



Title	生殖腺被曝線量への照射野の影響
Author(s)	橋詰, 雅; 加藤, 義雄; 野田, 博治 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1964, 23(10), p. 1165-1172
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18412
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

生殖腺被曝線量への照射野の影響

放射線医学総合研究所 物理第3研究室

橋詰 雅 加藤 義雄 野田 博治
丸山 隆司 中島 敏行 白貝 彰宏

(昭和38年11月14日受付)

Effect of the diaphragm on the gonad dose

By

Tadashi Hashizume, Yoshio Kato, Hiroji Noda, Takashi Maruyama,
Toshiyuki Nakajima and Akihiro Shiragai
Physics Division, National Institute of Radiological Sciences

In compliance with demand of UNSCEAR, Miyakawa et al¹⁾, estimated the genetically significant dose by x-ray diagnostic examinations in Japan. They measured gonad dosis by using exposure conditions described in sampling survey cards which were collected during 1959, and found that the observed gonad dosis for each exposure condition were distributed in wide range.

In this paper, some causes leading to such distributions were discussed and it was found that the effect of irradiation field was the most important factor, because the dimensions of the radiography diaphragm described in most of the cards were larger than that calculated from focus-film distance and film size and the gonad dose increased exponentially with increase in length of the diaphragm dimensions. When the calculated diaphragm dimensions, instead of those described in the cards, were adopted, the gonad dose decreased considerably and the genetically significant dose was reduced to 64.5 per cent of the value estimated by Miyakawa et al..

緒言

UNSCEAR* の要請に基き、東大宮川教授を班長とする文部省研究班(医学診療用放射線による遺伝有意線量に関する研究)は遺伝有意線量を推定している¹⁾。彼等は全国の病院や診療所におけるX線撮影と透視の条件を調査収集し、これに基づいた生殖腺線量の測定値から遺伝有意線量を推定した。この生殖腺線量測定に際して、彼等は同一部位の撮影でありながらその個々の生殖腺

線量に非常に大きなちらばり(最大値と最小値の差で10倍から10³倍)のあることを知った¹⁾²⁾。

この論文ではこのような差が如何なる原因によるものか検討し、さらにその一番大きい因子と思われる撮影時の照射野の大きさを診断にさしつかえない程度(使用フィルムの大きさに照射野を一致させる)に小さくした時、生殖腺線量が如何程減少するか調べ、さらにこの条件下における遺伝有意線量を求めた。

実験方法

生殖腺線量測定に使用したX線発生装置、およ

* The United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiations

びファントムはいずれも宮川班が使用したものと同じである。

1) X線発生装置、島津製桂 150KV-50mA, 60KV-500mA 高圧発生装置に油浸二重焦点廻転陽極型サークレックス 0.3, 2Cをつけたもの、および同社製蓄電器放電式嵯峨 125KV-1.0μF に油浸廻転陽極型サークレックス 2GBをつけたものを使用した。

2) 線量計 電離箱には壁材にX線フィルムを使つたもの、およびベークライトを使つたものの二種類のものを使用した。これらの大きさは直径約2cm長さ約3cmでその有効容積は約10ccであり、それらのエネルギー依存性はFig. 1の如くである。測定回路は Sampson 方式を改良した Colonial 方式の増巾器と50μA フルスケールの電流計からできており、この電離箱との組合せによれば、その最高感度は2mr フルスケールとなる。また零ドリフトは1分間当りフルスケールの約 $\frac{1}{50}$ 、フラクテュエーションは約 $\frac{1}{100}$ であつた。

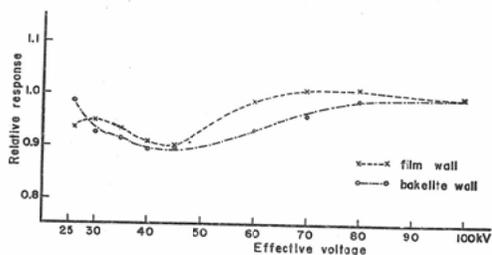


Fig. 1.

