

Title	篩照射法に関する基礎的研究(第17報)照射野を一致せしめた場合と移動せしめた場合の皮膚耐量線の比較検討
Author(s)	新田, 輝夫
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1960, 20(7), p. 1537-1542
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20742
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

篩照射法に関する基礎的研究 (第 17 報)

照射野を一致せしめた場合と移動せしめた場合の 皮膚耐量線の比較検討

京都府立医科大学放射線医学教室 (指導 金田弘教授)

新 田 輝 夫

(昭和35年 8 月 4 日 受付)

I.

篩照射法によれば皮膚耐量線はたしかに上昇するが、ある程度の障害は避けられない。わが教室の経験では 10,000 r 以上を照射した場合には、多くの場合に皮膚糜爛を伴う。こゝでしばしば問題となるものに、開放部を分割照射毎に常に一致せしめた場合と、万遍なく移動せしめた場合と、いずれが耐量線が上昇し、より多くの線量の照射が可能であるかの疑問がある。400例に及ぶ臨床経験より金田¹⁾は同じ条件にて分割照射した場合に、開放部を一致せしめないときには、一致せしめた場合の7割程度の照射線量にて皮膚は水泡を形成し、照射の限界に達すると述べている。しかし周知のごとく皮膚耐量線は個人差が極めて大きいため、正確な比較検討は困難である。著者は開放部を分割照射毎に常に一致せしめた場合と、移動せしめて万遍なく照射した場合の耐性量には、たして差があるか、否かを検討すべく次のごとき条件の下に動物により実験した。

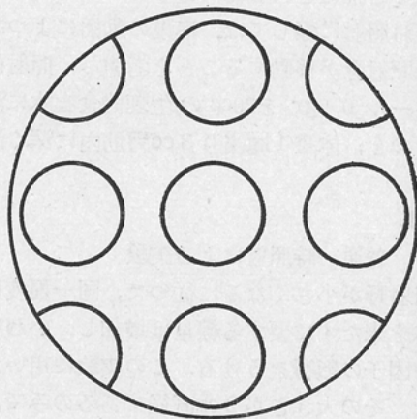
II.

試獣として白色成熟家兎を用い、耳介に照射した。家兎にありても個体差があるため、両側耳介の対称的な同部位に照射することによつて比較した。

照射条件は島津製近接照射装置を用い、45KV, 3mA, 距離3cm, 無濾過にて線強度は毎分7,600 r である。照射野は直径20mmの円である。

篩は厚さ 1.5mmの鉛板に、直径5mmの開放部を

Fig. 1



桁形に配列し、面積比は4:6のものであつて、相隣れる開放部の最短間隔は2mmである。この篩を用いると直径20mmの照射野の中に、第1図のごとく5個の円形開放部と4個の半円が含まれる。

レ線照射による皮膚障害の程度は、表皮、毛包、血管のごとき個々の組織について、その障害の程度を組織学的に比較検討することを止め、照射後一定期間の後に照射部位に穿孔を来すに要する線量をもつて比較することにした。その理由は第1に家兎皮膚のレ線による障害の程度は個体差のほか、時季的な差がきわめて大きく、足立²⁾の言うごとく毛包は静止期にあるか、活動期にあるかによつて感受性に著しき差があり、著者の予備実験では表皮にありても時季的の差異を否定し得なかつた。

第2の理由は耳介血管は時季による感受性の差が比較的すくなく、組織学的に比較検討する対象となり得る。血管では動脈、静脈の間に差があり、動脈は静脈より障害の程度が著明に認められ、また動脈にても太きものと細きものとの間には著しき差がある。著者は照射後6週ないし10週の間には血管に閉塞を来し、耳介照射部位に穿孔を来すに要する線量をもつて穿孔線量とし、これによつて比較することにした。近藤³⁾⁴⁾⁵⁾の実験にても家兎耳介では硬線7,000 r 一時照射にても、14,000 r 分割照射にても30日以内には血管に閉塞を認めて居らず、照射線量にかなりの巾があつても、血管閉塞を伴うには最低5週の潜伏期が要ると推定されるのである。

なお照射に際しては、家兎の動揺によつて微細なる照射野が移動することを考慮し、照射前にラポナール 0.5gr を20cc の生理的食塩水に溶解したものを、体重1 kg 当り3 cc 臀筋内に深く注入した。

III.

