



Title	篩照射に關する基礎的研究 第1報 脱毛に就いて
Author(s)	近藤, 廉治
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1956, 16(9), p. 955-962
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17607
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

篩照射に関する基礎的研究

第1報 脱毛に就いて

信州大學醫學部放射線醫學教室(主任 金田弘教授)

近藤廉治

(昭和31年8月8日受付)

1 緒言

1909 Köhler¹⁾²⁾により試みられた篩照射法は、これにつづく Abeles³⁾ (1925), Liberson⁴⁾ (1933), Haring⁵⁾ (1934), Grynkraut and Sitokowski⁶⁾. (1935) の報告があつたが、特に注目されることはなかつた。

Marks⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾ (1950) が鉛ゴム板に正方形の多數の孔を穿ち、開放部の被覆部に對する面積比が、40:60になる如く作製した篩板を用いて、常に開放部を一致せしめて照射し、最高24,000r (24日間、18回) を照射してより、篩照射法なるものが、再び注目の脚光を浴びるに至つた。他方 Jolles¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾ (1949) は、惡性腫瘍の放射線療法の効果は、腫瘍母地の結合組織の温存の如何に左右されるところ渺なからざるを主張し、癌の治療には、篩照射法の如き空間的分割照射の妥當性を主張している。

Jacobson and Lipman¹⁷⁾ は線量分布の測定を行い、篩照射法にては、皮膚の耐線量が5倍に上昇し、従つて10cm深部の病巣線量を、普通の照射法に較べて、約3倍近くにまで増加せしめ得ることが可能であると述べている。

當教室の250例に及ぶ経験にても、篩照射法によれば確かに皮膚は大線量に耐え得る。然し、何故に皮膚が、かくの如き大線量に耐え得るかに關しては未だ充分なる説明がない。その説明の最も困難なる點は、Freid, Lipman and Jacobson¹⁸⁾ の指摘する如く、最大限24,000r (空氣中) の照射を行つた場合に、被覆部の下の皮膚は、普通の照射法による最大限と略々同じ線量6,000r (表面

線量) を受けていることにある。

思うに、これらの問題は、單に線量分布の物理的な面のみより考察すべきものではなく、又同時に生物學的な方面よりの考察を缺く可きではない。篩板にしても、如何なる形、配列、大きさ、或は面積比のものが、皮膚耐線量を増大せしめるに適當であるかは、この物理的並びに生物學的研究の結果に待たなければならない。

著者は篩照射法による皮膚の變化について、2, 3の基礎的研究を行つたので、茲に3篇に分けて報告することとする。

2 實驗方法

試験は白色家兎で、生後5カ月以上の成熟せる3kg前後のものを使用した。照射部位は腹部を使用したものもあるが、大量照射の場合には、家兎の全身状態に影響を及ぼし、長期にわたる観察には適當でないので、大腿部を主として用いた。先ず豫備實驗にて、腹部と大腿部は、脱毛に關する限り、特に差がないことを確めた。

云う迄もなく、脱毛量は身體部位によつて異り、人體頭部毛髪にては360rと考えられているが、他の部位では更に多量を要する。

脱毛に至る潜伏期は、此の量では約2週間であつて、6~8週の後には再生する。然しそれ線量も研究者によつて異り、最大6,200rと云う報告もある。3,000r以上の大線量ともなれば永久脱毛となる。足立¹⁹⁾によれば、決定的な脱毛線量は1,200rであると云う。この様な脱毛線量の差は、照射時に毛包が静止期にあるか、活動期にあるかによつても差を生ずる。毛周期が長く、常に活

動期にある毛包と、周期が短かく静止期に遭遇する機會の多い場合とでは、脱毛に難易を生ずる。従つて、家兎では、毛の生え變りがある春と夏は避けなければならない。故にこの實驗は冬期を選んで行つた。又冬期でも、10~12月と、當地の嚴寒期にあたる1~3月の間では脱毛にも若干の差があるので、この2つの期間に分けて観察した。

