

Title	二十日鼠脾臓内血液芽細胞の核分裂より観察せる微小線量照射と限界線量の検討
Author(s)	伊藤, 乙正
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1956, 15(10), p. 897-908
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/14722">https://hdl.handle.net/11094/14722</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## 二十日鼠脾臓内血液芽細胞の核分裂より観察せる 微小線量照射と限界線量の検討

東京逓信病院放射線科部長

東京大學醫學部放射線醫學教室(主任 中泉正徳教授)

伊 東 乙 正

(昭和30年8月11日受付)

### 内容梗概

研究目標 50r 以下 2r の微小線量照射及び微弱線照射初期(線量 0.3r 乃至 2.4r) の廿日鼠脾臓内血液芽細胞の核分裂の變化を主として観察し微小線量照射による變化の特徴を考察し核分裂の變化の認められる限界を求めんとする。

研究方法 前報告と同じである。50r 乃至 2r の照射にはエックス線全身照射とし、微弱線照射には0.02r/m の線強度にてラザウムの $\gamma$ 線を用いた。

### 研究結果

1) 2r の微小線量照射にても初期刺戟—分裂抑制—抑制解除—分裂恢復と普通線量照射の場合と同形式の核分裂の變化が認められる。

2) 分裂抑制期間は普通線量では照射開始後30分乃至1時間半と略々一定しているが、50r 以下線量が減少するに従い抑制期間の短縮を認める。従つて分裂の恢復も早くなり 120r 照射では3時間後に始まるが2r では1時間後より始まつている。

3) 50r 以下線量が減少するに従い核分裂の變性度が減少している。

4) 血液芽細胞の種類により核分裂の變化を異にする。

i) 初期刺戟は淋巴細胞の場合最も良く認められ、赤芽細胞これに次ぎ、骨髓細胞にては殆んど認められない。

ii) 分裂抑制期間は赤芽、骨髓細胞は淋巴細胞より稍々短い。

iii) 變性度は淋巴細胞、赤芽細胞、骨髓細胞の

順に變性が軽くなつている。

5) 破壊顆粒は20r 照射迄は6時間後に出現の山を認めるが、その量は普通線量より遙に少なくなつている。5r 照射では3時間後に僅か認められ破壊顆粒を認める限界線量で、2r 照射では出現がはつきりしない。

6) 微弱線照射初期の變化は下記の如くである。

i) 0.02r/m で15分間乃至30分間照射は線量0.3r乃至0.6rの超微小線量に係らず分裂亢進を認めるが、これと同時間或は稍々先行して變性度の増加が認められる。これは初期刺戟と考えられる。

ii) 上記の變化は淋巴細胞、赤芽細胞には認められるが、骨髓細胞では認められない。

iii) 照射1時間乃至2時間には分裂率下降している。

考按 微小線量照射(5r, 2r)にても普通線量照射の場合と同形式の核分裂の變化が認められるが、この場合分裂抑制期間の短縮を認める。5r が破壊顆粒出現の限界線量である。微弱線照射初期15分乃至30分の線量0.3r乃至0.6rの超微量でも初期刺戟を考えさず變化がある。Mutscheller の常數に近い量で核分裂の變化が認められることは血液芽細胞の分裂核は非常に放射線感受性が高いことを示している。又微小線量でも尚血液芽細胞の分裂核間の放射線感受性の差が認められることは興味あることである。

### 研究目標

本研究に於ては微小線量照射(50r, 20r, 5r,

2r) 及び微弱線 (0.02r/m) 照射初期の血液芽細胞の核分裂の變化を主として觀察し、微小線量照射による核分裂の變化の特徴を檢討し、併せて初期刺戟の問題、核分裂の變化の認められる限界線量等を考察する。

研究方法

前報告<sup>1)2)3)4)</sup> 迄と同様である。2r 乃至 50r 照射にはエックス線全身照射を用い、線強度は 23 r/m としたので照射時間はそれぞれ 5.2 秒、13 秒、52秒、2分10秒である。照射條件は表1の如くである。0.02r/m の微弱照射にはラチウムのγ線をを用いた。40mgのラチウム管を點源と見做したので求める線強度では16.7cmとなつた。標本作成は照射終了直後、15分、30分、1時間、2時間、3時間、6時間、12時間、24時間、48時間後に、0.02r/m 照射の方は照射中15分 (0.3r)、30分 (0.6r)、1時間 (1.2r)、2時間 (2.4r)、3時間 (3.6r) でなした。

表1 照射條件  
深部エックス線装置(島津, 新高號)

二次電壓	160KVp
管 流	3mA
濾 過 板	0.3mmCu
體中央部迄の焦點からの距離	30cm
線 強 度	23r/m

研究結果

A) 50r, 20r 照射所見

淋巴細胞の核分裂の變化は圖1, 表2, 3の如く照射終了直後及び15分後50r 照射では軽度の、20r照射では稍々著明の分裂亢進を認め初期刺戟と思われる。照射終了30分乃至1時間後は分裂抑制期で明な分裂抑制を認める。分裂抑制解除期は50r 照射では1時間半乃至2時間後と思われ照射後2時間に強變性核の多發が著明である。20r 照射では分裂抑制解除期は稍々早く1時間半後と思われ、照射後2時間にも強變性核が僅か多發している。照射後6時間には50r, 20r 照射共核分裂の恢復を良く認める。

赤芽細胞の核分裂の變化は圖2, 表4, 5の如く照射終了直後は分裂亢進を尚認めず、15分後には明

に分裂亢進を認め初期刺戟と思われる。分裂抑制期は50r 照射では30分乃至1時間後で、20r 照射では30分後のみである。分裂抑制解除期は50r 照射では1時間半後と思われ、2時間後にも尚強變性核の多發を認める。20r 照射では既に1時間後は分裂抑制解除期中で變性分裂核が多發 (變性度軽いために強變性核の多發はない) している。核分裂の恢復は兩線量共3時間後に良く認められる。骨髓細胞の核分裂の變化は圖3, 表6, 7の如くである。照射終了初期に核分裂の亢進を認めず、初

