

Title	患者性腺散乱被曝線量の臨床的並びに実験的研究
Author(s)	後藤, 五郎; 横井, 勝朗; 前田, 盛正 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1959, 19(1), p. 7-19
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16961
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

患者性腺散乱被曝線量の臨床的並びに実験的研究

京都府立医科大学放射線医学教室

後藤 五郎, 横井 勝朗, 前田 盛正, 福田 卓爾
山村 和夫, 菱田 豊彦, 西村 信男

(昭和33年12月22日受付)

本論文の要旨は第16回, 第17回日本医学放射線学会総会に於て報告せり。

I 緒 論

1927年 Muller H.J. (1)による *Drosophila* の実験以来電離放射線が遺伝障害をもたらし危険のある事が知られ, 加うるに最近の核実験による集団被曝の結果遺伝障害の問題は益々大きく取り挙げられて来て居る。一方医療用放射線の利用が益々増加すると共に此の方面からも遺伝に対する障害が強くなり論ぜられ, これに関連した性腺被曝量の報告も多数見られて来た。(1~40)。吾々も又此等被曝線量を患者日常の胃腸透視及び深部治療時に於て調査し, 且つ模型実験によつて, これを裏づけ, 最後に深部治療時性腺底護による被曝線量の減少に就いて, いささか研究したので, ここに報告する。

II 胃腸透視時の患者辜丸被曝線量の臨床実験と模型実験

A 臨床実験

此の種の研究には人体模型による場合も多いのであるが実際日常の胃腸検査の際は照射野の面積(絞り)や位置が一定でなく, 透視時間も病状により又医師により不定である所に模型実験とは意義を異にする。

透視時の性腺被曝線量に関する報告は多数にあるも⁴⁾⁸⁾¹¹⁾¹⁸⁾²⁰⁾²⁶⁾²⁸⁾²⁹⁾此等の成績は必ずしも一致を見て居ないのは透視条件の差, 患者大小の差, 線量計, 測定方法等の違いによるものと思う。

i 実験方法

a) 線量計

科研ポケット線量計数本中最も安定せるもの一本と, Philips 製ポケット線量計一本とを併用した。

b) 透視条件

60KVP, 3mA, FHA 45cm, Filter 0.5mm Al.

c) 測定方法

線量計2本を並べて患者の股間にT字帯を以つて体軸に直角の矢状方向に固定する。

医師は線量計にかかわりなく, 日常通り朝は胃十二指腸, 昼は引続き主として小腸, 夕刻は主として大腸の透視を行い, その各々に於て患者一人宛の辜丸部被曝線量を測定した。又別に注腸時の測定をも行つた。

ii 実験成績

患者延人員は経口的胃腸検査に於て 971人, 注

第1表 胃腸検査時患者辜丸被曝線量

検査時期	平均透視時間 (分)	平均被曝線量 (mr)	mr/min.	辜丸/皮膚 %
朝 464人	3.64 (0.8 ~13.1)	8.1 (0 ~ 80)	2.24	0.09
昼 395人	0.76 (0.1 ~4.13)	9.3 (0 ~ 220)	12.2	0.5
夕 112人	0.98 (0.22 ~ 4.1)	12.9 (0 ~ 90)	13.1	0.535
1日 971人	4.52 (1.0 ~17.3)	19.1 (0 ~ 228)	4.23	0.173
注腸 66人	3.54 (0.2 ~11.2)	82.2 (3 ~ 380)	23.1	0.99

第2表 被曝線量と患者数分布

線量mr	0~5	5~10	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~
朝	220人	146	43	32	5	10	3	2	2	0	1
昼	208人	73	37	39	15	4	5	2	2	3	7
夕	42人	26	19	10	2	3	3	2	2	1	2

腸検査に於て66人、その測定結果を第1表に示す。

a) 透視時間と被曝線量

透視時間は朝の胃、十二指腸透視が平均3.64分で最も長く、次いで注腸の3.54分、昼、夕の小、大腸透視では、いずれも平均1分以下である。1日3回の合計は平均4.52分となるもその最短は1分、最長は17.3分と、かなりの差が見られる。然るに被曝線量の最少は朝の平均8.1mr、昼、夕、注腸の順で多くなり、注腸では平均82.2mrと特に多い。更に分間被曝線量と並びに睾丸被曝線量と皮膚表面線量との比も朝、昼、夕、注腸の順で多くなる。以上の事から被曝線量が被曝時間のみに依存しないことも注目すべきである。

i) 被曝線量による患者数分布

被曝線量から見た患者数の分布は第2表の如くで朝、昼は10mr迄の被曝線量で透視を終了する場合が大半であり、夕は20mr迄が大半である。

B 模型実験

此の種の実験に模型を使用する事は不確実であり、出来るだけ多くの患者に就いて測定する事を推奨する人もある²³⁾。然しながら日常の透視では照射野の面積や位置や被検体を同一条件にして被曝線量との関係を知ろうとする事は事実上不可能であつて此の目的のためには模型実験による外はない。

模型として蠟や水を使用して居るが吾々は水槽模型を使用した。因に水のX線吸収率は蠟に比し稍と多いがこれは両者の吸収曲線によつて換算する事は可能であり、蠟使用の場合との比較は容易である⁴⁾。

i 実験方法

a) 模型材料

木製の箱で長さ35cm、幅30cm、深さ20cm大の水

槽を使用した。その大きさは人体成人の腹部大に相等する。

b) 曝射条件

患者の透視条件に同じ、但し曝射時間は2~6分照射筒は水槽に対し垂直とした。

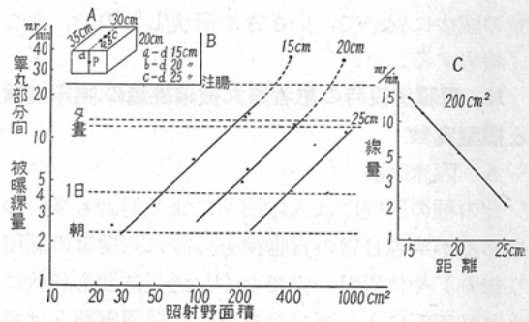
c) 線量計

患者に使用したのと同じ。

d) 測定方法

第1図Aの如く水槽長軸の一辺の中央に線量計2本を電離槽を下向けに垂直に固定する。即ち此の部Pは睾丸部に相等する、照射野の中心は水槽長軸の中央線の水面に線量計より15cm、20cm、25cmの3点とする。その内20cmの点は臍部に相当する。