照射に先立ち、照射野の周邊は適當な廣さに、皮膚を創つけない程度に、出来るだけ短く、長さ5mm位に迄剪毛し、フクシンにて染色することによつて照射野を明確にし、観察に便ならしめた。レ線を照射するに際しては、家兎の動搖その他によつて、照射野の位置の移動を避ける爲に、10%のUrethan溶液をkg當り10cc皮下注射し、麻酔完成後照射を行つた。

脱毛に至る期間は、大量を照射しても10日より短くはならない。然し照射野が極めて小さくなると、照射野因子が働いて、脱毛に至る潜伏期は延長する。著者はこの潜伏期と照射野との關係を比較観察した。

3 實驗結果

A 單一照射野の大きさと脱毛との關係

照射野は、厚さ1.5mmの鉛板(12×12cm)の中央に、圓型の孔を穿ちたるものを使用した。孔即ち開放部の直徑は3cm, 2.5cm, 2cm, 1.5cm, 1cm及び0.5cmの各種であつて、別に對照として9×9cmの照射野を使用した。

1) 一時照射の影響

a. 3,500r 一時照射(照射期間1~3月)

第1表にみる様に、9×9cmの廣照射野と、直徑2~3cmに至る照射野では、脱毛に至る潜伏期に大差がみられない。然し直徑1.5cm以下になると脱毛は起つてこない。

b. 5,000r 一時照射

5,000r照射にても、單一照射野の大きさと脱毛の關係は、大きなものより直徑2cm迄は脱毛に至る潜伏期に差がないが、1.5cmになると約2倍に延長する(第1表)。

これは實驗期間が10~12月のものであるが、1~3月に實驗を行つたものにありても、直徑2

第1表 一時照射と脱毛潜伏期との關係

照射線量	照射野 (cm)	脱毛潜 伏期間	照射線量	照射野 (cm)	脱毛潜 伏期間
3,500r (1~3月)			3,500r (1~3月)	9×9	34
				3	28
				2.5	34
				2	33
				1.5	(—)
				1	(—)
				0.5	(—)
	9×9	26		9×9	27
5,000r (10~12月)	3	23	5,000r (1~3月)	3	23
	2.5	23		2.5	30
	2	25		2	27
	1.5	43		1.5	46
	1	(—)		1	(—)
	0.5	(—)		0.5	(—)
	9×9	17		9×9	23
	3	15		3	25
7,500r (10~12月)	2.5	15	7,500r (1~3月)	2.5	25
	2	14		2	31
	1.5	28		1.5	36
	1	47		1	49
	0.5	(—)		0.5	(—)
	9×9	10		9×9	17
	3	10		3	15
	2.5	11		2.5	17
10,000r (10~12月)	2	11	10,000r (1~3月)	2	15
	1.5	25		1.5	27
	1	42		1	50
	0.5	(—)		0.5	(—)

何れも6例の平均値を示す

cm迄は潜伏期に差がないが、1.5cmになると潜伏期は延長し、直徑1cm以下では脱毛が現われない。10~12月の實驗と、1~3月の實驗を比較すると、嚴寒期の方が、初冬期より脱毛に至る期間が少し延長する傾向がみられる。

c. 7,500r 一時照射

初冬期並びに嚴寒期の何れに於ても同様の關係が認められ、開放部の大きさと脱毛との關係は、直徑2cm迄は廣照射野と同様である。

然し1.5cm以下になると漸次、脱毛に至る潜伏期は延長し、直徑0.5cmでは、7500rの一時照射にては脱毛に至らない。表にみられる様に照射線量の増加と共に、脱毛に至る期間は、短縮する傾

向にあると共に、小照射野にても脱毛が認められる傾向にある。この場合にも10~12月の実験よりも、1~3月の実験の方が、脱毛に至る潜伏期は僅かに長くなっている。

d. 10,000r 一時照射

同様の結果が認められ、何れに於ても、直徑2cm以下の開放部には脱毛が遅延して発現する。直徑1.5cmよりも直徑1cmの場合には、潜伏期が長く、直徑0.5cmにては10,000rの大量を照射しても脱毛が現れない。