1) 普通一時照射による実験

照射野が小さくなるに従つて、同一程度の皮膚反応を来すに要する線量は増加し、いわゆる照射野因子の影響をうける。この実験に用いた照射野は、その大きさが2 cm 直径であるのみで、照射野因子の影響を無視できないのみならず、線質も45KV, 無濾過の軟線であるため、まず一時照射による穿孔を来すに要する線量を検討した。

この結果は第1表に示すごとくであつて、

10,000 r にては6例の全例に穿孔を認めなかつたが、12,000 r 照射では10例の全例に穿孔を来した。その潜伏期間は6週のもの過半数を占め、最も長いものは8週であつた。また16,000 r より28,000 r に至る種々なる線量を照射したが、照射線量が多くなるに従つて、潜伏期間が短縮する傾向は見られず、いずれも照射後6週ないし7週にて穿孔を来している。

このような結果より家兎耳介に、2 cm 直径の照射野にて軟線を一時照射することによつて、血管閉塞を来し、照射局所に穿孔を伴うに要する最

Table 1. Perforation Dose With Conventional Method (Single irradiation)

Irradiation dose	Number of cases	Perforation	Latent period weeks
10,000r	6	—	
12,000r	10	+	6 (6)
			7 (2)
			8 (2)
16,000r	2	+	8 (2)
20,000r	2	+	7 (1)
			8 (1)
24,000r	1	+	6
28,000r	1	+	7

() cases

Table 2. Perforation Dose With Sieve Method (Single irradiation)

Irradiation dose	Number of cases	Perforation	Latent period weeks
28,000r	1	—	
37,000r	2	—	
46,000r	2	—	
55,000r	1	—	
64,000r	1	—	
73,500r	1	—	
80,000r	4	+	8 (1)
			9 (3)
92,000r	1	+	8
110,000r	1	+	6
129,000r	1	+	6
147,000r	1	+	6
165,000r	1	+	6

() cases

Table 3. Perforation Dose With Conventional Method (Fractional irradiation)

Irradiation dose	Number of cases	Perforation	Latent period weeks
15,000r	1	—	
16,000r	2	—	
20,000r	3	+	8 (2)
			10 (1)
25,000r	1	+	10
30,000r	1	+	7
35,000r	1	+	7

() cases

Fig. 2

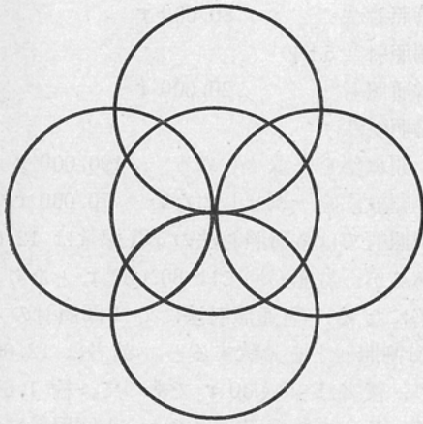


Table 4. Perforation Dose with Sieve Method (Fractional irradiation). Open areas were set exactly on the same position.

Irradiation dose	Number of cases	Perforation	Latent period weeks
90,000r	1	—	
106,000r	1	—	
124,000r	1	—	
138,000r	1	—	
156,000r	1	—	
170,000r	3	—	
174,000r	1	—	
190,000r	2	+	8 (2)
193,000r	1	+	6
212,000r	1	+	6

() cases

Table 5. Perforation Dose With Sieve Method (Fractional irradiation) Open areas were not set on the same position.

Irradiation dose	Number of cases	Perforation	Latent period weeks
46,000r	1	—	
60,000r	4	+	7 (1)
		—	(3)
69,000r	4	+	6 (2)
		—	10 (1)
70,000r	4	+	7
72,000r	1	+	10
115,000r	1	+	6
138,000r	5	+	6

() cases

小線量、著者のいうところの穿孔線量は 12,000 r と推定した。

2) 篩一時照射による実験

当教室の臨床経験によれば、篩を通して人体に硬線を照射した場合の皮膚耐線量の限界は16,000 r であつて、普通照射法の約4倍に相当する。

然しこの倍率は 100cm² の照射野を用いた場合である。この実験に用いたとき2cm直径の小照射野に軟線を照射した場合には、この倍率はさらに大きくなることが推定される。

著者は種々なる線量を篩を通して一時照射し、穿孔を来たすに要する線量を検討し、第2表に示すごとく 80,000r にて穿孔を伴うが、73,500rにては穿孔を来たさないの、80,000 r をもつて穿孔線量と推定した。

3) 普通分割照射による実験

篩照射法にて分割照射毎に開放部を一致せしめた場合と、一致せしめず万遍なく照射した場合の耐線量の比較は、篩照射法の臨床にて行うごとく10回以上の分割が望ましいわけであるが、頻回のラボナル麻酔は家兎の生存を危くするのみならず、この実験にて用いた直径 0.5mm, 面積比 4 : 6 の微細な篩では、開放部を多数回の分割照射毎に、常に一致せしめることは極めてむずかしいので、止むを得ず5回に限定せざるを得なかつた。従つて普通分割照射との比較を必要とするので、この場合もまた5回の分割とし、1回に 3,000 r から7,000 r を照射して検討した。

