亡個体を除去した。なお、毎日1度の水換えを観察時に行なつた。生存曲線は最後の照射を行なつた後から記録した。最後の照射を終える迄に死亡した個体はなかつた。飼育期間中の室温は20~33°Cであつた。

X線照射条件は80 kVp, 4 mA, フィルターなし、焦点-被照射体間距離10cmで、線量率は300 R/minを行なつた。又、照射時に動物体に水分が付着している程度にガーゼでぬぐい、合成樹脂容器に入れて照射した。

実験方法は以下の如くに行なつた。

照射群 第1回照射線量 照射間隔 第2回照射線量 照射間隔 第3回照射線量

1-a 1200R

1-b 600R 12hr 600R

1-c 600R 24hr 600R

照射 第1回 照射間隔 第2回 照射間 第2回

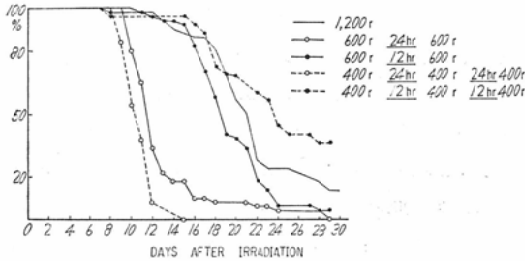
1-a 200R

1-b 600 12hr 600R

1—c 400R 12h 400R 12h 400R
 1—d 400R 12hr 400R 12hr 400R
 1—e 400R 24hr 400R 24hr 400R

実験結果

実験結果を図に示した。図にみられる如く、



The Effect of Fractionated X-ray Irradiation on Tadpole of *Rana nigromaculata*

(1—*a*)の一時照射群〔以後(1—*a*)群〕と、分割照射した群は共に、照射後10日目頃から漸次死亡してゆくが、(1—*a*)群では照射後29日目で生残率は15パーセントであり、観察した日数、すなわち、照射後30日でも同じパーセントの生残率を示した。一方、分割照射を行なった(1—*b*)2回分割照射群では(1—*a*)群とはほぼ同じ曲線を描いているが、最終日の生残率は4パーセントであり、(1—*a*)群に比し幾分生残率は減少している。さらに、(1—*c*)2回分割照射群では(1—*a*)(1—*b*)とは大分異なつた生残曲線が得られた。すなわち、照射終了後10日前後に(1—*a*)(1—*b*)もややならかな下降線を描いて死亡してゆくのに対し、(1—*c*)では、その曲線の下降が急激である。そして、照射後29日で全個体は死亡した。(1—*d*)3回分割照射としては図に示すように、(1—*a*)に近い曲線を示し、最終日の生存率は36パーセントの高率を示している。(1—*e*)3回分割では(1—*c*)に近い曲線をとつた生残曲線が得られたが、(1—*c*)よりも生残曲線の下降は急峻で、照射終了後15日には生存率が0パーセントとなり、他のいずれの群よりも障害は大であつた。

50パーセント死亡時の Median survival time をみると、(1—*a*):21日、(1—*b*):19日、(1—*c*)2.12日、(1—*d*)・24日、(1—*e*):11日であり、明らかに、(1—*a*),(1—*b*),(1—*c*)と(1—*d*),(1—*e*)との

2つの傾向がみられる。このような傾向は同じ種を用いた著者⁹⁾の他の実験でもみられた。

以上の如く、分割、単一照射による生残曲線には差異がみられたが、個々の動物の死の様相は両者共外見的には大差なく、照射後2~3日間は積極的に取餌するが、非照射群では観察期間中取餌するに比し、照射群では照射後の日数の経過と共に減少し、後にはほとんど取餌しなくなった。

考 按

一般に、X線分割照射を行うことにより、単一照射を行つた時よりも放射線障害が軽減されることがわかっている。これは、線量を分割することにより、一回当りの線量が小線量であるがゆえに、次の照射を受けるまでの間に、細胞、組織の回復が行なわれ、あるいは、それらの放射線に対する抵抗性と結びつけて説明されている。これらX線照射による放射線障害の研究については、主として哺乳類で行われ、両性類についての報告は乏しい。