圖1 淋巴細胞の核分裂率の變化

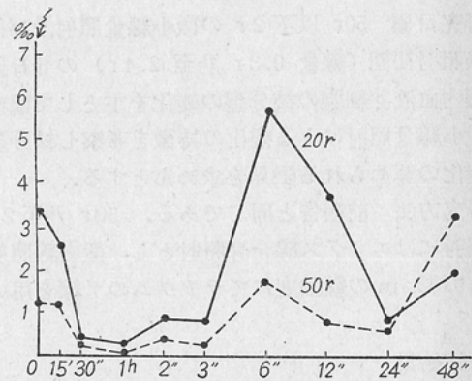


表2 淋巴細胞の分裂前後半期の比率の變化

線量	経過時間	0	15'	30'	1h	2"	3"	6"	12"	24"	48"
50r	分裂前後半期比										
	無弱變性	前半期	6	3	0	0	0	7	4	2	13
	後半期	0	3	1	0	0	0	2	0	1	4
	中變性	前半期	3	7	1	1	2	2	2	0	2
	後半期	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1
	無弱變性	前半期	12	10	2	1	4	23	14	2	2
後半期	5	3	0	0	3	0	6	5	2	1	
中變性	前半期	2	2	4	0	4	2	14	13	0	7
後半期	0	0	1	0	0	0	2	5	1	0	

表3 淋巴細胞の分裂核の變性度の變化

線量	経過時間	0	15'	30'	1h	2"	3"	6"	12"	24"	48"
50r	分裂核變性度										
	(-) 弱	3	2	1	0	0	0	4	2	0	4
	中	3	4	0	0	2	1	5	2	3	13
	強	3	8	1	1	8	2	2	0	4	1
	(-) 弱	0	2	0	2	40	8	7	2	2	2
	中	3	6	0	0	0	0	3	4	1	1
20r	分裂核變性度										
	(-) 弱	14	7	2	1	1	4	26	15	3	10
	中	2	2	5	0	4	2	16	18	1	7
	強	2	0	1	0	8	0	12	6	1	2

分裂抑制解除

(註) 淋巴細胞(無弱變性分裂核を含む)5000=算する間に認められた中、強變性分裂核で5000=中には含まれていない。

圖2 赤芽細胞の核分裂率の變化

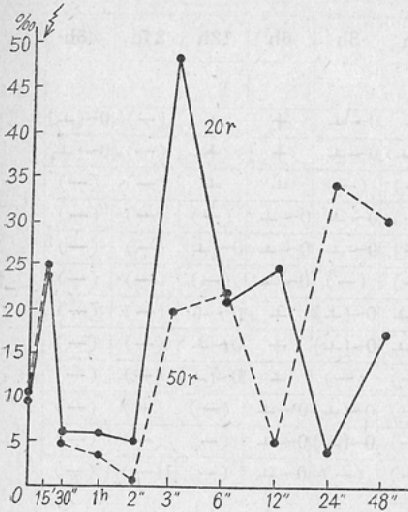


表4 赤芽細胞の分裂前後半期の比率の變化

線量	経過時間	分裂前後半期比率										
		0	15'	30'	1h	2'	3''	6''	12''	24''	48''	
50r	無弱變性	前半期	15	37	3000	2	1	23	21	5	45	37
	後半期	6	73	72	5	0	17	23	5	24	29	
10r	無弱變性	前半期	14	10	8	4	6	8	4	0	5	4
	後半期	1	1	3	4	0	1	7	0	0	0	
50r	無弱變性	前半期	15	31	3	2	4	35	22	35	5	20
	後半期	4	17	9	10	6	82	20	15	3	75	
10r	無弱變性	前半期	2	1	2	14	2	5	2	1	3	1
	後半期	1	0	0	6	1	0	3	0	0	0	

表5 赤芽細胞の分裂核の變性度の變化

線量	経過時間	分裂核變性度										
		0	15'	30'	1h	2'	3''	6''	12''	24''	48''	
50r	(-) 弱	8	21	3000	1	0	20	26	5	33	43	
	中	13	29	5	6	1	20	18	5	26	18	
	強	15	11	11	5	16	9	4	0	5	4	
	強	1	1	1	6	31	2	1	1	0	0	
10r	(-) 弱	14	39	6	3	7	89	21	34	5	28	
	中	5	9	6	9	3	8	21	16	3	7	
	強	3	1	2	20	10	0	8	2	1	4	
	強	0	0	1	16	2	1	0	0	0	0	

↑ 分裂抑制解除

(註) 赤芽細胞(無弱變性分裂核を含む)2000=算する間に認められた中強變性分裂核で2000=中には含まれない。

期刺激がない。分裂抑制期は50r照射では30分乃至1時間後であるが、20r照射では30分後の分裂抑制期にも殆んど分裂抑制を認めない。分裂抑制解除期は50r照射では1時間後と思われるが中強變性分裂核の増加は認められない。20r照射では1時間後が分裂抑制解除期と思われるが分裂核の變性度の増加は全く認められない。分裂の恢復は

圖3 骨髓細胞の核分裂率の變化

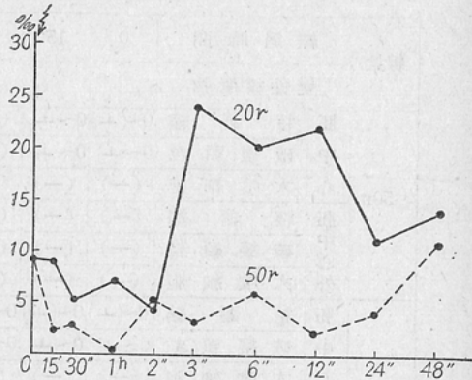


表6 骨髓細胞の分裂前後半期の比率の變化

線量	経過時間	分裂前後半期比率										
		0	15'	30'	1h	2''	3''	6''	12''	24''	48''	
50r	無弱變性	前半期	3	2	1500	3	2	2	5	500	1500	6
	後半期	1	0	3	0	2	1	2	0	1	5	
10r	無弱變性	前半期	2	0	1	0	2	1	0	0	0	0
	後半期	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
50r	無弱變性	前半期	6	8	2	2	3	21	19	15	10	8
	後半期	3	1	3	2	5	7	7	7	1	6	
10r	無弱變性	前半期	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	後半期	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

