

Title	二分割照射法によるセンチクハエ成虫の寿命短縮効果の軽減について
Author(s)	粟冠, 正利
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1965, 24(11), p. 1185-1188
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15765
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

二分割照射法によるセンチクハエ成虫の 寿命短縮効果の軽減について

東北大学医学部 放射線基礎医学教室

栗 冠 正 利

(昭和39年11月6日受付)

Radiation Induced Shortening of Life of *Sarcophaga peregrina* and Its
Modification by Dose Fractionation

by M. Sakka,

Faculty of Medicine, Tohoku University

Life shortening of adult *Sarcophaga* is one of the major late effects of radiation delivered at pupal stage. The effects were proportional to the dose with a threshold of several hundred roentgens. With dose fractionated the effects were reduced suggesting that late effects such as life shortening is associated with acute ones.

放射線は寿命を短縮する。従来研究されてきた実験用哺乳動物¹⁾と昆虫²⁾では放射線による寿命短縮は急性障害に特有な原因を持った場合を除いては全般的老化促進と考えざるを得ない場合が多い。老化を説明しようとする学説は沢山あるが³⁾勿論完全ではないし、現在は老化についての知識は未だ乏しく基本的資料を必要とする時代であると考えるべきである。

昆虫はその生命が短いので寿命研究には便利だがその反面に不利もある。変態のたびに放感性が変動するので結果の分析が困難になるし、又成虫は放感性が低いので実験に多大の線量を要しこれが難点の1つになる。双翅目(ハエ、カ、アブの仲間)の蛹(プーバ)又はプレプーバの体内に成虫の原基(Imaginal Disc)はすでにできており、その原基細胞は数を増し、形が大きくなり、かつ分化を重ねて成虫組織を造ると信ぜられている⁴⁾。この時期に放射線をあてると蛹は羽化し損なう。線量-羽化率曲線は大きな肩を持つシグモイドであつて⁵⁾羽化の障害はさまざまな種類と程度

の損傷が集まつておけると考えることができる。うけた線量が大きい程、即ち羽化率が低い程成虫体内に残存する損傷は大きく、従つて成虫の寿命は短かいと予想することができる。これは第1の假定である。之に対して障害をうけた蛹は『羽化』という関門を通過できずに死亡するので成虫化に成功した蛹は障害から回復したと予想することもできる。これを反假定とする。もし早期障害(羽化抑制)と晩発障害(寿命短縮)との間に比例関係が成たつならば羽化障害を軽減する因子の1つ⁶⁾、線量の分割は寿命短縮効果をも軽減すると予想できる(假定の2)。

照射された成虫では一般的死因の上に放射線誘発性死因が加算されるとすれば、死亡率は羽化直後から高く令別死亡率曲線は対照曲線の高令部と平行すると予想できる。これは第3の假定である。

ここに報告する実験は以上の3假定が正しいかどうかを検査するために行つた。

実験材料および方法

我々のセンチクハエは元は東京医科歯科大学医動物学教室で飼育され1963年5月に仙台に分与

された。寿命観察用成虫は直径3cm、長さ20cmのガラス管に1匹ずつ入れ、一端をガーゼで包み、他端にコルク栓をつめ、栓の中央部に約5パーセント砂糖水を浸した脱脂綿を封じた細ガラス管を通してある。これを約27°C±1°Cの恒温器に入れ昼間は蛍光灯を点じ夜間は消灯しておく。恒温器の容積は充分大きいので昆虫が要求する空気量(成虫1匹1時間100μl)を充して余りある。

照射は放射線医学教室の深部治療用X線装置を用い180kV、HVL=1.5mmCu、TSD=40cmに保った蠟ファントム上で行った。一度に多くの材料を照射する場合は照射野(10cm×10cm)を9等分し、乱数サイを振って照射場所をきめた。照射はすべて室温で行う。線量は上記ファントム上においた東芝製深部線量率計で読み毎分80R。

実験成績

1963年12月から1964年6月までに4969の蛹から得た1961の成虫(雄895、雌1066)を観察した。基本的資料は線量-羽化率関係、および成虫の令別死亡数である。羽化率は雌雄の別なく羽化した蛹の数を全照射蛹数で除したものをいう。何となれば羽化しない蛹の性を判別することは困難であるから。これに反し成虫の令別死亡数は雄雌をわけてある。蛹の第0日(蛹になった日)に1回照

表1 成虫の週令別死亡数。細字は雄、太字は雌。1回照射。

週令	線量 (R)						
	0	420	960	1440	1610	1840	
1	13	8	3	0	2	3	12 699 124 33 38
2	15	6	9	8	11	7	18 22 55 69 7 14
3	24	24	9	6	14	5	13 11 37 26 3 3
4	30	47	12	6	10	11	16 21 24 24 0 4
5	14	48	6	8	5	4	17 7 1 1 3 1
6	16	17	3	1	8	1	9 13 3 5 0 1
7	2	18	1	3	11	3	2 1 0
8	2	12	2		1		0 1
9		6			1		
10		10			0		
11		6			1		
12		7					
13		5					
14		2					