以上を小括すれば次の如くになる。

① 家兎大腿部にレ線を照射することによつて、脱毛を起させるには、冬期であつても、10~12月の初冬期は、1~3月の嚴寒期よりも、脱毛に至る潜伏期は僅かに短い。

② 3,500rより10,000rに至る線量を一時照射すると、線量の増加に従つて、脱毛に至る期間は短縮する。

③ 照射野の大きさと脱毛との関係は、9×9cmの廣照射野より直徑2cmに至る迄の照射野の間には、潜伏期に特に差を認めない。然し1.5cm以下になると、照射野の脱毛に及ぼす影響は強くなり、潜伏期の延長が現れてくる。

④ 一時照射線量が増加するに従つて、小照射野にても脱毛が認められる傾向がある。3,500rにては1.5cm直徑以下の照射野では、脱毛を來さぬが、5,000rにては1cm直徑以下、7,500~10,000rの大量にても0.5cm直徑の照射野には脱毛が現われない。

⑤ 以上の結果より、直徑1.5cm以下の單一照射野では、レ線による脱毛に對して、照射野の因子が働いてくることがわかる。

2) 分割照射の影響

次に分割照射の影響を、家兎の腰部に照射して観察した。

第2表に示す如く、10~12月の期間に、1,200rを連日17回照射して、レ線總量20,400rに達したが、照射終了時より脱毛に至る期間は、直徑2cmにて稍々延長し、直徑1.5cm以下になると、更に延長が著しくなつてくる。又1~3月の期間に、同じく1,200rを16回、總量19,200rを照射した

第2表 分割照射と脱毛潜伏期との關係

總線量	照射野	脱毛潜伏期間	總線量	照射野	脱毛潜伏期間
20,400r (10~12月)	9 × 9	10	19,200r (1~3月)	9 × 9	12
	3	10		3	12
	2.5	11		2.5	12
	2	17		2	12
	1.5	24		1.5	14
	1	30		1	33
	0.5	(—)		0.5	(—)

何れも7例の平均値を示す。

が、同様の關係が認められた。

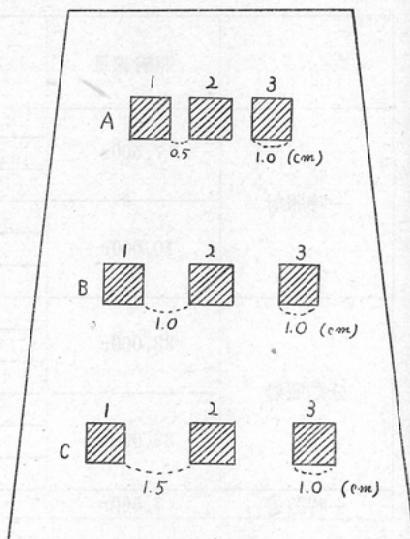
分割照射に於ても、一時照射と同様に1.5cm以下が、照射野因子の限界と考えてよい。

以上の如く一時照射並びに分割照射の結果より、照射野が小さい程、脱毛に至る潜伏期は延長し、照射野因子の影響をうけるが、その照射野の大きさの限界は、直徑1.5cm以下であつて、更に照射野が小さくなるに従つて、潜伏期は延長する。直徑0.5cmになれば、10,000rを一時照射しても、20,000rを3週間に分割照射しても、脱毛は現われない。

B 多孔性照射野と脱毛との關係

篩照射法にては、相隣れる小レ線束の相互の影響を無視することは出来ない。これには組織内に於ける散乱附加と、擴散による影響が考えられる。

第1圖



従つて前記Aの実験結果より、單一照射野の大きさの問題に對しては、一つの指針を得た。然しそれは篩板の個々の開放部の大きさを、如何にするかの解答とはなり得ても、開放部相互の間隔、面積比及び配列を如何にするかの問題の解決とはなり得ない。この問題は線量分布の面よりの、基礎的な考察を必要とすることは云うまでもないが、生物學的な面よりの検討を必要とする。