表7 骨髓細胞の分裂核の變性度の變化

線量	経過時間	分裂核變性度										
		0	15'	30'	1h	2''	3''	6''	12''	24''	48''	
50r	(-) 弱	7	0	1500	0	3	1	4	500	500	7	
	中	2	2	2	0	2	2	3	0	1	4	
	強	2	0	1	0	1	2	2	0	0	0	
	強	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
10r	(-) 弱	7	7	3	7	1	19	13	17	6	11	
	中	2	2	2	0	3	5	7	5	5	3	
	強	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	
	強	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

(註) 骨髓細胞(無弱變性分裂核を含む)1000=算する間に認められた中強變性分裂核で、これは1600=中に入っていない。

分裂抑制解除期に既に認められる。

白脾臓内變性核産物の變化は表8の如く尚軽度胚中心外にも變性核産物を認める。50r, 20r照射共變性核産物出現の山は6時間後に認められ24時間後には消退している。山の位置から強變性核の多發時(即ち抑制解除期)は中等線量の如く1時間半乃至2時間と思われ、抑制解除期は小線量でも餘り短縮されていない。

B) 5r, 2r照射所見

淋巴細胞の核分裂の變化は圖4, 表9, 10の如くである。照射直後は分裂亢進を認めない。15分後の

表8 白脾髓内變性核産物及び大喰細胞

線量	経過時間		0	15'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h	48h
	變性核産物											
50r	胚中	核萎縮	0~(+)	0~±	(-)	0~±	±	0~±	+	±	(-)	0~(+)
		破壊顆粒	0~±	0~±	(-)	0~±	0~±	0~±	+	+	(-)	0~(+)
		大喰細胞	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	±	±	(-)	(-)
	胚中心外	核萎縮	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0~±	0~±	(-)	(-)	(-)
		破壊顆粒	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0~±	0~±	0~±	(-)	(-)
		大喰細胞	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0~±	(-)	(-)	(-)
20r	胚中	核萎縮	0~(+)	0~(+)	0~±	0~±	0~±	0~±	±	0~±	(-)	(-)
		破壊顆粒	0~±	0~±	0~±	0~±	0~±	0~±	+	0~±	(-)	(-)
		大喰細胞	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	±	0~±	(-)	(-)
	胚中心外	核萎縮	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0~±	0~±	(-)	(-)	(-)
		破壊顆粒	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0~±	0~±	(-)	(-)	(-)
		大喰細胞	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0~±	(-)	1(-)	(-)

圖4 淋細胞の核分裂率の變化

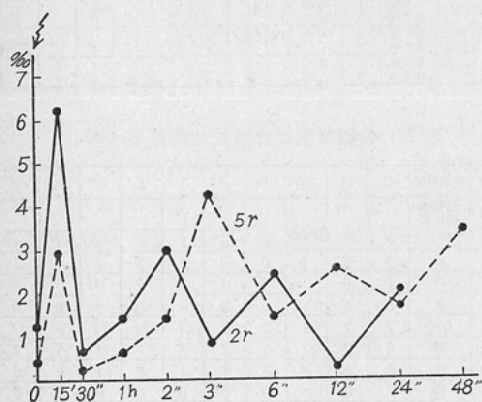


表9 淋細胞の分裂前後半期の比率の變化

線量	経過時間	分裂前後半期比率										
		0	15'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h	48h	
5r	無變性	1	12	0	3	4	19	5	12	6	13	
	後半期	1	3	0	3	3	6	2	2	2	4	
	中變性	1	4	0	9	2	11	2	6	5	7	
2r	無變性	4	26	3	3	7	3	10	1	9		
	後半期	2	6	0	4	8	1	2	0	7		
	中變性	4	18	1	8	6	2	0	0	0		

分裂亢進は5r, 2r照射共著明で、明に初期刺戟と思われる。30分後は分裂抑制期で2r照射でも分裂抑制を認める。1時間後は分裂抑制解除期中變性分裂核増加しているが、強變性核は殆んど増加していない。この時に既に分裂恢復を見る。

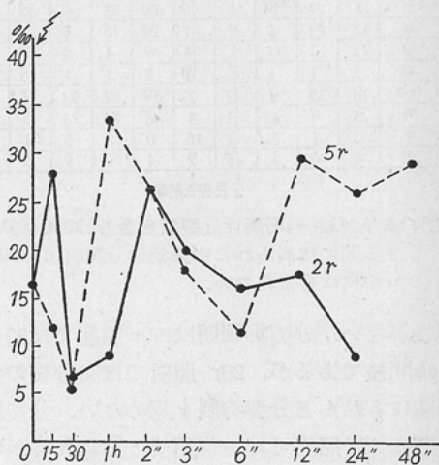
赤芽細胞の核分裂の變化は圖5, 表11, 12の如くである。照射終了直後は分裂亢進を認めない。15

表10 淋細胞の分裂核の變性度の變化

線量	経過時間	分裂核變性度										
		0	15'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h	48h	
5r	(-)	1	4	1	1	3	(6000)	1	(6000)	1	5	
	弱	1	11	0	2	4	13	6	11	7	12	
	中	1	5	0	4	7	11	2	6	5	9	
	強	0	3	3	2	9	13	0	4	4	2	
2r	(-)	1	5	2	3	3	1	3	0	1		
	弱	5	27	1	4	12	3	9	1	9		
	中	4	19	2	8	6	2	0	0	0		
	強	4	8	0	2	0	1	0	0	1		