3) ファントム 生後8ヶ月、5才、と10才の女性ファントムをそれぞれ0~2才、3~7才、と8~14才の三年令階層用のファントムとして使用し、15才以上のファントムにはABCから借用した人骨入りMix D ファントムを使用した。前記成人以外の三つのファントムは千葉大整形外科で作成した標準体格の女性ギブスから作ったM3ファントム(組成は重量比でパラフィン 100, MgO 29.06, CaCO₃ 0.94)である。成人の卵巣位置は前面より12cm, 中心線より5cm横, 上下は腸骨稜より下方5cmの位置にあるとした。子供については千葉大整形外科の決定によつた。また率丸被曝線量測定では厚さ7mmの円筒形M3ファ

ントムを電離箱にかぶせて処定の位置につけて測定をおこなつた。

4) X線照射条件 照射条件には宮川班が使用した調査表をそのまま用いた。すなわち Table 1 に示した如く、性別、年齢階層別および部位別にそれぞれ60枚づつ無作意抽出した調査表によつた。なお60枚の抽出ができない部位についてはその全枚数を使用した。

Table 1

Age group : 0-2 years old, 3-7 years old, 8-14 years old, 15 years old and over,
Sex : female and male,
Examinations : radiography and fluoroscopy,
Classification of examinations :

- 1 : skull, cervical spine, maxilla, mandibular
- 2 : shoulder, arm, hand
- 3 : thorax (ribs, sternum, clavicle)
- 4 : chest (lung, heart, apex, bronchus)
- 5 : esophagus, stomach, duodenum
- 6 : gall-bladder
- 7 : abdomen
- 8 : small intestine, colon (barium enema)
- 9 : dorsal spine
- 10 : lumbar spine
- 11 : lumbosacral region
- 12 : pelvis and hip
- 13 : urography (descending/intravenous pyelography)
- 14 : bladder, urethra
- 15 : pelvimetry
- 16 : hysterosalpingography
- 17 : obstetrical abdomen
- 18 : hip joint, head and upper part of femur
- 19 : lower 2/3 of femur
- 20 : lower leg and foot
- 21 : dental
- 22 : others

実験考察

1) 宮川班測定の生殖腺線量のばらつき

宮川班の測定値によれば各撮影部位における生殖腺線量の標準偏差は非常に大きく、それらの値は生殖腺線量の平均値とほぼ等しかつた。一例として成人の撮影部位4(胸部)と5(食道, 胃, 十二指腸)における生殖腺線量のヒストグラムをFig. 2に示す。横軸は生殖腺線量の対数値を、縦軸はその頻度を示している。このように同一部位の撮影でありながら、その生殖腺線量には大きなばらつ