前項に於て述べた如く、單一照射野に於ける實験にては、直徑 0.5cm では 10,000r を一時に照射しても、脱毛を來さないことが判つた。これは開放部を圍む、直接照射を受けない被覆部よりの影響が考えられ、照射により局部に發生した毒性物質の周邊よりの擴散と、稀釋並びに回復が考えられる。

この實験に使用した篩板は、第1圖に示すごとくであつて、開放部は何れも 1cm 平方であるが、A列は 0.5cm の間隔、B列は 1cm の間隔、C列は 1.5cm の間隔である。又、A,B,C 各列の間隔は 3cm とした。3cm の間隔では、各列相互の影響は、線量分布の上からも殆んど無視してよい。この篩板は相當な面積（長さ 13cm 幅 10cm）があるので、この儘にて照射するには、家兎の腹部を對象としなければならない。然し照射する線量は大線量で

あるので、家兎の全身狀態に及ぼす影響が大きく、殊に下痢症を來して早期に死亡するものがあるので、長期の觀察には適當ではない。故に分割照射の實験には、腹部を對象として行い、多くは A列、B列又は C列を單獨に大腿に照射して觀察した。尙家兎にあつては前述の如く、腹部、大腿部は何れも脱毛に差が認められない。

1) 一時照射の影響

a. 7,500r 一時照射

此の場合、各列の中央にある (2) の開放部は、一定の間隔をもつて、(1) 及び (3) の開放部に接している。従つて (2) の開放部は、(1) と (3) の開放部の影響を受けることが想像される。A 及び B 列の實験結果では、表にみる様に脱毛の潜伏期は單一照射野のそれに較べて稍々短縮している。即ち一列に 1cm 平方の開放部が並んでいる時には、その間隔が 0.5cm、或は 1cm であれば、隣接する開放部の影響を受けるものとみてよい。然し C 列の如く、間隔が 1.5cm になると、全般に脱毛潜伏期の延長が認められる。この潜伏期は直徑 1cm の單一照射野のそれと略々等しい。従つて以上の結果より、1cm 平方の開放部は、その間隔が 1.5cm 以上になれば、隣接する開放部の影響は全くないが、1cm 又は 0.5cm の間隔では、相互に若

第 3 表

	照射線量	列	脱毛潜伏期間			備考
			(1)	(2)	(3)	
一時照射	7,500r	A	43	40	41	間隔 0.5cm
		B	44	43	44	〃 1cm
		C	48	48	49	〃 1.5cm
	10,000r	A	40	37	38	〃 0.5cm
		B	38	37	41	〃 1cm
		C	41	46	46	〃 1.5cm
分割照射	33,000r	A	13	11	12	各列毎に大腿に照射する
		B	14	13	13	
		C	20	18	21	
	33,000r	A	13	12	16	全照射野を腹部に照射する
		B	16	13	14	
		C	20	18	18	
一時照射	7,500r	D	37	37	37	間隔 0.25cm

何れも 7 例の平均値を示す。

干の影響を受けるものと考えられる。並列する3箇の開放部を比較すると、兩側の開放部の間にあら中央の開放部(2)は、0.5cm並びに1cmの間隔では、僅かに短縮する傾向がみられる。

b. 10,000r一時照射

全般に脱毛時期が、7500r照射の場合より僅に早い。然し、開放部の相互間隔の相異による影響は殆んど7,500r照射の場合に等しい結果が認められた。

2) 分割照射の影響

1回3000rを連日11回、總量33,000rを照射した。大腿部にA、B及びC列を單列に照射したものでは、一時照射と同様の關係が認められる。C列の篩では、その間に差がない。又、各列の(2)の開放部と(1)と(3)の開放部の間にも、同様に僅かに差がある。

又、腹部に第1圖の篩板にて全照射を行つた實験にても、同様の關係が認められ、A列、B列には全體として特に差がないが、C列には延長がある。此の場合に於ても、A及びB列では、中間の(2)の開放部の脱毛が、何れも兩翼の開放部より僅かに早期に発現するが、C列にては、その様な關係は特に認められない。