第1図 A. 水槽模型図, B. 照射野と睾丸部分間被曝量, C. 照射野中心と睾丸部間距離と分間被曝量



照射野面積は胃部、小腸部、大腸部透視の際に使用する面積に倣い15cm中心の場合、5×5、7×7、10×10、14×14、14.4×14.4、20×20cmとし、20cm中心の時は、14×14、14.4×14.4、20×20cmとし、25cm中心では、14.4×14.4、20×20、30×30とする。

ii 実験成績

第1図Bは15cm、20cm、25cmの3点を中心とし

第3表 照射野面積と臍丸部分間線量

照射野面積 距離	5×5cm	7×7	10×10	14×14	14.4×14.4	20×20	30×30
15cm	2.5mr	3.5	7.5	14	15	37	
20cm				5.5	6	37.5	
25cm					0.5	4.5	11

て曝射した場合の照射野面積と分間臍丸部被曝線量との関係を両対数表で現わしたものである。

a) 照射野面積と分間被曝線量との関係

臍丸部分間線量の照射野面積に対する測定値は第3表の如くであつて両者の関係は照射野面積のある範囲内では正比例する事が第1図Bの各実線の直線で現わされて居る。

照射野面積がある範囲内を越して大きくなると直線とならず点線で示す如く(25cmの場合は省略)稍急傾斜の曲線をなすものと予想される此の事は照射野面積がある程度以上大きくなれば照射野中心と臍丸部との距離の他に更に照射野面積の一辺が次第に臍丸部に接近する関係が大きく影響するためであろう。

b) 照射野中心、臍丸部間距離と分間被曝線量との関係

照射野面積を一定にした場合(200cm²)の分間被曝線量は照射野中心と臍丸部との距離の増加と共に指数函数的に減少する。(第1図C)

C 考按

以上の臨床並びに模型実験で明かなる如く胃腸透視時の臍丸被曝線量は照射野面積、位置及び透視時間が重要な因子である。然しながら此の透視時間は胃腸症状判別の程度により、又放射線医の習熟度によって左右される事が多い。殊に無駄な透視時間を省くためには未熟な放射線医の教育監視を厳にすべき事を主張するのは敢えて Seele-ntag W.²³⁾一人だけではない。

胃の透視時間については Hellriegel⁴⁾の9'30''は吾々のものより可なり長く、又 Ardran G.M.⁶⁾は100人宛の患者3回の調査により平均4'54'', 7'0'', 3'48''として居り最終値は吾々の実験値に近い。

尙吾々の実験に於て朝の胃、十二指腸透視時間

が最も長く、昼、夕の小、大腸の時間が遥かに短いのは胃、十二指腸疾患の精査を要するもの最も多く、腸は補助的透視に過ぎないからであり、注腸透視はその手技上長びくものである。

然るに臍丸部被曝線量は分間線量と共に透視時間とは比例的に増減しない。即ち線量は朝、昼、夕、注腸の順に多くなつて居る。これは透視部が臍丸に近づくに従つて多くなつたもので、この際被曝線量は照射野の中心位置ばかりでなく、照射野の一端と臍丸部との距離即ち面積の大小に関係する事は既に述べた所である。Haybittle J.L.³⁰⁾ Stanford W.³¹⁾も此の点を指摘して居る。第1図Bの点線の急傾斜も此の意味を示す事は又前述した所である。

照射野中心点を患者の体表に移せば臍丸より25cmの所は主として朝の胃透視の場合であり、20cm、15cmは主として昼、夕の大、小腸の場合に相当するが此の事から分間線量を2.2mrと一定するならば、朝は200cm²の照射野(絞り)を使用し昼、夕は約30cm²の小面積で透視した事になる。又一日の平均分間線量で見ると15cm中心の時は約49cm²、20cmならば150cm²、25cmならば360cm²の絞りを夫々使用して透視した事になる。(第1図参照)斯の如く臍丸被曝線量は照射野面積(絞り)、透視時間、患者の大小、に関係し更には腸内容(24)にも影響されるという。従つて胃腸透視時の性腺被曝線量に関する各人の報告は此等諸種の条件によつて必ずしも一致するものではないが、性腺被曝線量が遺伝障害に直接関係するものなれば透視時の性腺被曝線量を可及的減少せしめる諸因子を充分検討する事こそ吾々放射線医の課題であろう。此等諸因子の内照射野面積を出来るだけ小とし透視時間を出来る限り短くす

る事は今日では一般常識であり、これに関する報告も多い。4)23)25)26)30)32)更に透視時の Filter や電圧についても一応問題となるが吾々の実験では Filter を 0.5mm Al, 管電圧を 60KV P 一定としたため Filter や管電圧と被曝線量との関係をここに論ずる事は出来ない。然しながら透視時の Filter の問題⁵⁾⁶⁾¹¹⁾²²⁾²⁵⁾²⁹⁾³⁰⁾³¹⁾³³⁾³⁴⁾又特に近時高圧による透視の問題⁵⁾¹⁶⁾¹⁸⁾²⁰⁾²¹⁾²²⁾²⁴⁾²⁵⁾²⁶⁾²⁸⁾²⁹⁾³¹⁾³⁴⁾35) Image Amplifierによる透視⁵⁾²²⁾²⁶⁾²⁸⁾³⁴⁾³⁶⁾等と性腺被曝線量との関係に関する報告は多い。

III X線並びに Co⁶⁰ 深部治療時の 辜丸部散乱被曝線量の臨床及び模型実験と性腺遮蔽実験

X線治療時の性腺被曝線量については近年模型実験の報告以外患者についての報告は比較的少なく⁴⁾¹⁰⁾¹⁷⁾²⁰⁾²²⁾³⁸⁾Co⁶⁰遠隔照射時の性腺被曝線量に関する報告に至っては殆んど見られない。