分裂抑制解除

圖5 赤芽細胞の核分裂率の變化



分後は2r照射に分裂亢進を認め、初期刺戟と思われる。30分後は分裂抑制期で2r, 5r照射共明

表11 赤芽細胞の分裂前後半期の比率の變化

線量	経過時間	分裂前後半期比率										
		0	15'	30'	1h	2"	3"	6"	12"	24"	48"	
5r	無弱變性	25	18	3	52	39	33	14	42	29	41	
	後半期	8	6	8	15	14	3	9	17	23	17	
中變性	前半期	4	9	2	7	17	6	4	4	0	4	
	後半期	0	0	2	1	2	1	0	1	0	0	
2r	無弱變性	21	33	4	4	42	24	19	14	9		
	後半期	12	13	9	9	11	16	13	16	9		
中變性	前半期	9	10	2	14	6	21	6	4	24		
	後半期	0	2	1	0	1	1	0	3	0		

表13 骨髓細胞の分裂前後半期の比率の變化

線量	経過時間	分裂前後半期比率										
		0	15'	30'	1h	2"	3"	6"	12"	24"	48"	
5r	無弱變性	2	3	3	1	3	16	(500)	7	(500)	6	
	後半期	0	2	0	1	2	2	3	2	1	3	
中變性	前半期	0	0	0	0	2	3	0	1	0	0	
	後半期	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2r	無弱變性	(500)	5	5	10	(500)	10	(400)	(500)	(190)		
	後半期	0	2	1	8	3	8	2	2	0		
中變性	前半期	0	3	0	0	0	0	1	2	1		
	後半期	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

表12 赤芽細胞の分裂核の變性度の變化

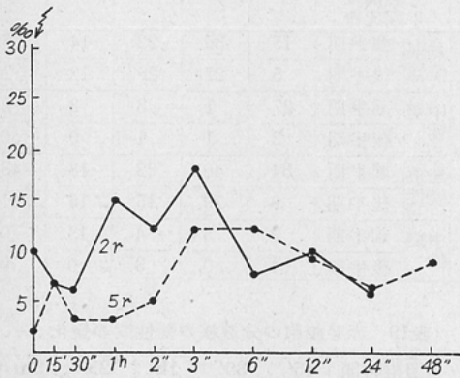
線量	経過時間	分裂核變性度										
		0	15'	30'	1h	2"	3"	6"	12"	24"	48"	
5r	(-) 弱	12	7	8	40	16	21	7	34	41	47	
	中	21	17	3	27	37	15	16	25	11	11	
	強	4	9	4	18	19	7	4	5	0	4	
	強	0	0	3	10	7	0	0	0	1	0	
2r	(-) 弱	19	29	10	16	30	17	17	14	7		
	中	14	27	3	12	23	23	15	21	11		
	強	9	12	3	14	7	22	6	12	24		
	強	1	0	0	1	0	6	2	3	6		

分裂抑制解除

表14 骨髓細胞の分裂核の變性度の變化

線量	経過時間	分裂核變性度										
		0	15'	30'	1h	2"	3"	6"	12"	24"	48"	
5r	(-) 弱	2	3	1	3	3	7	(500)	6	7	(500)	8
	中	0	2	2	0	2	5	0	2	0	1	
	強	0	0	0	0	2	3	0	1	0	0	
	強	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2r	(-) 弱	(500)	4	3	8	(500)	12	(400)	(500)	(190)		
	中	3	3	3	7	1	6	1	3	1		
	強	0	3	0	1	0	0	1	2	1		
	強	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

圖6 骨髓細胞の核分裂率の變化



な分裂抑制を認める。1時間後は分裂抑制解除期であるが、分裂核の變性度の増加は殆んど認められない。この時に核分裂の恢復を認める。

骨髓細胞の核分裂の變化は圖6, 表13, 14の如くである。照射終了直後及び15分後の核分裂の亢進は認められない。30分後の分裂抑制期に5r照射では軽度、2r照射では僅か分裂抑制を認める。分裂抑制解除期は1時間後と思われるがこの際核分裂の變性度の増加が認められない。此時に核分裂の恢復を認める。白脾髓内變性核産物の變化は表15の如くである。胚中心外には殆んど認められないので胚中心のみの所見である。5r照射では3時間後に軽度認められるのみである。2r照射では出現ははつきりしない。

C) 0.02r/m 照射初期所見

リンパ細胞の核分裂の變化は圖7, 表16, 17の如くである。照射15分(線量 0.3r)乃至30分(線量 0.6r)に認められる分裂亢進は初期刺激と解せ

表15 白脾髓内變性核産物及び大喰細胞

線量	経過時間	0	15'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h	48h
5r	變性核産物										
	核萎縮	(-)	(-)	(-)	0~(+)	0~(+)	0~+	0~(+)	0~(+)	0~(+)	0~(+)
	破壊顆粒	(-)	(-)	(-)	(-)	0~(+)	0~+	0~(+)	0~+	0~(+)	0~(+)
2r	大喰細胞	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	核萎縮	0~(+)	0~+	(-)	0~(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
	破壊顆粒	0~(+)	0~+	(-)	0~(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
大喰細胞	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	

圖7 淋巴細胞の核分裂の變化

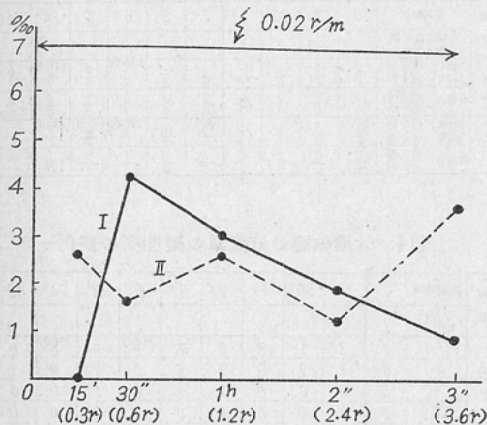


表16 淋巴細胞の分裂前後半期の比率の變化

實驗	照射時間		15'	20'	1h	2h	3h
	線量	分裂前後半期比率	0.2r	0.6r	1.2r	2.4r	3.6r
I	無弱變性	前半期	0	17	10	3	4
		後半期	0	4	5	6	0
	中變性	前半期	2	6	6	1	3
		後半期	0	0	0	0	0
II	無弱變性	前半期	11	5	11	6	14
		後半期	2	3	2	0	4
	中變性	前半期	13	1	2	6	7
		後半期	0	0	1	0	0