表2 成虫の週令別死亡数。細字は雄、太字は雌。2分割照射

週令	線量 (R) *							
	960	1920	2400	2800				
1	0	3	16	8	32	40	22	41
2	12	16	15	21	20	26	6	4
3	13	28	22	23	10	7		1
4	24	22	32	21	3	1		1
5	16	25	14	7	2	3		
6	23	15	3	13				
7	16	18	3					
8	15	22	1					
9	6	8						
10	1	5						
11		2						
12		0						
13		1						

(*総線量を示す。1回の線量はこの値を半分にして読めばよい)

表3 羽化率と成虫寿命との関係

照射線量式	線量 (R)	羽化率*	成虫寿命(週) ±SD	
			雄	雌
1回	0	0.85-0.90	3.7±1.7	5.8±9.2
	420	0.76-0.88	3.7±1.7	3.6±1.3
	1440	0.50-0.60	3.5±1.7	3.9±1.9
	1610	0.46-0.50	2.0±1.2	1.9±1.2
分割	1840	0.17-0.22	1.7±1.3	1.8±1.4
	2×480	0.73-0.81	5.4±2.0	5.4±2.4
	2×960	0.58-0.63	3.4±1.5	3.4±1.5
	2×1200	0.44-0.53	1.9±1.2	1.7±1.0
	2×1440	0.09-0.12	1.2±0.4	1.2±0.7

*信頼度95パーセント、太字は雌

射をうけて羽化した成虫の週令別死亡資料を表1に、また蛹の第0日と第1日に2分割照射を与えたものから羽化した成虫の資料を表2に示した。

令別死亡率曲線は線量に応じてかわる。例えば線量ゼロの場合は正視分布に近く左右対称だが線量が大きくなると分布は歪む。1回照射1610Rではほとんど指数的な分布を示す。1回線量が420Rでは歪んだ釣鐘型になっている。このように平均、中位数、モードが一致しない分布を含んでいるので生存時間曲線をながめて生存時間中央値を推察しこの値で放射線作用の大きさを比較するのは適当でない。比較の便宜上、各線量階級につ

いて平均生存時間（週単位）およびその標準偏差を求めた。一方これらの線量に対する羽化率の上限および下限（信頼度95%パーセント）を計算し成虫寿命と対応させて表3に示した。羽化率が高い程成虫寿命は長く両者間に正比例関係を近似することができる。従つて假定の1はほぼ満足される。線量ゼロの雌の寿命が長いのは若い成虫の死亡率が低いとと老いた成虫数が多いためである。この点については後に再びふれる。

線量と成虫寿命との関係。線量、羽化率曲線は大きな肩を持つシグモイドである。表3から羽化率と成虫寿命間に直線的関係があることが推定できるので寿命短縮効果もまた羽化率—線量曲線

表4 線量—寿命関係

線量* (R)	平均寿命(週)			
	一回照射		二分割照射	
0	3.7 ± 1.7		5.8 ± 2.9	
420	3.7 ± 1.7	3.6 ± 1.3		
960	3.8 ± 1.7	5.4 ± 2.3	5.4 ± 2.0	5.4 ± 2.4
1440	3.5 ± 1.7	3.9 ± 1.9		
1610	2.0 ± 1.1	1.9 ± 1.2		
1840	1.7 ± 1.3	1.8 ± 1.4		
1920			3.4 ± 1.5	3.4 ± 1.5
2400			1.9 ± 1.2	1.7 ± 1.0
2880			1.2 ± 0.4	1.2 ± 0.7

* 2分割照射は総線量を示す。 **太字は雌を示す。

に似たシグモイドではないかと考えるのは自然である。実験成績を表4に示した。雌は予想通り1回照射ではほぼ1440Rまで、また2分割照射では1920Rまで閾値である。併し雌では閾の存在は証明されずむしろ寿命は線量と共に直線的に短縮すると考えた方がよい。寿命短縮効果は線量に比例するという仮説は我々の雄では妥当せず雌では妥当するという奇妙なことになった。2分割照射では閾値の存在はきわめてはつきりと示すことができ、かつ名目上の大線量（例えば1920R）に対する効果はより少ない1回線量（例えば1440R）に対応する効果とコムパブルである。2分割照射は早期障害を軽くすると同時に寿命短縮のような晩発性障害をも軽くする。ここでは早期障害の