A 臨床実験

X線及び Co⁶⁰ の深部治療患者合計60人について日常の治療時に辜丸部被曝線量の測定を行った。患者の平均年齢は51.6才、全部悪性腫瘍の患者でX線治療では乳癌17, 甲状腺癌4, 胃癌4, 食道癌1, 上顎癌4, 喉頭癌3, 白血病1, 骨腫瘍3, 頸部腫瘍2, 辜丸腫瘍1, Co⁶⁰ では胃癌

1, 肺癌2, 腎腫瘍1, 直腸癌2, 腹部腫瘍2, 子宮癌2, 頸部腫瘍1, 皮膚癌1, 骨腫瘍2, 膀胱癌1である。従つて照射部位は疾患によつて色々である。

i 実験方法

a) 線量計

透視に使用したと同一の philips の線量計1本のみを使用した。但し此の線量計は Co⁶⁰ の測定に対してはその測定値に±15%の偏差がある。

b) 照射条件

X線: 200KV P, 25mA, FHA 40 cm, Filter 1.0mm Cu+0.5mm Al, HWS 1.6mm Cu, 照射野は5×5, 6×8, 10×10cmの3種を症状に応じて使用, 1回線量(空中線量)は均等照射では250r 篩照射では500r と800r

Co⁶⁰; 線源 100C, FH A30cm Filter フィルム2枚, 分間線量16r, 照射野10×10cm 1回線量(空中線量)300r

c) 測定方法

線量計を男女とも患者の股間に電離槽を中の方にして体軸に直角の矢状方向に固定した。患者の姿勢はその病状に応じて背臥位, 腹臥位, 横臥位とし, 測定のための特定の姿勢はとつて居ない。

第4表 患者辜丸部被曝線量(深部治療)(mr)

	肢関節 V-D	膀胱 V-D	膀胱 D-V	腰椎 D-V	胃 V-D	胃 D-V	中肺野 V-D	上肺野 V-D
X線 均等								
X線篩	1883 2690 (10×10)				106 169 (10×10)	77 146 (10×10)		
Co ⁶⁰	10875	3367	3225	656	461	282	66	56

乳部 切線	腋窩	鎖骨 上窩	頸部 V-D	頰部 V-D	前頭 V-D	肢関節 側面	足関節 側面
168 (10×10)	12 (6×8)	10.8 (6×8)	6.3 (6×8)	7.7 (5×5)	3.5 (5×5)	462 (10×10)	56 (10×10)
	16.4 26.3 (6×8)	7.7 12.3 (6×8)	6.3 10 (6×8)				
		27					

備考 均等照射1回250r 篩照射1回上段500r 下段800r

Co⁶⁰ 1回300r (10×10cm)

() 照射野面積

測定は、同一患者に就いては数回の平均をとり、更に数人の同一疾患患者についてはそれを平均した。

ii 実験成績

測定は日常の治療時を利用したため、X線均等、篩、 Co^{60} の3照射を夫々同一患者の同一部位、同一線量で全部比較する事は出来なかつたがその成績は第4表の如くである。因に此の表に於て乳部切線均等照射は5人で最も多く頸部の均等照射は1人で最も少ない。 Co^{60} では股関節部照射の1人が最も少なく他の部位は2~3人である。然しながら既に述べた如く1例に於ても測定値は数回の平均をとつた。

第4表を見るに照射部位が睾丸部より遠去かるに従い睾丸部被曝線量は減少して行くが乳腺部の切線方向照射と下肢照射の場合とが特に多くなつて居るのは注目すべきである。尙一般に均等照射の250rと篩照射の500rとは睾丸部に対し略と等しい被曝線量を与え、従つて800r篩照射はかなり多くなつて居る。又 Co^{60} 照射の場合はX線に比し全般に多い。

iii 考按

癌のX線照射法の一つとして篩照射法の利点を有する事は認められて居るが、此の照射法では1回500r以上を照射するのが普通となつて居る現在、吾々の成績の如く均等照射250rと篩照射500rとの睾丸部被曝線量の略と等しい時、それ以上の篩照射1回量例えば800rでは当然睾丸部被曝線量も多くなる事は覚悟せねばならない。但しこれは1回線量の場合だけを問題として論じたので1kurの総線量が等しい場合は当然800rの方が照射回数も少なくなり、従つて睾丸部の総被曝線量は500rのそれと略と等しくなる。乳腺部切線方向の照射の際睾丸部被曝線量の多かつたのは主線の1部による周囲物体よりの散乱線の影響が大きかつたためと思われ、又下肢照射の際は患者が横臥位となり、膝を曲げて安定な姿勢をとつていたために照射部位と睾丸部とが接近し睾丸部

被曝線量は多くなつたものと考えられる。従つて照射時患者の姿勢については充分注意すべきであろう。

頭部照射時の睾丸部被曝線量は1回で3.5mrであつた。これを仮りに30回照射したとしても105mrとなり比較的小線量であるが胃部照射では1回で既に睾丸部被曝線量は100mr、30回では3rと言う大量になる。照射部位が更に性腺に近づけばその被曝線量は益々増大し1回量で既に1週間の最大許容量300mrを遥かに越して居る。遺伝障害の点からは性腺に対し小線量と雖も蓄積され、その最低の限界線量の決定していない現在²⁷⁾性腺被曝線量の斯る大量は如何に遺伝に対し悪影響を及ぼすかは推して知るべきである。然しながら吾々の行つた臨床実験の如く患者の平均年齢が概ね生殖年齢を越し又対象が悪性腫瘍の患者であるので遺伝障害を考慮するより、むしろ治療結果に重点を置くべきであらう。只問題は青年期以下、特に小乳児等の良性腫瘍や炎症に対する放射線治療である。斯る場合は悪性腫瘍の如く1回の放射線量は大量ではなくとも、小、乳児は照射部位と性腺との距離も近く、又性腺感受性の点より成人に比し性腺に対する放射線の影響は大となるであらう。従つて小、乳児期の放射線治療の際は遺伝障害の危険を充分考慮すべきである。例えばDornreich M.³⁸⁾は小児肺炎のX線治療の際は必ず両親の許可を得なければならぬと主張し、又Fetzen H.¹⁷⁾も同じく小児肺炎のX線治療時性腺被曝線量の多い事を指摘して居る。尙放射線治療と性腺被曝線量についてはLorenz W²²⁾、Hellriegel W.⁴⁾の報告がある。