表17 淋巴細胞の分裂核の變性度の變化

實驗	照射時間		15'	30'	1h	2h	3h
	線量	分裂核變性度	0.3r	0.6r	1.2r	2.4r	3.6r
I	(一)	弱	0	5	4	6	1
		中	0	16	11	3	3
		強	2	6	6	1	3
		強	2	7	1	1	0
II	(一)	弱	1	3	6	2	6
		中	12	5	7	4	12
		強	13	1	3	6	7
		強	3	1	2	3	4

られる。其後も不規則な分裂促進の傾向を認める。

赤芽細胞の核分裂の變化は圖8, 表18, 19の如くである。照射30分に認められる稍と著明な分裂亢進は初期刺激である。其後照射2時間迄は核分裂

圖8 赤芽細胞の核分裂率の變化

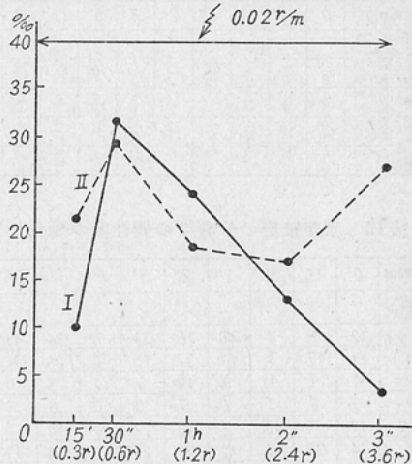


表18 赤芽細胞の分裂前後半期の比率の變化

實驗	照射時間		15'	30'	1h	2h	3h
	線量	分裂前後半期比率	0.4r	0.6r	1.2r	2.4r	3.6r
I	無弱變性	前半期	15	36	22	14	6
		後半期	5	27	26	12	1
	中變性	前半期	27	1	3	2	2
		後半期	2	1	1	0	0
II	無弱變性	前半期	34	40	22	18	43
		後半期	9	19	15	16	11
	中變性	前半期	9	3	4	13	0
		後半期	4	0	3	0	0

表19 赤芽細胞の分裂核の變性度の變化

實驗	照射時間		15'	30'	1h	2h	3h
	線量	分裂核變性度	0.3r	0.6r	1.2r	2.4r	3.6r
I	(一)	弱	8	37	32	11	4
		中	12	26	16	15	3
		強	29	2	4	2	2
		強	1	0	0	0	0
II	(一)	弱	15	37	20	13	36
		中	28	22	17	21	18
		強	13	3	7	13	0
		強	1	1	1	3	2

率は下降して正常値になつている。骨髓細胞の核分裂の變化は圖9, 表20, 21の如くである。この場合初期刺激は認められない。白脾髓内變性核産物の出現は胚中心内に於ても時に僅か認められるの

圖9 骨髓細胞の核分裂率の變化

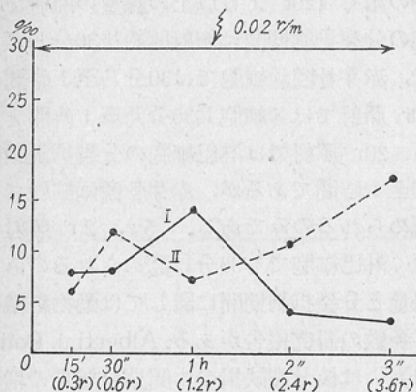


表20 骨髓細胞の分裂前後半期の比率の變化

實驗	照射時間		15'	30'	1h	2h	3h
	線量		0.3r	0.6r	1.2r	2.4r	3.6r
分裂前後半期比率							
I	無弱變性	前半期	(250)2	(500)3	9	(500)1	2
		後半期	0	0	5	1	1
	中變性	前半期	0	1	5	0	0
		後半期	0	0	1	0	0
II	無弱變性	前半期	4	10	5	(750)6	16
		後半期	2	2	2	2	1
	中變性	前半期	2	0	0	1	0
		後半期	0	0	0	0	0

表21 骨髓細胞の分裂核の變性度の變化

實驗	照射時間		15'	30'	1h	2h	3h
	線量		0.3r	0.6r	1.2r	2.4r	3.6r
分裂核變性度							
I	(一)	(250)0	(500)1	5	(500)1	1	
	弱	2	2	9	1	2	
	中	0	1	6	0	0	
	強	0	0	0	0	0	
II	(一)	2	6	3	(750)2	8	
	弱	4	6	4	6	9	
	中	2	0	0	1	0	
	強	0	0	0	0	0	

みである。

總括並に考按

線量が次第に小になり微小線量になるとき核分裂の變化は如何になるかという點を追求する。

(1) 核分裂率の變化

圖10, 11, 12の如く 600r 照射より 2r 照射に

圖10 各線量に於ける核分裂率(淋巴細胞)

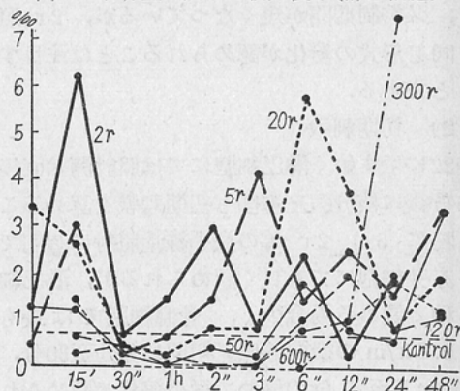


圖11 各線量に於ける核分裂率(赤芽細胞)