第3表に示すごとく1回 3,000 r, 照射総線量 15,000 rにては穿孔をきたさず、また1回3,200 r, 総線量 16,000 rにても穿孔を認めないが、1回4,000 r, 総線量 20,000 r以上になると、全例に穿孔を伴うので、この 20,000 r をもつて穿孔線量と推定した。

4) 篩分割照射による実験

篩分割照射による実験は、分割照射毎に篩の開放部を正確に一致せしめた場合と、一致せしめず移動せしめて、万遍なく照射した場合の二つについて行つた。この場合第1回照射の篩の開放部中央に相当する部分には、インクにて印をつけ、開

放部を一致せしめる場合には、言うまでもなく、この印を各開放部の中央に位置せしめたが、移動せしめる場合には、第2図に示すごとく、第1回照射に際してつけた印を開放部の周辺に置き、4枚のグローバ状に、つぎつぎと開放部を重ねて照射した。

a. 開放部を一致せしめた場合

第4表に示すごとく、開放部を分割照射ごとに一致せしめて5回照射し、穿孔をきたすに要する線量を90,000 rより212,000 rにわたり検討したが、174,000 rまでの線量では穿孔を認めず、190,000 r以上になつて穿孔が見られたので、この場合の穿孔線量は190,000 rとした。この線量は過大のようにも考えられるが、個々の開放部の大きさが5 mm直径であるので、照射野因子の効果が大きく作用しているものと推測する。

b. 開放部を一致せしめない場合

開放部を一致せしめず、移動せしめて照射した場合の穿孔線量は、第5表に示すごとく、70,000 rと考えられる。総線量60,000 rでは4例中1例にのみ穿孔をきたし、69,000 rでは4例中3例に穿孔を認めたが、1例には穿孔を見ず、70,000 rに至つて4例の全例に、照射後7週にて穿孔をきたしているので、70,000 rをもつて穿孔をきたしているの、70,000 rをもつて穿孔線量とすべきである。

IV.

以上の実験により得られた、種々なる照射方法による家兎耳介に穿孔をきたすに要する線量は、次のごとくである。

1 回照射

普通照射法	12,000 r
篩照射法	80,000 r
分割照射 (5回)	
普通照射法	20,000 r
篩照射法	
開放部を一致せしめる	190,000 r
開放部を一致せしめない	70,000 r

1回照射では普通照射法の穿孔線量は12,000 rであるが、篩照射法では80,000 rとなり、約6.7倍になる。普通照射法にて1回照射の場合と、分割照射とを比較すると、前者は12,000 rであり、後者は20,000 rであつて、約1.6倍になつている。また篩照射法では、1回照射による穿孔線量は80,000 rであるが、5回分割照射では開放部を正確に一致せしめると、190,000 rときわめて大量となり、一致せしめぬときは7,000 rであつて、1回照射による穿孔線量80,000 rよりもわずかではあるが低下する。このことから篩照射法では、開放部を一致せしめた方が、一致せしめず、移動せしめて照射した場合よりも、大量の照射が可能であることが判るとともに、分割照射しても、開放部を一致せしめぬときは、1回照射線量よりも落ちるという興味ある結果が得られた。

金田は生物学的篩効果比 **Biological Sieve Effect Ratio (B.S.E.R.)** を次の如くにして求めている。即ち、普通照射法にて線量Mを照射した場合と、同一の生物学的効果をあらわすに要する、篩照射法による照射線量をNとすれば、篩照射線量Nは普通照射線量Mと、生物学的に線当量 **Dose equivalent** であるといふことができる。然し一

Table 6. Biological Sieve Effect Ratio

Perforation dose with conventional method	Set on the same position	Dose equivalent with sieve method		Biological sieve effect ratio
		physical	biological	
20,000r	yes	50,000r	190,000r	3.8
	none	50,000r	70,000r	1.4

45KV. no filter

般にNはMに相当する物理的線当量Oよりも大きい。このOは篩の面積比によつて異なるが、面積比40%の篩では $O=M/0.4$ となる。すなわち普通照射法にて400rを照射した場合と、面積比40%の篩を通して1,000rを照射した場合とは、物理的に線当量であると考えるのである。金田は生物学的線当量Nを、物理的線当量Oにて除したものをもつて、生物学的篩効果比(B.S.E.R.)と称し、各種組織についてB.S.E.R.を求めている。人体皮膚について照射により湿性皮膚炎を伴うが、治癒可能であつて、潰瘍を残さない程度の皮膚反応を皮膚耐線量の限界とし、これを基準としてB.S.E.R.を求め、1.6なる値を出している。