B 模型実験

i 実験方法

a) 模型材料

頭部、上、下肢、軀幹の木製8水槽よりなる水槽模型を使用、其の大きさ、線量計の位置は第2図の如くで深さは頭部、軀幹部20cm上、下肢は18cmとす。

b) 照射条件

X線, Co^{60} 共に臨床実験の場合と同様, 但し照射野は 5×5 cm, 10×10 cmのみとす。

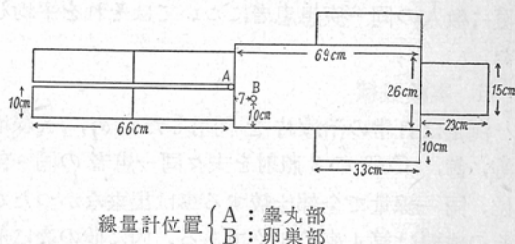
c) 線量計

臨床実験の場合と同一の philips 製 Pocket 線量計を用いた。

d) 測定方法

第2図A点では線量計を電離槽を下向けて垂直にし水槽外壁に固定, 此の部を辜丸部に相当せし

第2図 水槽模型図



第5表 照射野面積と性腺照射野中心間距離

		照射野面積	性腺照射野中心間距離 cm								
X	辜丸	10×10 cm	頭方へ	17	27	37	47	57	67	77	87
			足方へ	21	31	41	51	61			
	5×5 cm	頭方へ	19.5	29.5	39.5	49.5	59.5	69.5	79.5	89.5	
		足方へ	18.5	28.5	38.5	48.5	58.5				
線	卵巣	10×10 cm	頭方へ	22.6	31.8	41.3	51	60.9	70.8	80.7	
			足方へ	20.8	29.9	39.4	49.1	58.9	68.8		
	5×5 cm	頭方へ	16.3	24.8	34.1	43.8	53.5	63.4	73.3	83.2	
		足方へ	18.7	27.6	37.0	46.7	56.4	66.3			
Co^{60}	辜丸	10×10 cm	頭方へ	12	27	42	57	72	87		
			足方へ	13	28	43	58				

める。B点では線量計をビニールの袋で包み水中に垂直に電離槽を水面より10cm深さに固定此の部を卵巢部に相当せしめる。

照射野中心点は頭部, 軀幹部ではいづれも水槽の中央線水面上に, 下肢では両下肢の間とす。其等中心点と辜丸部及び卵巢部との距離は第5表の如くである。

e) 性腺部遮蔽

放射線照射時の性腺部遮蔽に関しては Lorenz W.²²⁾ Ardran G.M.³²⁾ 其他⁵⁾¹³⁾¹⁴⁾²⁰⁾²⁵⁾²⁶⁾³⁷⁾³⁸⁾³⁹⁾の報告があるが吾々も深部治療の水槽実験に於て性腺部を遮蔽し, それによる性腺部被曝線量の減少効果を次の2方法で実験した。

イ) 前方遮蔽

辜丸部 (A点) 又は卵巢部 (B点) に置いた線量計を中心にして横幅30cm縦幅40cm, 厚さ3mmの鉛板を水槽の上に置いた。即ち性腺部を前側からのみ遮蔽しておいて第5表の距離の部を照射野中心とし 10×10 cm及び 5×5 cmの照射野で照射し非

遮蔽と比較してその遮蔽効果を見た。但し実験にはX線均等照射のみ行つた。

ロ) 全面遮蔽

此の方法は遮蔽効果を更に強化する目的で幅40cm, 厚さ3mmの鉛板の帯を以て性腺部を中心に水槽の前後左右を遮蔽せしめた。人体で言えば腰部を鉛板で取巻いたことになる。此の方法と前記の前方遮蔽又は非遮蔽の性腺部被曝線量とを比較検討した。但し此の方法では辜丸部の測定のみとし照射部位も頭方へ27cmの距離より初め下肢実験は省略し又照射野も 10×10 cmのみとした。尙此の実験はX線均等照射及び Co^{60} 照射の両方を行つた。

ii 実験成績

a) X線深部治療照射と性腺被曝線量

患者X線深部治療照射と同一条件で測定した。水槽の辜丸部と卵巢部に於ける被曝線量を均等照射篩照射一括して第6, 7表に列挙す。但し篩照射 800r の値は 500r からの換算による。

更に此等を図示すれば第3, 4, 5, 6図の如

第6表 辜丸部被曝線量と辜丸部照射野中心間距離（水槽実験）

照射野 10×10cm

距離 cm	17	27	37	47	21	67	77	87
均等照射 250r	3465mr	520	126	35	21	13.3	9.1	7.0
篩照射 500r	2570mr	424	140	42	23	16.1	11.2	7.7
篩照射 800r	4112mr	678	224	67	37	25.8	17.9	12.3

距離は辜丸部より頭方への距離

照射野 10×10cm

距離 cm	21	31	41	51	61
均等照射 250r	4233mr	1386	504	283	173
篩照射 500r	3276mr	1008	378	220	122
篩照射 800r	5241mr	1613	605	352	195

距離は辜丸部より足方への距離

照射野 5×5cm

距離 cm	19.5	29.5	39.5	49.5	59.5	69.5	79.5	89.5
均等照射 250r	451mr	81	20	7.0	6.3	5.6	4.2	3.5
篩照射 500r	378mr	67	21	12.6	12.6	9.8	8.4	5.6
篩照射 800r	605mr	107	34	20.2	20.2	15.7	13.4	8.9