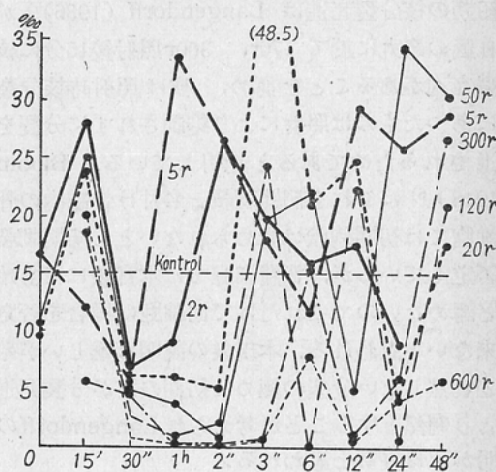
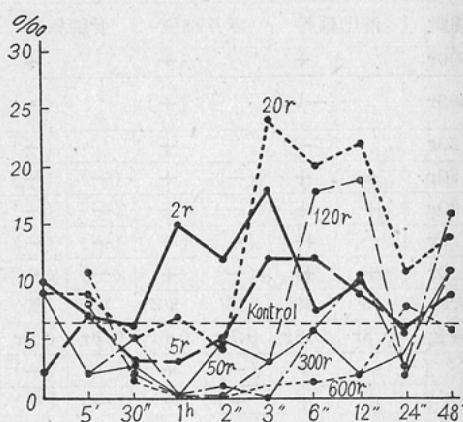


圖12 各線量に於ける核分裂率(骨髓細胞)





至る迄線量が減少するにつれ核分裂の抑制度小となり、又抑制期間が短くなっているが、2r 照射でも同じ形式の變化が認められることは注目すべきことである。

(2) 初期刺戟

表22に示す如く淋巴細胞にては照射開始直後乃至15分後に核分裂亢進即ち初期刺戟を認めること多く特に 5r, 2r 等の微小線量照射に著明である。赤芽細胞にても良く認められるが、淋巴細胞より稍と認める場合少く、骨髓細胞では最も少い。0.02r/mの微弱線照射初期15分乃至30分、線量 0.3r乃至 0.6rの極めて微小線量で認められる初期の核分裂亢進も恐らく初期刺戟と思われるがこの場合も骨髓細胞に核分裂亢進を認めない。この初期の核分裂亢進は Langendorff (1936)<sup>5)</sup> が廿日鼠の辜丸に於て 170r, 300r 照射後15分に核分裂亢進があることを認め、彼は照射時核分裂期にあつたものは照射により抑制されずに分裂を促進されるためであると説明している。Bloom (1948)<sup>6)</sup> はこれを初期刺戟と名付け骨髓内の骨髓細胞では初期刺戟は認められないとし初期刺戟を否定しているが、骨髓細胞では本実験にても殆んど認めないのでこれだけで他細胞の場合を否定出来ないと思われる。本現象の説明は難しいが殆んど判然しない分裂の極めて初期の核が分裂促進により判然とすることが考えられ Langendorff の説明が或は妥當と思われる。

表22 各線量に於ける初期刺戟

経過時間	0		15'		0		15'	
	淋巴細胞		赤芽細胞		骨髓細胞			
線量								
600r		+		+				+
300r		(-)(+)		(-)				(-)
120r		(-)		+				(-)
50r	+	+	(-)	+	(-)			(-)
20r	+	+	(-)	+	(-)			(-)
5r	(-)	++	(-)	(-)	(-)			(-)
2r	+	++	(-)	+	(-)			(-)
照射時間	15'	30'	15'	30'	15'			30'
線量	0.3r	0.6r	0.3r	0.6r	0.3r			0.6r
實驗	I	(-)	+	(-)	+			(-)
	II	+	+	+	+			(-)

(3) 核分裂抑制

表23の如く 120r より以上の線量の照射では淋巴細胞の分裂抑制期間は照射開始後30分乃至1時間半で、赤芽骨髓兩細胞では30分乃至1時間である。50r 照射では各細胞共30分乃至1時間となっている。20r 照射では淋巴細胞の分裂抑制期間は30分乃至1時間であるが、赤芽骨髓兩細胞では30分に認められるのみである。5r, 2r 照射では更に短く淋巴細胞でも30分に認められるのみである。線量と分裂抑制期間に關しては動物組織細胞に於て多數の研究報告がある。Alberti u. Politzer (1924)<sup>7)</sup> は核分裂缺損の中間期は線量の増加と共に延長されると述べている。Canti a. Spear (1929)<sup>8)</sup> の鶏胚組織培養の觀察では 250r 乃至 750r 照射では分裂抑制期間が殆んど延長されず約2時間、50r 照射で約1時間半、20r 照射で約30分で本實驗所見と大體一致している。本實驗にては分裂抑制期間は中強變性分裂核を分裂核に含めてすべての分裂減少の期間のみをとつたから Polizer 等の所見と一致しないので、中強變性分裂核を除けば Polizer 等の所見と略々一致して来る。(分裂の恢復参照)

表23 各線量に於ける分裂抑制

線量	照射(開始)後経過時間		
	淋巴細胞	赤芽細胞	骨髓細胞
600r	30'~1.5h	30'~1h	30'~1h
300r	30'~1.5h	30'~1h	30'~1h
120r	30'~1.5h	30'~1h	30'~1h
50r	30'~1h	30'~1h	30'~1h
20r	30'~1h	30'	30'?
5r	30'	30'	30'
2r	30'	30'	30'?

4) 分裂抑制解除期

表24の如く 120r より以上の線量照射では分裂抑制解除期は淋巴細胞では照射開始後2時間で赤芽、骨髓兩細胞では稍と早く1時間半位になる。50r 照射では淋巴細胞は1時間半位で赤芽、骨髓兩細胞はそれより稍と早いと思われる。20r 照射では淋巴細胞は1時間半位で赤芽、骨髓兩細胞は1時間である。5r, 2r 照射では各細胞共大體

表24 各線量に於ける分裂抑制解除期

線量 r	照射(開始)後経過時間		
	リン巴細胞	赤芽細胞	骨髓細胞
600	2h	1.5h	1.5h
300	2''	1.5''	1.5''
120	2''	1.5''	1.5''
50	~2''	~1.5''	1.5''?
20	~2''	1''	1?''
5	1''	1''	1?''
2	1''	1''	1?''