同様の考え方にて、この実験結果よりB.S.E.R.を求めると、第6表のごとく開放部を分割照射毎に一致せしめた場合には3.8となるが、一致せしめない場合は1.4となり、その間に大きな開きのあることが判る。

この実験は皮下組織の貧乏な、しかも軟骨をもつ家兎耳介に、軟レ線を用い、直径5mmの篩を通して照射したものである。穿孔を伴うに要する線量もまた大量を要し、人体皮膚における臨床経験とは、かなり異つた条件にはあるが、臨床経験的には明確に求め得なかつた。篩照射法による開放部を一致せしめた場合と、一致せしめない場合の生物学的反応の比較を、かなりの確実さをもつて、把握することができたのではないかと考えている。

また篩照射法にて空間的に分割照射した場合には、普通照射法にて同線量を照射した場合よりも、大量のレ線照射が可能となり、皮膚耐線量が上昇するという興味ある経験的事実は、個々の開放部の大きさが小さいことに依るものであつて、

いわゆる照射野因子の効果によるものであるが、この外に、以上の実験により得られた。篩の開放部を一致せしめた場合の方が、一致せしめない場合よりも、はるかに大量のレ線照射に耐えるという事実は、個々の開放部の周辺、すなわち被覆されている部分が、レ線による直接の影響を受けずに、温存されていることが、耐線量の上昇に著しく影響しているものであることを示すものである。

V.

1. 家兎耳介に45KV, 無濾過の軟レ線を用い、2cm直径の照射野にて、種々なる線量を1回照射、または分割照射にて照射し、耳介に穿孔をきたすに要する線量を求めた。

2. 普通照射法による1回照射の穿孔線量は12,000rであるが、篩照射法では80,000rを要する。

3. 普通照射法による分割5回照射の穿孔線量は20,000rであるが、篩照射法によるものは、開放部を一致せしめた場合には190,000rであり、一致せしめないときには70,000rであつた。

4. 以上の結果より生物学的篩効果比(B.S.E.R.)を求めると、分割5回照射にて、照射ごとに開放部を一致せしめた時は3.8となるが一致せしめない場合には1.4となり、篩照射法では開放部を一致せしめた方が一致せしめない場合よりも、同じ程度の生物学的反応をきたすに要する線量が、大きいことを明らかにし得た。

文 献

- 1) 金田：日本医放会誌18, 1958, 614.—2) 足立 日本医放会誌16, 1956: 220.—3) 近藤：日本医放会誌16, 1956: 955.—4) 近藤：日本医放会誌, 16, 1957: 1069.—5) 近藤：日本医放会誌17, 1957: 21.—6) 金田：最新医学14, 1959: 589

Fundamental Studies of Sieve Therapy (17th Report)

On the problem to set open areas of sieve exactly on the same position,
or to move them from place to place at every fractional irradiation
for the purpose of increasing maximum skin tolerable dose.

Teruo Nitta

Department of Radiology, Kyoto Prefectural Medical University.

(Director: Prof. Dr. H. Kaneda)

From the experiences of sieve therapy in our clinic, it is assumed that the maximum tolerable dose of human skin irradiated through a sieve in the case of setting open areas exactly on the same position with fractional method is greater than in the case of moving a sieve from place to place at every fractional irradiation. The purpose of this paper is to ascertain these relationships on animal experiments. The rabbit's ear was irradiated with the following physical conditions using Philips tube: 45 KVp., 3 MA., distance 3 cm., field size is 20 mm in diam., and dose rate of 7,600 r per minute. Used sieve: thickness in 1.5 mm Pb., perforation 5 mm in diam., arranged in square lattice,

area ratio open:covered=4:6. With this sieve, five open areas and four half areas were included in the field size of 20 mm in diameter as indicated on Fig. 1. At the time of irradiation rabbit was anesthetized with Rabonal to avoid its movement in small irradiation fields. As on 6 or 8 weeks after the irradiation, perforation on the ear was observed, the minimum perforation dose was preferable for the point of observation.

The perforation doses obtained on the rabbit's ear with each irradiation method were as follows:

Single irradiation

Conventional method	12,000 r
Sieve method	80,000 r

Fractional irradiation (5 times)

Conventional method	20,000 r
Sieve method	
open areas exactly set	
on the same position	190,000 r
none	70,000 r

And from these data, biological sieve effect ratios were obtained as indicated on the table 6.