距離は辜丸部より頭方への距離

照射野 5×5cm

距離 cm	18.5	28.5	38.5	48.5	58.5
均等照射 250r	1008	378	110	59	35
篩照射 500r	854	283	91	53	42
篩照射 800r	1366	453	145	85	67

距離は辜丸部より足方への距離

第7表 卵巣部被曝線量と卵巣部照射野中心中心間距離（水槽実験）

照射野 10×10cm

距離 cm	22.6	31.8	41.3	51	60.9	70.8	80.7
均等照射 250r	1890mr	396	81	23	12.6	8.4	6.3
篩照射 500r	1512mr	294	81	25	14.0	10.5	7.0
篩照射 800r	2419mr	470	129	40	22.4	16.8	11.2

距離は卵巣部より頭方への距離

照射野 10×10cm

距離 cm	20.8	29.9	39.4	49.1	58.9	68.8
均等照射 250r	2835mr	1197	367	105	71	43
篩照射 500r	2268mr	805	273	72	49	42
篩照射 800r	3629mr	1288	436	115	78	67

距離は卵巣部より足方への距離

照射野 5×5cm

距離 cm	16.3	24.8	34.1	43.8	53.5	63.4	73.3	83.2
均等照射 250r	2520mr	315	57	19.6	7.0	5.6	3.5	3.1
篩照射 500r	1963mr	259	53	21	11.2	7.0	5.6	4.2
篩照射 800r	3141mr	414	93	33.6	17.9	11.2	8.9	6.7

距離は卵巣部より頭方への距離

照射野 5×5cm

距離 cm	18.7	27.6	37.0	46.7	56.4	66.3
均等照射 250r	756	378	147	77	45.5	28
篩照射 500r	630	385	123	67	53.2	25.2
篩照射 800r	1008	616	197	107	85.1	40.3

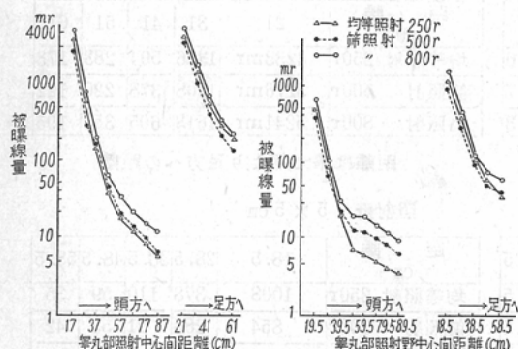
距離は卵巣部より足方への距離

くである。第3図以下はすべて横軸を普通目盛、縦軸を対数目盛とし前者は性腺から照射野中心迄の距離、後者は性腺被曝線量を表わす。

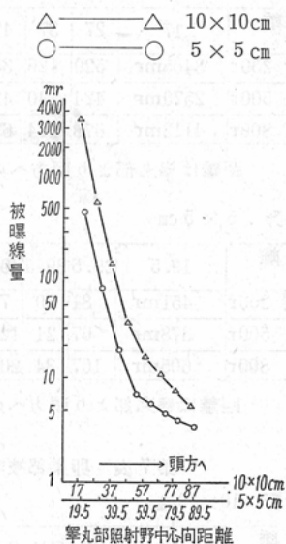
性腺被曝線量と照射野面積（10×10cmと5×5cm）とに於ける関係は第6、7表が示す如く照射野中心と性腺との距離に差があるため直接比較する事は出来ないが照射野が性腺に近づく程10×10cm照射野の性腺被曝線量の増大率は5×5cmのそれよりも大きくなって行く。此の関係は既に述べ

た透視時の絞りの大きさと、辜丸照射野中心間距離との関係と全く同一である。この一例を図示すれば第7図の如くである。又第3図以下の被曝線量曲線を見るに其の傾斜度が性腺より遠距離照射の場合は緩慢であり近距離照射の場合は急峻となる。これは性腺に及ぼす散乱線が近距離照射の場合、距離の二乗に逆比例する関係のみならず体内からの散乱線が強く影響するためと思われる。これが一例を第8表で示す如く照射野中心が10cm近

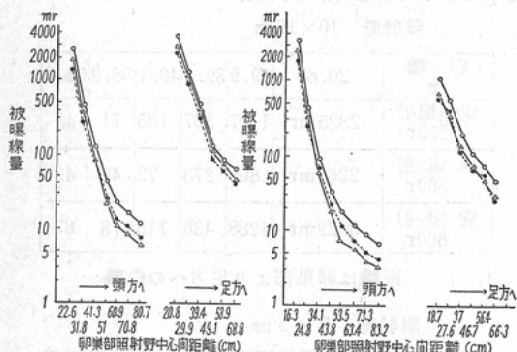
第3図 辜丸部被曝線量 曲線 照射野10×10cm
第4図 辜丸部被曝線量 曲線 照射野5×5cm



第7図 辜丸部被曝線量曲線 照射野10×10cm と5×5cmとの比較



第5図 卵巣部被曝線量 曲線 照射野10×10cm
第6図 卵巣部被曝線量 曲線 照射野5×5cm



づく毎にその前後の辜丸部被曝線量の比は大となる。

又第6, 7表に見る如く均等照射 250r と篩照射 500r との性腺被曝線量には大差ない成績は臨床実験とよく一致し, 又照射野 5×5cm に於て水槽模型で辜丸部より 89.5cm の照射野中心の所は人体では略と頭部に相当する所であるが両者の辜丸

第8表 辜丸部被曝線量の10cm毎の比率

距離 cm	17と27	27と37	37と47	47と57	57と67	67と77	77と87
辜丸部被曝線量 mr	3465 520	520 126	126 35	35 21	21 13.3	13.3 9.1	9.1 7.0
比率	6.66	4.12	3.60	1.66	1.57	1.46	1.30

第9表 前方遮蔽の性腺部被曝線量 (水槽実験)