1時間である。しかし骨髓細胞では中、強變性分裂核の多發なく解除期は判然しない。5r 照射以下では解除期に早くも核分裂の恢復を認め、50r 照射以下では解除後間もなく核分裂の恢復があり600r 照射ではリン巴細胞は12時間後に初めて核分裂の恢復を認めるように無弱變性分裂核のみの核分裂の恢復は大線量では後れる。

(5) 核分裂の恢復

各線量に於ける核分裂の恢復は表25の如く600r, 300r 照射ではリン巴細胞は大體照射開始6時間に、120r 照射では3時間に始まっている。赤芽細胞、骨髓細胞では稍と早い。50r, 20r 照射では分裂恢復は早くリン巴細胞は2時間後より始まり、赤芽、骨髓細胞で略と同様である。5r, 2r 照射では更に早く分裂恢復は1時間後より始まる。以上の如く變性分裂核の出現を考えない無弱變性分裂核の恢復後では Polizer の述べる如く線量に比例して分裂恢復時間が後れる関係が良く認められる。

表25 各線量に於ける分裂恢復

線量 r	照射(開始)後経過時間		
	リン巴細胞	赤芽細胞	骨髓細胞
600	6h~	6h	
300	6''~	(3)h~24h	
120	3h~6h	3''~12''	
50	(2)''~6''	~3''~6''	2h~6h
20	2''~6''	~3''~(6)''	(2)''~3''
5	1''~3''	1h~	(1)''~3''
2	1''~3''	1''~2''	1''~3''

(6) 核分裂の變性度の變化

表26に示す如くリン巴細胞では120r より以上の線量照射では分裂抑制解除期後も引續き強變性核が多發しているが、50r 照射では解除後は2時間後に多發しているのみである。20r, 5r 照射では稍と増加を認めるが、2r 照射では2時間後は中變性分裂核のみの稍と増加である。赤芽細胞は表27に示す如く120r より以上の線量照射では分裂抑制解除後に中變性分裂核の多發が目立つ。骨髓細胞は表28に示す如く120r より以上の線量照射でも之等の變化は少い。小線量になると赤芽細胞では50r 照射には強變性分裂核の軽度多發を認めるが、20r 照射以下では最早認めない。唯1時間乃至2時間後に中變性分裂核の軽度増加を認めるのみである。骨髓細胞では50r 照射以下は最早中強變性分裂核の多發を認めない。以上の如く線量の減少につれて變性分裂核の減少が認められ、且つリン巴細胞、赤芽細胞、骨髓細胞の順に核分裂の變性度が弱くなっていることが示されている。線量と變性細胞及び分裂細胞の關係に就ては Tansley, Spear a. Glückmann (1937)<sup>9)</sup> の大黒鼠の眼の網膜に就ての實驗があり、36r 乃至540r のエックス線照射を實施し線量の増加と共に細胞分裂の減少、變性細胞の増加を認め分裂細胞と變性細胞と密接な關係があると述べている。Lea (1947)<sup>10)</sup> も小線量では核分裂に入る大部分が分裂早期に死を來し變性核として記録されると述べている。本實驗所見は之等の發表と大體一致するものと思われる。

以上核分裂の變化に於て2r の微小線量照射でも初期刺激—分裂抑制—抑制解除—分裂恢復と中等線量照射の場合と同形式の核分裂の變化が認められ、抑制期間の短縮、核分裂の早期の恢復、分裂核の變性減少等の諸點が異なるのみである。

線量と變性核産物の關係は表29の如く大體照射開始後6時間に破壊顆粒出現の山を認めることは50r, 20r 照射でも略と同様であるが量が遙に少くなっている。5r 照射では早く3時間後に僅か認められ、2r 照射では最早出現が判然しない。破壊顆粒の出現を認める最小線量は5r と思われる。

表26 各線量に於ける中、強變性分裂核(淋巴細胞)

線量 r	照 射 (開 始) 後 經 過 時 間															
	15'		30'		1h		1.5h		2h		3h		6h		12h	
	中變性	強變性	中變性	強變性	中變性	強變性	中變性	強變性	中變性	強變性	中變性	強變性	中變性	強變性	中變性	強變性
600	12	12	0	3	0	11	0	1	0	59	1	88	8	170	2	50
300	11	13	0	0	1	5	0	7	0	71	0	36	3	159	5	27
120	0	2	4	23	1	11	2	3	4	132	0	23	24	58	9	5
50	8	2	1	0	1	2			8	40	2	8	2	7	0	2
20	2	0	5	1	0	0			3	7	2	0	16	12	18	6
5	5	3	0	3	9	2			7	9	9	11	2	0	5	3
2	19	8	2	0	8	2			6	0	2	1	0	0	0	0

↑ 枠の部分は分裂抑制解除期

表27 各線量に於ける中、強變性分裂核(赤芽細胞)

線量 r	照 射 (開 始) 後 經 過 時 間															
	15'		30'		1h		1.5h		2h		3h		6h		12h	
	中變性	強變性	中變性	強變性	中變性	強變性	中變性	強變性	中變性	強變性	中變性	強變性	中變性	強變性	中變性	強變性
600	29	3	0	0	0	3	0	26	2	66	2	67	104	22	13	13
300	4	0	4	2	0	6	3	81	3	219	2	33	41	3	7	8
120	5	0	10	0	0	0	2	12	2	195	40	25	0	38	5	27
50	11	1	11	1	5	6			6	31	9	2	4	1	0	1
20	1	0	2	1	20	6			10	2	0	1	8	0	2	0
5	9	0	4	3	8	0			19	7	7	0	4	0	5	0
2	12	0	3	0	14	2			7	0	22	6	6	2	12	3

↑ 枠の部分は分裂抑制解除期

表28 各線量に於ける中、強變性分裂核(骨髓細胞)