3) 極狭間隔の影響

以上2つの實験結果より篩板の相隣れる開放部相互の影響の有無を論ずるには、尙次の事項を検討する必要がある。

それは、照射野間隔の最小の限界と、隣接照射野よりの影響についてである。前者では、0.25cm間隔の照射野を家兔大腿部に、後者では、第2圖の様な篩板を下腹部に使用し、7500r一時照射を行つた。

a. 0.25cm間隔の影響

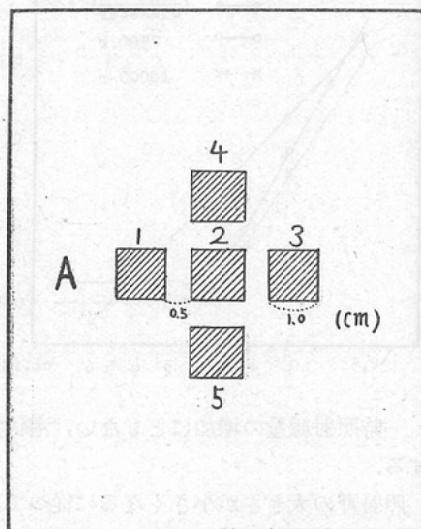
0.5及び1cm間隔に較べて、脱毛潜伏期は短縮する。(第3表I)特に照射野(1)、(2)、(3)の區別なく、同時期に脱毛し、被覆部にも脱毛が認められ、ために相互の境界を認めることが出来ない。即ち間隔0.25cmでは、照射野相互の影響は相當強いものとみてよく、被覆部は近接開放部よりの散亂附加のため、相當量の表面線量を受けて

いるものと考えられる。

b. 隣接照射野よりの影響

第2圖の様な篩板を使用して同様の實験を行つた。5例の實験結果は何れも、中央照射野が早期に脱毛する。並列の場合にも輕度の影響がみられたが、四隣に照射野をもつ場合に於ける中央開放部が、四方の近接した照射野よりの影響を受けることは、充分に推察できる。結果は第4表に示す如くであつて、中央開放部に當る(2)に於ては、潜伏期は僅かに短い。また何れも間隔が0.5cmであるので、前項の0.25cmの間隔の場合の如き著しき影響はない。然し第1圖A列を使用した場合の結果と比較すれば、全體として僅かに潜伏期は短くなつている。

第 2 圖



第 4 表

照射線量	脱毛潜伏期間					備考
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
7,500r 一時照射	40	38	40	40	39	相互の間隔 0.5cm

4 総 括

以上の實験結果を総括すれば次の如し。

- 1) 家兔にありては、冬期と謂えども脱毛に至る潜伏期は、初冬に當る10~12月の間と、松本地

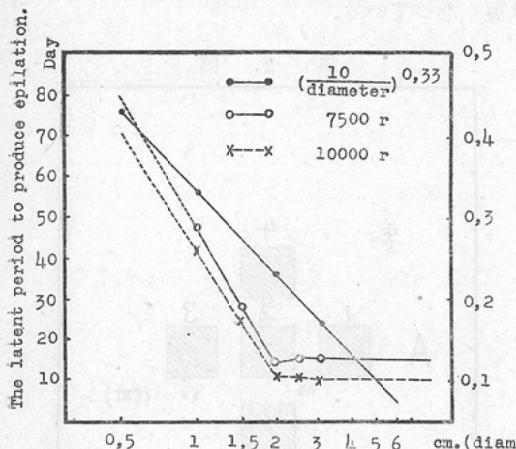
方の嚴寒期に相當する1～3月では若干の差が認められ、嚴冬期にありては、僅かに脱毛潜伏期は延長する傾向にある。

2) 家兔にありては、腹部にありても、大腿部にありても脱毛潜伏期には特に差がみられない。

3) 照射野は、厚さ1.5mmの鉛板に、直徑0.5cm, 1cm, 1.5cm, 2cm, 2.5cm, 及び3cmの圓型の孔を穿ちたるのを使用した。尙、廣照射野との比較のため、9×9cmの照射野を用いた。