照射野	距離 cm	17	27	37	47	57	67	77	87	18	28	38	48	58
		線量 mr	3339	546	120	21	8.4	3.8	2.4	1.5	4081	1386	477	294
5×5cm	距離 cm	19.5	29.5	39.5	49.5	59.5	69.5	79.5	89.5	15.5	25.5	35.5	45.5	55.5
	線量 mr	462	70	19	2.8	2.8	2.6	2.1	1.7	1032	360	105	56	29
10×10cm	距離 cm	23	32	42	52	61.8	71.7	81.6		20.8	29.8	39	49	58.9
	線量 mr	2079	378	70	19.6	7.0	3.5	2.8		3024	945	340	98	70
5×5cm	距離 cm	17	25	35	44.8	54.5	64.3	74.2	84	18.6	27.5	37	45	56
	線量 mr	2268	325	52	10.5	5.6	3.5	2.8	1.2	381	148	73	38	28

性腺より頭方への線量

性腺より足方への線量

第10表 全面遮蔽の辜丸部被曝線量 (照射野10×10cm水槽実験)

X線均等照射 250r	距離 cm	27	37	47	57	67	77	87
	線量 mr	321.3	84.7	13.3	5.6	1.75	1.4	1.19

第11表 遮蔽と非遮蔽との辜丸部被曝線量の比較

距離 cm	27	37	47	57	67	77	87
非遮蔽 (250r均等照射)	520mr	126	35	21	13.3	9.1	7.0
前方遮蔽 (250r均等照射)	546mr	120	21	8.4	3.8	2.4	1.5
比率 % (減少率)	-0.04	5	40	60	72	74	79

距離 cm	27	37	47	57	67	77	87
非遮蔽 (250r均等照射)	520mr	126	35	21	13.3	9.1	7.0
全面遮蔽 (250r均等照射)	321.3mr	84.7	13.3	5.6	1.75	1.4	1.19
比率 % (減少率)	38	33	62	73	87	85	83

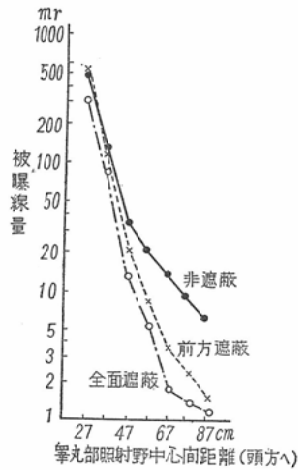
部被曝線量が第4表と比較し偶然に 3.5mr と一致し、更に辜丸部より37cmに照射野中心をおいた10×10cmでは人体では略胃上部に相当する所であるが、その辜丸部被曝線量は篩照射 500r で人体では 106mr 模型では 140mr となり両者は稍と一致して居る。即ち水槽実験による辜丸部被曝線量値は臨床実験値に比較的一致するものと見てよく、従つて水槽実験による卵巣部被曝線量値も人体のそれに近似して居ると見做して大なる誤差はないであろう。

b) 性腺遮蔽と性腺被蔽線量 (X線)

前方遮蔽及び全面遮蔽を行つた場合の成績は第9, 10表の如くである。

此等を第6, 7表と比較するに前方遮蔽の場合照射野中心が37cm以下の近距離照射では辜丸部被曝線量は非遮蔽とに大差なく、47cm以上の遠距離に於て漸次非遮蔽より減少する事は興味ある事実である。然しながら下肢照射の場合は斯る事は余り見られなかつた。又卵巣部の被曝線量に於ても同様の事が言える。然るに全面遮蔽の場合の辜丸部被曝線量の減少は更に著明で、下肢照射の場合に於ても減少し又近距離からの照射でも約30%、遠距離からの照射では80%以上減少する。此等の減少値と減少率とを非遮蔽と比較して示せば第11表の如くであり、これを図示すれば第8図となる。

第8図 遮蔽と非遮蔽との辜丸部被曝線量曲線 (X線) 250均等照射 10×10cm 照射野



第11表によれば全面遮蔽による辜丸部被曝線量の減少率は前方遮蔽のそれに比し、どの部分を照射しても、かなり高い事が明である。換言すれば辜丸部被曝線量を減少せしめるには全面遮蔽の方が遥かに有効である事を知る。

c) Co⁶⁰ 深部治療照射と性腺被蔽線量及び性腺遮蔽

此の水槽実験では辜丸部被曝線量の測定のみとし非遮蔽と全面遮蔽による減少とを測定した。その測定値を各第12表で示し、其内頭方への測定値を第9図で図示する。

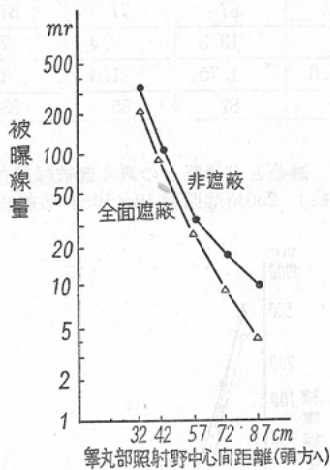
第12表 Co^{60} 辜丸部被曝線量，全面遮蔽と非遮蔽と比較（水槽実験）
300r 照射，照射野 10×10 cm

距離 cm	12	27	32	42	57	72	87	13	28	43	58
非遮蔽 mr	6275	570	320	105	32	18	10	4500	669	180	90
全面遮蔽 mr			225	101	27	10	4		570	180	75

距離は辜丸部より頭方への距離

足方への距離

第9図 全面遮蔽と非遮蔽との辜丸部被曝線量
曲線 Co^{60} 300r 照射 10×10 cm照射野



非遮蔽の場合の模型実験測定値と臨床実験のそれとを試みに比較するため，辜丸部からの距離32cmと胃部とを略同位置とすれば前者の辜丸部被曝線量は320mr，後者のそれは461mrであり，又辜丸部からの距離57cmと鎖骨上窩とを略同位置とすれば前者では32mr，後者では27mrとなり，いずれも両者に大差のない値を示した。