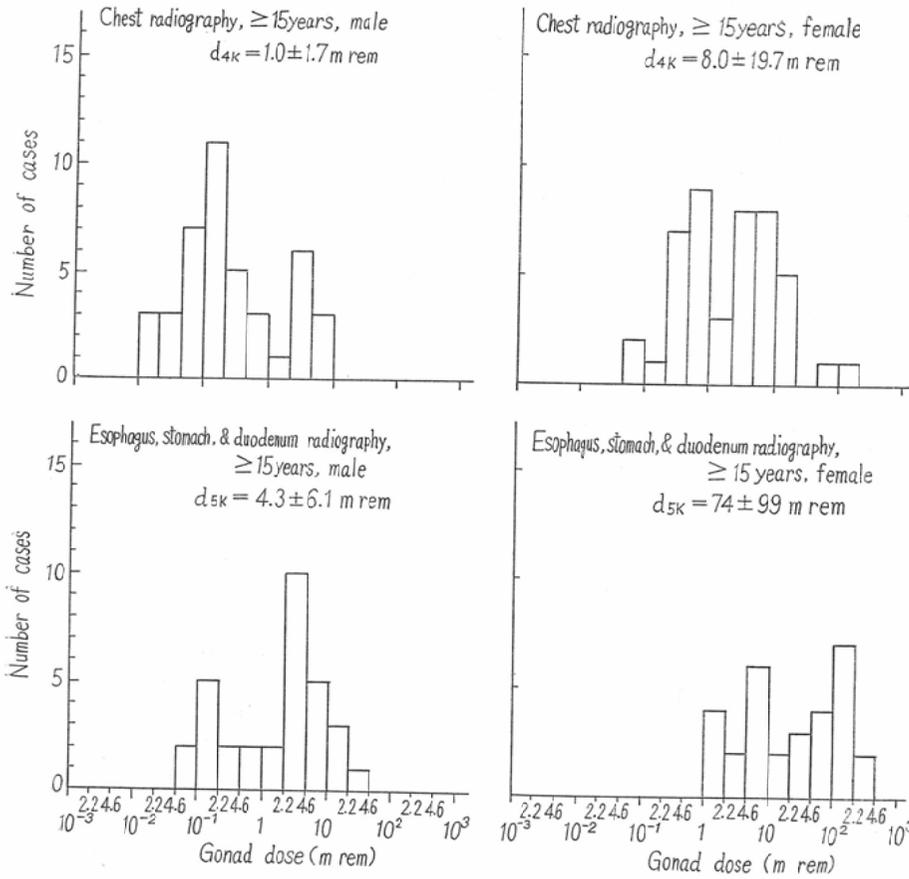


Fig.

きがあり二つあるいは三つの山を形成している。このため、この分布は正規分布から大きくはずれ、従つてその標準偏差も非常に大きくなるわけである。このような傾向は他の撮影部位でもみられた。

このようなばらつきを生ぜしめる原因としては次の如きものが考えられよう。

- a. 撮影部位の分類が大まかすぎる。
- b. 増感紙の感度のばらつき。
- c. 医師ならびにX線技師の好みによるX線フィルムの特徴処理の差。
- d. X線発生装置のX線出力のばらつき。
- e. 照射野絞りが適当でない。

aについては例えば調査表で Chest と指定してあつても、その中に含まれる影撮部位はlung, heart, apex と bronchus といった相当に広い範囲

2. にわたつており、しかもこの調査表からはその撮影部位の細分ができないため、実験に際してはこれら四つの撮影部位に対して妥当と思われるただ一つの代表位置でX線を照射せねばならなかつた。このように、これに起因する生殖腺線量のばらつきは相当に大きいと考えられるが、これらの検討はできなかつた。

bについては撮影目的によりそれぞれ異つた感度の増感紙が使われるが、同一部位の撮影ではこの感度差は高々3倍程度であろう。またcによる照射線量の差は高々2倍程度と思われるので、これらbとcによつては宮川班測定値の大きなばらつきは説明できない。このことから最も重要な原因はdとeと思われたので、これについて実験を試みた。

1) X線発生装置のX線出力のばらつき、東京

都内10カ所の病院に備えられている34台のX線発生装置の出力を測定してみた。X線照射条件は60 kVp, 10mAs, 0.5mmAl 附加フィルターで床上103 cmで水平照射とした。測定は管球焦点から1 mの位置に30×40cm, 厚さ5 mmの鉛板衝立を置き、その中央に径6 cmの穴をあけてその中心に1 ccの電離箱を置いておこなった。測定結果はFig. 3のごとくである。測定値の最低と最高は16mrと75mrで、平均線量は 30.5 ± 11.6 mr となった。もしこれらの装置を使つて同一のフィルム黒化度を得ようとするれば最低出力の装置では実際より数倍のmAsを必要とし、また逆に最高出力のものではその約 $1/2$ のmAsでよいことになる。しかし、この程度ではやはり生殖腺線量のばらつきの説明は困難であつた。

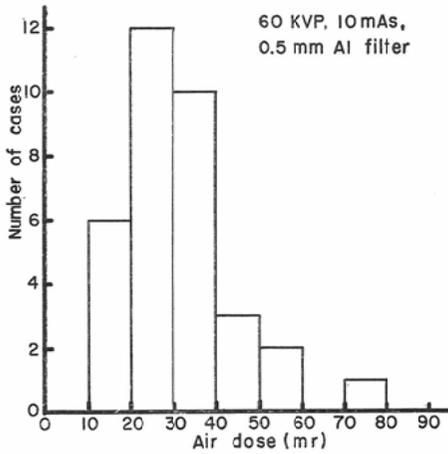


Fig. 3.