4) 一時照射線量として3,500r, 5,000r, 7,500r, 及び10,000rを照射した。この結果、次の事項が考えられる(第3圖参照)。

第3圖 照射野因子と脱毛との關係



① 一時照射線量の増加とともに、潜伏期は短縮する。

② 照射野の大きさが小さくなるに従つて、潜伏期は延長する傾向にあるが、何れの実験にあっても、直徑1.5cmの照射野を境界として、これより小さくなるに従つて、潜伏期の延長が特に著しくなる。又直徑2cm以上になると、潜伏期は9×9cmの廣照射野と變らない。

③ 一時照射3,500rにては、直徑1.5cm以下、5,000rにては、直徑1cm以下、7,500r及び10,000rにては直徑0.5cmの照射野にては脱毛が認められない。

5) 同様の關係は分割照射線量20,000r前後にも認められ、照射野が直徑1.5cmより小さくな

れば、潜伏期は延長し、直徑0.5cmでは脱毛が現われない。

6) 1cm平方の照射野を並列して、照射野と、照射野との間隔の關係をみたところ、一時照射にありても、分割照射にありても、間隔が1.5cmあれば、相隣れる二つの照射野の影響はないが、1cm並びに0.5cm間隔では、相互の影響を無視することが出來ない。

更に間隔を狭くして0.25cmにすると、被覆部の下の皮膚にも脱毛が現われ、全體の潜伏期も同線量照射のものに比し短くなる。

7) 十字型に並べた1cm平方の照射野にては、中央の照射に於いて脱毛が僅かに早く現われる。

5 結 論

大量のレ線を照射しても、脱毛に至る潜伏期には約2週間を要する。従つて照射野が、ある大きさをもつて居り、レ線量が脱毛線量以上であれば、大體同じ潜伏期をもつて脱毛が現われる様である。然し照射野が極めて小さくなると、(著者の實験では直徑0.5cmの照射野)10,000rの如き大量を一時照射しても、脱毛がみられない。又、20,000r前後を分割照射しても、同様に脱毛を來たさない。故に直徑0.5cmより大きな照射では脱毛はくるが、潜伏期の長い場合があることが考えられる。著者は種々の大きさの照射野と脱毛潜伏期の關係を比較觀察して、次の結論を得た。

1 照射野の大きさが、直徑1.5cm以下になると、照射野因子の影響を受ける。この照射野因子の影響は、照射野が更に小さくなるに従つて著しくなる。

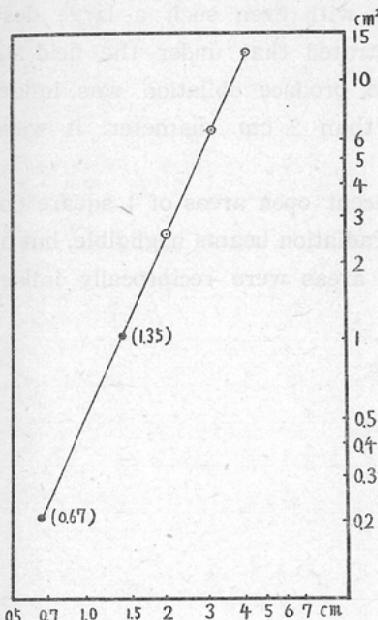
Cohen²⁰⁾は照射野因子として、次の式を示している。

$$\left(\frac{10}{\text{直徑}}\right)^{0.33} \text{ 又は } 2.5 \left(\frac{\text{周邊}}{\text{面積}}\right)^{0.33}$$

Cohenの式では、照射野因子を導入する可き限界が明らかではない。著者の實験では直徑1.5cmより照射野因子の影響を考えなければならぬと云う新知見を得た。この事は第2報の血管に及ぼす影響に於いても認められた。