全面遮蔽による辜丸部被曝線量の減少はX線の場合程効果のない事は第12表で明であるが非遮蔽に比較すれば勿論辜丸部被曝線量は減少し且辜丸部に遠い照射程その減少率は大きくなる傾向も見られる。

iii 考按

放射線治療を受ける患者は医療用放射線の普及する国民一人あたりに平均すれば現在の所撮影，透視に比し遥かに少なくその平均一人の性腺被曝線量（遺伝有意線量）は年に1~30m rem²⁷⁾

と言われ，又放射線治療の患者は年齢も既に生殖年齢を越し且悪性腫瘍で予後の悪い場合が多いため，此等患者は一応放射線治療による遺伝障害の危惧はないものと考えてよい。然しながら小，乳児で予後のよい疾患に対する放射線治療の場合は遺伝の障害を充分考慮せねばならない。従つて斯る場合の性腺庇護は当然考慮，工夫さるべき問題であつて吾々の模型実験で行つた如き全面遮蔽の方法が辜丸被曝線量を30~80%減少せしめた事実を日常応用する事こそ急務である。卵巣の充分な庇護は卵巣から遠い部分の照射の場合は吾々の行つた全面遮蔽も可能であるが卵巣附近の照射には此の方法は不可能である。然るに辜丸庇護の方法は吾々の方法以外 Koren K.²⁰⁾の言う如く鉛箱で辜丸を包めば辜丸附近の照射と雖も辜丸の遮蔽は可能である。

因に撮影の際性腺を鉛ゴムで遮蔽する事により国民全体の性腺被曝線量は25%に減ずるとの報告もあり³²⁾従つて遺伝障害防止上小，乳児から青年期迄の放射線治療の際も可及的性腺庇護の方法を行うべきである。

IV 結 語

人工放射線特にX線並びに放射性同位元素の医療方面に於ける応用によつて性腺被曝の増加，ひいては遺伝障害の増加となる事は充分推測される。従つて性腺被曝を零又は最低限度にとどめて此等放射線を利用する事こそ人類将来のため吾々放射線医の義務と考える。

吾々は本論文に於てX線透視並びに放射線治療の臨床と模型実験から性腺被曝線量の大体を知り且つ性腺庇護による被曝線量の減少法，ひいては遺伝障害防止の一端に言及した。今此等を一括す

るに。

1) 胃透視時間の平均は3.64分その際の平均睾丸被曝線量は8.1mr, 注腸透視時間の平均は3.54分, 同睾丸被曝線量は82.2mr, 透視時間は両者殆んど同一でも, その被曝線量は後者が10倍である事は性腺附近の透視は被曝線量を急激に増大する。

2) 性腺被曝線量は透視時の照射野面積(絞りの大きさ)に比例するも, ある程度以上大きくなる と性腺被曝線量は急増する。

3) 照射野面積が一定であれば性腺被曝線量は照射野中心と性腺との距離が大となるにつれて指数函数的に減少する(第1図C)。

4) X線治療時, 性腺被曝線量は照射野面積が増すと共に大となるも照射野中心と性腺との距離が近づくに従い照射野の小さなものより大なるものの方がその増加率はより大となる。

5) X線均等照射 250r と篩照射 500r とは略同じ性腺被曝線量を示す。

6) 放射線治療時(X線)鉛を以て性腺を前方遮蔽する事に比し全面遮蔽する事は性腺被曝線量の減少に甚有効である。即ち全面遮蔽に於て性腺に近い場所の照射で約30%遠い場所の照射で約80%以上減少せしめる前方遮蔽では近い場所の照射には殆んど減少効果なく遠い場所で約70%減少せしめる。

7) Co^{60} 遠隔照射の場合の全面遮蔽による性腺被曝線量の減少はX線程多くはないが性腺より遠い場所を照射した場合は有効の様である。

References

1) Muller H.E.: Artificial transmutation of the gene. *Science* 66, 1927, 84. — 2) Möbius W. Warren R.: Die Strahlenbelastung bei geburtshilfflichen Röntgendiagnostik. *Fortschr. Röntgenstr.* 75, 1951, 734—739. — 3) Ritter V.W., Warren R.: Roentgenoseres during diagnostic procedures. *Radiology* 59, 1952, 238—249. — 4) Hellriegel W.: Die Verteilung der Streustrahlendosis in Körper bei der Röntgenbestrahlung. *Strahlentherapie* 100, 1956, 153—164. — 5) Hol R. and Kosen K.: Protection measures in roentgen diagnostics with reference to doses inducing mutations. *Acta radiol.* 44, 1955, 471—478. — 6) Ardran G.M.: The dose to operat-

or and patient in x-ray procedures. *Brit. J. Radiol.* 29, 1956, 266—269. — 7) Ardran G.M., Crooks H.E.: Gonade radiation dose from diagnostic procedures. *Brit. J. Radiol.* 30, 1957, 295—297. — 8) Ardran G.M., Emrys-Roberts E., Kemp F.H.: The duration of fluoroscopic examination. *Brit. J. Radiol.* 30, 1957, 381—383. — 9) Ardran G.M., Crooks H.E.: Radiation dose to staff in medical x-ray Departments. *Brit. J. Radiol.* 30, 1957, 600—601. — 10) Purser P. R. and Qvist C.F.: An estimate of genetic dose from radiotherapy. *Acta Radiol.* 48, 1957, 267—271. — 11) Melching H.G. und Dresel H.: Zur Strahlenbelastung bei diagnostischen und therapeutischen Massnahmen mit energiereichen ionisierenden Strahlen. *Fortschr. Röntgenstr.* 87, 1957, 553—566. — 12) Crow J.F.: Genetic consideration in establishing maximum radiation doses. *Radiology*, 69, 1957, 18—22. — 13) Fritz-Niggli H.: Strahlenschäden und Schutzmassnahmen bei der medizinischen Anwendung der Radioisotope. *Strahlentherapie*, 102, 1957, 355—369. — 14) Jaeger R.: Erweiterung und Ergänzung der internationalen Strahlenschutzempfehlungen. *Strahlentherapie* 102, 1957, 582—589. — 15) Boden G.W.: Radiation hazards and the radiography. *Radiography* 23, 1957, 210—218. — 16) Gen M. und Frik W.: Raumdosies und Keimdrüsensosis bei verschiedenen Strahlenqualitäten in der Röntgendiagnostik. *Fortschr. Röntgenstr.* 88, 1958, 465—474. — 17) Fetzer H. und Keller H.L.: Messung zur Frage der Strahlengefährdung der Säuglinge bei Anwendung der Röntgentiefentherapie. *Strahlentherapie* 104, 1957, 539—545. — 18) Bewley D.K., Laws J.W., Myddleton C.J.: Maternal and foetal radiation dosage during obstetric radiographic examination. *Brit. J. Radiol.* 30, 1957, 286—290. — 19) Clayton C.G., Farmer F.T., Warrick C.K.: Radiation dose to the foetal and maternal gonads in obstetric radiograph during late pregnancy. *Brit. J. Radiol.* 30, 1957, 291—294. — 20) Koren K. and Mandal S.: Gonad doses received during the medical application of roentgen radiation. *Acta radiol.* 48, 1957, 274—279. — 21) Billings M. S., Norman A., Greenfield M.A.: Gonad dose during routine roentgenology. *Radiology*, *Radiology* 69, 1957, 37—41. — 22) Lorenz W.: Physikalisch-technische Probleme des Strahlenschutzes in medizinischen Anlagen. *Fortschr. Röntgenstr.* 88, 1958, 251—276. — 23) Seelentag W. und anders: Zur Frage der genetischen Belastung der Bevölkerung durch die Anwendung ionisierenden Stra-