線量 r	照 射 (開 始) 後 經 過 時 間															
	15'		30'		1h		1.5h		2h		3h		6h		12h	
	中變性	強變性	中變性	強變性	中變性	強變性	中變性	強變性	中變性	強變性	中變性	強變性	中變性	強變性	中變性	強變性
600	1	0	1	0	0	0	0	4	0	16	1	8	0	9	5	4
300	0	0	2	0	1	0	0	9	0	12	0	7	3	2	11	1
120	1	0	1	0	0	0	3	5	0	11	2	22	7	2	7	0
50	0	0	1	1	0	0			?	1	0	2	0	2	0	0
20	0	0	0	0	0	?	0			1	0	1	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	?	0			2	0	3	0	0	0	1
2	3	0	0	0	1	?	0			0	0	0	0	2	0	4

↑ 枠の部分は分裂抑制解除期

(註) 淋巴細胞は5000コ、赤芽細胞は2000コ、骨髓細胞は1000コ数える間に認められた中、強變性分裂核であるが、變性分裂核は細胞数の中に算入していない。

表29 各線量に於ける白脾臓内破壊顆粒

線量 r	照射 (開始) 後 経過 時間									
	0	15'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h	48h
600		+	(-)	+	++	++	+++	++	+	(-)
300		0~+	(-)	0~+	+	++	+++	++	0~+	(-)
120		(-)	0~+	0~+	+	+	++	+	+	(-)
50	0~+	0~+	(-)	0~+	0~+	0~+	+	+	(-)	(-)
20	0~+	0~+	0~+	0~+	0~+	(-)	+	0~+	(-)	(-)
5	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0~+	(-)	0~+	(-)	(-)
2	(-)	0~+	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

Pohl u. Bunting (1936)<sup>11)</sup>は大黒鼠のエック  
ス線脾臓部局所照射に於て5r 照射6時間後に破  
壊顆粒の出現を明に認めている。足立 (1940)<sup>12)</sup>  
も10r 照射の場合破壊顆粒の出現を廿日鼠脾臓  
に於て認めて居り、これらの所見と一致する。し  
かし Bloom (1948)<sup>13)</sup>は破壊顆粒の確實な出現は  
25r 照射以上であると述べている。

微弱線照射初期の變化として0.02r/m15分間乃  
至30分間照射は線量 0.3r 乃至 0.6r の超微小線  
量に係らず淋巴細胞及び赤芽細胞に分裂の亢進及  
び變性度の軽度増加が認められる。

Mutscheller (1926)<sup>14)</sup>の常数は 0.2r/dayであ  
るが、これに近い線量で尚變化が認められること  
は血液芽細胞の核分裂は非常な微小線量で直ちに  
變化を受けることを示しているといえよう。

(本研究を終るに臨み 恩師中泉教授の終始變らぬ懇切  
なる御指導、御鞭撻及び御校閲に對し衷心より感謝の意  
を表す。尙本研究の一部は日本醫學放射線學會第13回

總會及び關東地方部會に於いて發表した)。

文 獻

1) 伊東: 二十日鼠脾臓に對する放射線の作用(第 I  
報), 日醫放誌, 14:685, 1955. — 2) 伊東: 二十日  
鼠脾臓に對する放射線の作用(第 2 報), 日醫放誌,  
14:755, 1955. — 3) 伊東: 二十日鼠脾臓に對する  
放射線の作用(第 3 報), 日醫放誌, 15: 132, 1955.  
— 4) 伊東: 二十日鼠脾臓内血液芽細胞の核分裂よ  
り觀察せる線強度の検討, 日醫放誌, 15: 879,  
1956. — 5) Langendorff: Strahlen. ther. 55:  
58, 1936. — 6) Bloom: Histopathology of Irra-  
diation from External a. Internal Sources,  
203, 1948. — 7) Alberti. u. Politzer: Arch. mi-  
ka. Anat. u. Entw. Mech 103:1924. — 8) Canti  
a. Spear: Proc. Roy. Soc. B, 102:92, 1929. —  
9) Tansley, Spear a. Glückmann: Brit. J. Op-  
htal., 21:273, 1937. — 10) Lea: Action of Ra-  
diation on Living Cells, 296, 1947. — 11) Pohl  
u. Bunting: Strahlen ther. 57:121, 1936. — 12)  
足立: 日レ學誌, 17:289, 1940. — 13) Bloom: Hi-  
stopathology of Irradiation, 248, 1948. — 14)  
Mutscheller: Am. J. Roentgenol. Radium Ther-  
apy, 13:65, 1926.

Studies on Slight Dose Irradiation and Limit Dose, Judging  
From Mitoses Changes by the Effects of Irradiation on the Mitoses  
of the Hematopoietic Cells in Mouse Spleen.

By

O. Ito,

Chief, the Department of Radiology, Tokyo Communications Hospital, the  
Department of Radiology, Faculty of Medicine, Tokyo Univ.

(Director: Prof. M. Nakaidzumi)

Summary

By the slight dose irradiation, such as 2r, similar style of mitoses changes is observed

like the middle dose irradiation,—initial stimulation, inhibition of mitoses, release of inhibition and recovery.

In lymphoblasts the duration of inhibition of mitoses is about one and a half hour in the middle dose irradiation (from 120r to 600r), but in the irradiation under 50r dose, inhibition duration decreases proportionally to dose. In the 2r dose irradiation, inhibition of mitoses appears 30 minutes after the irradiation, and release of inhibition appears already 1 hour after irradiation, and recovery of mitoses begins at this time.

The grade of nuclear degeneration is slight in this irradiation.

Initial stimulation is observed most frequently in lymphoblasts, erythroblasts comes next, and in myeloblasts, initial stimulation is seen rare. The duration of inhibition in erythroblasts and myeloblasts is a little shorter than in lymphoblasts.

Until the dose 20r of irradiation, peak of the amount of debris is observed at about 6 hours after the start of irradiation, like middle dose irradiation, but in 5r dose irradiation, debris is hardly observed only 3 hours after the start of irradiation. This is the limit dose, in which debris can be observed.

Even by irradiation from 15 to 30 minutes with the 0.02r/min intensity,—the total dose comes to between only 0.3r and 0.6r—initial stimulation can be recognized. This fact indicates that mitoses takes place in hematopoietic cells by very slight dose (near Mutscheller's constant) irradiation.