2) 照射野の変化による生殖腺線量の変化、調査表に記載されてある焦点フィルム間距離 (F F D) と絞りとから求めた照射野の大きさは、ほとんどの場合その撮影に用いたフィルムの大きさよりかなり大きかつた。このことは生殖腺線量を大きくする原因となると思われたので、代表的例として胃部撮影における照射野の生殖腺線量へおよぼす影響を成人の場合について調べた。

実験条件は75kVp, 50mAs, 1mmAl フィルターとして、F F Dは60cmと120cmの二つとした。

その結果を Fig. 4に示す。横軸は正方形絞りの一辺の長さで、その絞り焦点間距離は12cmで

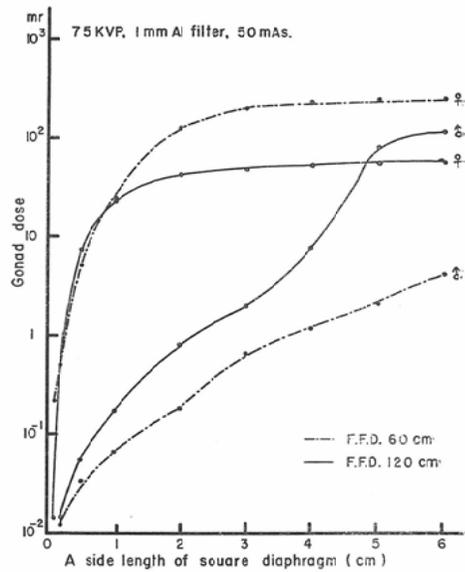


Fig. 4.

ある。縦軸は生殖腺線量を示す。F F Dが120cmの場合、絞りが小さいうちは絞りの増加と共に生殖腺線量は指数関数的に増加し、さらに絞りが大きくなると生殖腺線量はほぼ一定となる。このことは主ビームの通過位置が生殖腺位置に近づくに従つてその散乱線が急激に増加し、さらに主ビームが生殖腺に直接当るとその線量はほとんど変化しないことを示している。男性に比して女性の方が線量変化が激しくすぐ一定値になるのは生殖腺位置が男性のそれに比べて照射位置の近くにあるためである。また男性の最高線量値が女性のそれより大きいのは、主ビームが生殖腺に達するまでに通過する組織吸収層の厚みに原因している。F F D60cmの場合にも同様な傾向がみられるが男性ではまだ生殖腺に主ビームが当たらないため、この実験では指数増加部分しかみられない。この図から明らかなように線量変化の激しいところでは絞りの大きさが数倍変るだけで線量の変化は $10 \sim 10^3$ 倍にもなる。よつて撮影に際して照射野を必要な大きさに限定すれば、例えば使用フィルムサイズに照射野を合せれば生殖腺線量が著しく減少することが期待された。このことから、われわれは撮影をする際にその照射野を使用フィルムサイズに一致させた時生殖腺線量および遺伝有意線量が如何程減少するか調べた。

Ⅱ) 照射野を使用フィルムサイズに一致させた時の生殖腺線量

照射条件は絞り以外は宮川班で使用した調査表によつた。照射野の大きさは使用フィルムサイズと一致するようにしたが、記載されている照射野がフィルムサイズより小さかつた場合には、調査表の条件のまゝで測定をおこなつた。

Fig. 5 に成人の撮影部位 4 と 5 の測定結果を示す、図から明らかな如く、線量は著しく減少し、その分布は一つの山になつたが、正規分布には近づかなかつた (Fig. 2 参照)。この原因は X 線装置の出力、現像処理、および撮影目的の差に帰されるものと思われる。