2 照射野相互の間隔に關しては Jolles²¹⁾の研究がある。彼は人體大腿部に照射を行つた結

第4図 照射野と擴散物質作用範囲との関係



果、照射された部分よりの擴散物質の相互作用範囲は、

$$2.43\text{cm}^2 (1.56 \times 1.56\text{cm}) \cdots 2\text{cm}$$

$$6.25\text{cm}^2 (2.5 \times 2.5\text{cm}) \cdots 3\text{cm}$$

$$12.25\text{cm}^2 (3.5 \times 3.5\text{cm}) \cdots 4\text{cm}$$

と記載している。これを圖示すると第4圖の如くなる。この圖から面積 1cm^2 では、擴散物質の相互作用範囲は 1.35cm であることが推定され

る。著者の實驗では 1cm 以下の間隔では、相互作用を認めたが、間隔 1.5cm では影響がない。更に小面積の照射野の相互作用の範囲は、この圖より求めることが出来る。直徑 1.0cm にては、 1.25cm となり、直徑 0.5cm の照射野にては 0.67cm となる。

(この研究は文部省科學研究費の補助に依つた事を附記し、感謝の意を表す。金田 弘)

考文參獻

- 1) Köhler: M.M.W. 45, 1909:2314~2316. —2)
- Köhler: Fort. Geb. Röntg. 14, 1910:27. —3)
- Abeles: Fort. Geb. Röntg. 33, 1925:763. —4)
- Liberson: Radiology, 20, 1933:186~195. —5)
- Haring: Strahlentherapie, 51, 1934:154~163.
- 7) Grynkraut, Sitokowski: Strahlentherapie, 56, 1936:413. —7) Marks: J. Mt. Sinai Hosp. 17, 1950:46~48. —8) Marks: Radiology 58, 1952:338~341. —9) Marks: Arch. Otol. 59, 1954:340. —10) Marks: Strahlentherapie, 32, 1953:84. —11) Jolles: Lancet, 2, 1949:603~606. —12) Jolles: Lancet, 2, 1949:606. —13) Jolles, Koller: Brit. J. Cancer, 4, 1950:77~89.
- 14) Jolles: Brit. J. Radiol. 25, 1952:395~403. —15) Jolles, Mitchell: Brit. J. Radiol. 27, 1954:407~409. —16) Jolles: X-ray sieve therapy in Cancer. 1953, London, Lewis.
- 17) Jacobson, Lipman: Am. J. Roentg. 67, 1952:458~469. —18) Freid, Lipman, Jacobson: Am. J. Roentg. 70, 1953:460~476. —19) 足立: 日本醫學會誌, 16, 1956:16~36. —20) Cohen: Brit. J. Radiol. 22, 1949:160~163. —21) Jolles: Brit. J. Radiol. 23, 1950:18~24.

Fundamental Studies of X-ray Sieve Therapy

1, Upon field size and the latent period to produce epilation on rabbit skin.

By

Renzi Kondo.

Department of Radiology, Faculty of Medicine, Shinshu University.

(Director; Prof. Dr. Hiromu Kaneda)

In this paper, the studies upon the relationship between the latent period and field size to produce epilation on rabbit skin shall be described. The results were as follows:

- 1) When the dose of 7,500 r was applied at one time on the rabbit skin, the latent period to produce epilation was about 2 weeks under the field size of 2 cm., 2.5 cm., 3 cm. diameter and large field size (81 cm^2). But the smaller the size of field than 1.5

cm. diameter is, the longer latent period is required. And with the hole of 0.5 cm. diameter, epilation could not be noticed by irradiation with even such a large dose as 10,000 r. From these results, it has been demonstrated that under the field size of 1.5 cm. or the smaller diameter, the latent period to produce epilation was influenced by field size factor, but under the larger field size than 2 cm. diameter, it was not recognized.

2) When the width of covered area of two adjacent open areas of 1 square cm. is more than 1.5 cm., the reciprocal effect of adjacent radiation beams negligible, but under the width of less than 1 cm., the adjacent irradiated areas were reciprocally influenced by both scatter and diffusible substance.