Storerによれば、一定の照射条件の下で分割照射を行うと、マウスでは同一致死効果を得るためには分割の時間の延長とともに第二回目の線量の増加を必要とする、すなわち、その間に生体の障害からの回復があり、その回復のパターンは簡単な指数函数になることをみている、又、Bernard et al('59)⁴⁾はブタを用いた実験で、回復は初期の線量に依存することを示している。しかしながら Mole ('56)⁷⁾はマウスを用いた実験に於いて、この回復率がかならずしも指数函数で示されないと云つているし、それが、連続照射による放射線抵抗性との関係しており、さらに線量の大きさにより修復の率も変化することをみている。阪本('64)⁸⁾もマウスの Friend 病に対する分割照射で一回照射の方が生物学的効果は大である。すなわち、分割照射は放射線障害を軽減すると言つている。さらに、植物に於ける分割照射の効果については Giles et al ('53)⁵⁾の仕事があり、ムラサキツユ草の小胞子での染色体異常を指標とし速中性子照射を行つており、その結果は、照射間時間間隔が12時間以内の分割では誘起された異常からは回復がない事を観察した。

何れにしても、哺乳類においては、一般的に分割照射を行うことにより、放射線障害からの回復現象が認められるが、著者の用いた *Rana nigromaculata* に於る実験では異なつた結果が得られている。

哺乳類を用いた場合の実験結果とこれらの結果との差違は、実験に用いた材料が根本的に異なるとともに、此の実験に用いた材料は発生過程にある個体であるが故と思われる。著者の結果では、(1-a)の単一照射群と分割群に差異が認められ、Median survival timeの比較では(1-c)、(1-e)が10日附近、(1-b)、(1-d)ではむしろ(1-a)に近い20日前後にあり、2つの違つた傾向がみられる。第1の要因と思われる、分割の回数について検討してみると、分割間の時間間隔が同じなれば2回分割と3回分割との比較では(1-b)と(1-d)、(1-c)と(1-e)との間に顕著な差異があるかどうかは疑問である。(1-b)と(1-d)を比する時、(1-a)を中位にしてほぼ同じ日位で50%致死に達している事からむしろ、著者は分割の回数については、すくなくとも本実験の結果からは重要な要因ではないかも知れぬと考へている。第2の要因として照射時間の間隔がある。これは明らかに異なつている。時間間隔を12時間とした場合、それが2回あるいは3回の分割を行なつても、単一照射に近い曲線もしくは50%致死時間を得ているに反し、24時間とするとその障害は大きくなる。これは今迄哺乳類に於て得られていなかった結果で分割する事によつて障害が大きくなつた。これに対する説明は材料の違いによる生態、生理的な異なりによるものを材料にした事によるものと、発生途次のものを材料にした事によるのかも知れぬ。しかし、分割照射の効果に対する種々の解釈のうち、この動物の週期的な、例えば、細胞分裂、分化等々生理、発生的な放射線感受性組織に関係しているのかも知れぬ。

要 約

Rana nigromaculata 幼生を用いて、X線分割照射の効果について研究した。その結果、分割照射を行う事により、一時照射との差異が認められた。使用した *Rana* の幼生では、哺乳類でみられる如き回復は認められず、総線量1200Rを照射するのに、照射時間の間隔と分割回数を夫々12時間、24時間および2回と3回にわけて照射すると、*Rana* 幼生では分割の回数は大きな要因とは思われず、時間要因が大きく関与しているように思われる。これに対する機作は致死を指標とした為に断定し得ないが、この動物の生体の周期性、たとえば、細胞分裂、分化等に関係しているのかも知れぬ。

稿を終えるに際し、本学生物学教室教授小野嘉三郎先生、放射線科教授金田弘先生の御指導を深く感謝します。本論文を多忙の中を校正して頂いた岐阜県立病院放射線科奥孝行博士に深く感謝致します。実験中、種々批判して下さいた本学生物学教室高本薫講師に感謝致します。

文 献

- 1) Storer, J.B.: *Radiat Res.* 14 (2), (1961), 206—212.
- 2) Brown, J.A.H., Corp, M.T. and Mole, R.: *Inter. J. Radiat. Biol.* 5 (4), (1962), 369—377.
- 3) Moos, W.S., Fuller, J.B. and Harvey, R.H.: *Atompraxis.* 7 (5), (1961), 184—186.
- 4) Bernard, F., James, T., Shively, N., Kuhn, U.S.G., and Carll, W.T.: *Radiat Res* 11 (3), (1959), 326—342.
- 5) Normn H. Giles., Frederick, J. De Serres and Alvin Bbeatty, V.: *Genetics.* 38(4), (1953), 416—420.
- 6) 藤原正武: *動物学雑誌.* 59 (10), (1950), 17—20. 藤原正武: *動物学雑誌.* 60 (3), (1951) 16—20.
- 7) Mole, R.H.: *Brit J. Radiol.* 29, (1956), 563—569.
- 8) 坂本澄彦: *Nipp Act Radiol.* 23 (10), (1964), 126—138.
- 9) 田中紀元: 未発表.