原因は同時に晩発性障害の原因をなしていると考えてよい。これで假定2は正しいとみてよかろう。

令別死亡率。成虫を1週毎に区切り、週のはじめに存在した数でその週の中に死んだ数を除し之を週令別死亡率として週毎に示した。全部を示すのは繁雑だから計算の結果をぬき出して図1に示す。この図には線量ゼロの雌雄も示してある。羽化後第1週は生活力が大きく死亡率は低い。第2週から第4週にかけて死亡率が急上昇する。雄は第9週までは毎週数パーセントづつ死亡率が上昇するゆるい傾きのプラトーをとる。雌は

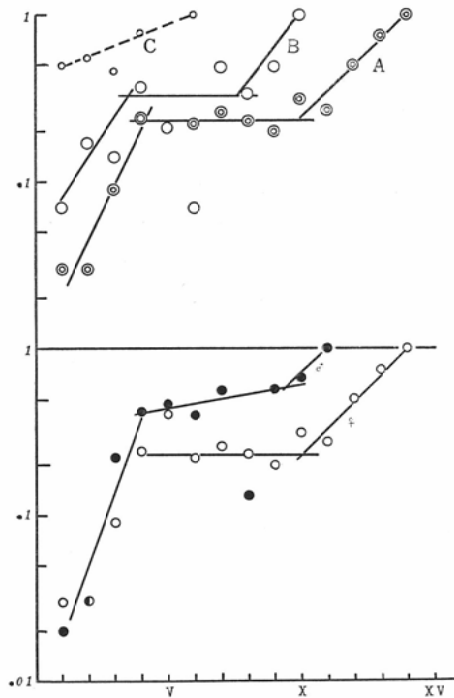


図1の説明 縦軸は死亡率、横軸は成虫の週令
下は無照射対照の雌雄
上Aは無照射雌、Bは960R1回照射雌、Cは1610R1回照射雄

これより低い死亡率のプラトーで第10週まで死亡率はほとんど高くなり第10週以後は指数的に上昇している。雌雄の差は第4週以後にある。雄で令別死亡率が徐々に上昇するのは老化がおきていることを示す。一方雌では第4ないし第10週では死亡率は一定でこの間には老化がおこらず第10週以後に老化がおこる。

照射された雌の令別死亡率曲線を図1上に示した。960R 1回照射をうけた成虫の死亡率は頭初から高い。これは成虫の中に蛹の時にうけた障害が残っているためである。死亡率は対照と平行して上昇し第4から7週に小さなプラトーに達し、第7週以後は指数的に上昇する。上昇部の傾きは線量ゼロの場合と同じであつて老化の開始は早くなつたが老化の速度は変わらない。960Rの効果は(イ)蛹の時代に蓄積した障害によつて成虫の早期死亡率を高くし、(ロ)老化を速くこおしたためにプラトー部分を短くした。線量が大きくなると蛹に残存する障害はより大きく成虫は羽化頭初から死亡率が高く頭初死亡率がプラトーの部分を超えてしまう。そのあとの令別死亡率は対照と同じでなくてもつとゆるやかにみえるが果してこれにどんな意味があるか目下調査中である。

分割照射による令別死亡率の軽減。1例として雌の1回照射1860Rと2分割照射合計総線量1920Rの令別死亡率を表5にかゝげた。1回照射では死亡率は初めから高くプラトーは見られず第

表5 令別死亡率 雌

週 令	1回1860R	2分割1920R
1	0.64	0.14
2	0.50	0.15
3	0.43	0.26
4	0.75	0.51
5	—	0.45
6	—	0.88
7	1.00	0.67
8		1.00

7週で終わる。2分割照射では総線量はより大きいに拘らず初期死亡率は低く小さなプラトーがあり第8週まで生きる。分割照射の令別死亡率はより小さな1回照射をうけた成虫の死亡率曲線を模倣している。このことは成虫の死亡が蛹の時代に生じた障害に依存していることを強く示唆している。

考 察

1. 我々は羽化した成虫にすべて等しい資格を与えてその死亡率と寿命を比較したが成虫に蛹時代の障害が残存しているので蛹を含めた照射直後の寿命を測定する方がよい。蛹の死亡を羽化を待たずに測定する方法は目下研究中である。

2. 成虫の令別死亡率曲線が照射によつて甚だしく変わるので曲線全体を比較することは死因解析上値價があるが平均寿命という概念は生物学的意味はない。

3. 死因解析のためには成虫の照射を行うか、又は羽化率を低下しない程度の小線量を蛹に与えるべきである。この実験成績は次報にのべる。

文 献

- 1) Curtis, H.J.: Science, 141, 686 (1963).
- 2) IAEA Bibliographical Series, No. 9 (1963).
- 3) Strehler, B.L.: Time, Cell and Aging, Academic Press, 1962.
- 4) Demerec, M.: Biology of Drosophila, Wiley, 1950.
- 5) Sakka, M.: Bulletin of Tokyo Med. & Dent. Univ., 3, 109 (1956).
- 6) Sakka, M.: Bulletin of Tokyo Med. & Dent. Univ., 7, 577 (1960).