hlen in der Medizin. I Teil, Strahlentherapie 104, 1957, 182—196. 11, Teil, 105, 1958, 169—195. — 24) Oeser H., Mehl H.J., Schaefer P.: Gonaddosis bei Thoraxaufnahme. Fortschr. Röntgenstr. 88, 1958, 703—711. — 25) Borrie J. F.: Radiation protection of the patient. Radiography 24, 1958, 183—184. — 26) Mohr H.: Über Messung der Gonadendosis bei Patienten in der Röntgendiagnostik. Strahlentherapie 106, 1958, 80—84. — 27) Report of united Nations Scientific Committee on the Effects of atomic Radiation. 科学朝日, 9, 1958, 83—127. — 28) Dietz W.: Vergleichende Dosismessungen am Ovar bei Röntgenaufnahme des Beckens mit "normales" und Harstrahltechnik bei Durchleuchtung des kleinen Beckens mit "normalen" Bedinungen und dem Röntgenbildverstärker. Fortschr. Röntgenstr. 85, 1956, 456—459. — 29) Wachsmann F.: Dosisbelastung des Patienten bei röntgendiagnostischen Untersuchungen. Fortschr. Röntgenstrahl. 75, 1951, 728—733. — 30) Haybittle J.L.: The effect of field size on the dose to the patient in diagnostic radiography. Brit. J. Radiol. 30, 1957, 663—665. — 31) Stanford W.: The use of cones and filters to reduce patient dosage in diagnostic radiography. Brit. J. Radiol. 30, 1957, 497—499. — 32)

Ardran G.M., Kemp F.H.: Protection of the male gonads in diagnostic procedures. Brit. J. Radiol. 30, 1957, 280. — 33) Lars-Eric Larsson: Radiation dose to patients and personnel in modern roentgen diagnostic work. Acta Radiol. 46, 1956, 680—689. — 34) Ardran G.M., Crooks H.E.: A comparison of radiographic techniques with special reference to dosage. Brit. J. Radiol. 26, 1953, 352—357. — 35) Schaal A.: Messungen der Strahlendosis innerhalb eines streuenden Mediums in der Röntgen-Tiefentherapie. Strahlentherapie 99, 1956, 561—566. — 36) Kockum J., Lidén K. and Norman O.: Radiation hazards attending use of transportable image intensifier. Acta Radiol. 49, 1958, 369—376. — 37) Margaret M.S., Barr M. S.R.: Protection of the abdomen during chest radiography. Radiography 24, 1958, 155. — 38) Dornreich M., Götz T., Weigand H.: Streustrahlenbestimmung bei therapeutischer Lungenbestrahlung von Säugling. Strahlentherapie 104, 1957, 546—550. — 39) Magnusson W.: A device for the protection of the testicle in roentgen examination of adjacent organs and bones. Acta Radiol. 37, 1952, 289—290. — 40) Russel L.B., Russel W.L.: Radiation hazards to the embryo and fetus. Radiology 58, 1952, 369—377.

Clinical and Experimental Studies on Gonad Dose of Patient During Fluoroscopic Examination and Radiation Therapy.

By

Goro Goto, Katurō Yokoi, Morimasa Maeda, Takuji Fukuda
Kazuo Yamamura, Toyohiko Hishida and Nobuo Nishimura
Department of Radiology, Kyoto Prefectural Medical University.

- 1) We have measured a gonad dose received by a patient during fluoroscopy and radiotherapy in our daily clinical cases and also have determined a dose at a point corresponding to the testes and ovaries in a water phantom with similar technical procedures.
- 2) We have reported on some factors which could reduce the male gonad dose during fluoroscopy and on several methods reducing it during radiotherapy.
- 3) Average fluoroscopic time and male gonad dose during it are given in Table 1.
- 4) Experimentally confirmed results clearly show that gonad doses relate to three factors, i.e. a exposure time, a field size and a exposure site.
- 5) Actual male gonad doses in our daily radiotherapy are shown in Table 4.
- 6) It is shown in Table 6 and 7 that the experimental results on a water phantom are almost similar to those of our clinical cases.

7) Shielding in front of or all sides of reproductive organs with lead screen reduces the gonad doses and especially by the latter method the dose-reduction is remarkable. These results are shown in Table 9 and 10.

8) With regard to gonad dose reduction, shielding of all sides of the genital regions is not so effective at telecobalt therapy as the same shielding at x-ray deep therapy.

9) Radiologists have to pay attention for reducing as much of gonad dose to patients as possible and thus to protect the future generation from genital hazards.