各部位の結果は宮川班の測定値と共に Table 2 に示す。生殖腺線量の減少は性別および年齢階

層により幾分差があるが、表から明らかな如く、一、二、の部位を除いてはかなりその線量は減少している。特に男性では部位 5 から、また女性では部位 4 から上部の部位で線量は $1/10$ 以下に減じている。このような線量減少は Fig. 4 から判る如く、わづかな絞りの縮小によつて主ビームまたは強い散乱線による生殖腺の被曝をさけうことを示している。

Ⅲ) 遺伝有意線量

宮川班は遺伝有意線量を次式から求めている。

$$D = \left\{ \sum_{l=1}^3 500 (1+f_{il}) f_{cl} \left(\sum_{j,k} N_{jk} d_{jk} W_{jk} \right) \right\} + \left\{ \sum_{l=6}^7 250 (1+f_{il}) f_{cl} \left(\sum_{j,k} N_{jk} d_{jk} W_{jk} \right) \right\} / \sum_k N_k W_k$$

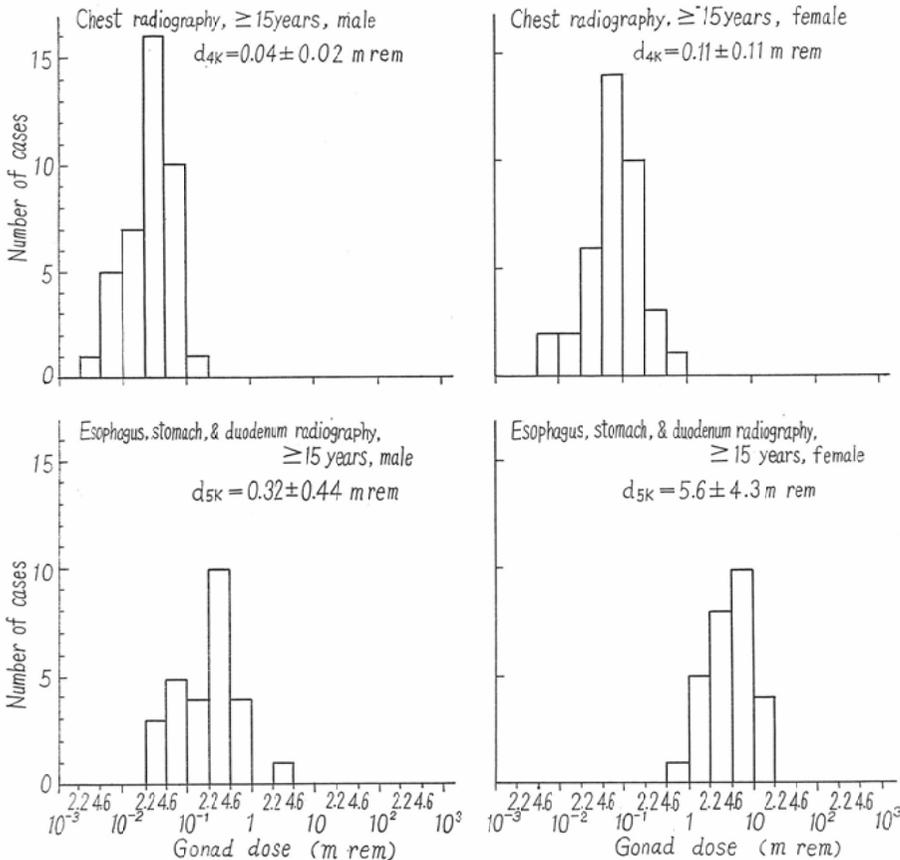


Fig. 5.

Table 2-1 Gonad cose (male)

Age class	0 ~ 2				3 ~ 7				8 ~ 14				15 ~			
	Miyakawa et al.		Our experiment		Miyakawa et al.		Our experiment		Miyakawa et al.		Our experiment		Miyakawa et al.		Our experiment	
	No. of sample	Gonad dose	No. of sample	Gonad dose	No. of sample	Gonad dose	No. of sample	Gonad dose	No. of sample	Gonad dose	No. of sample	Gonad dose	No. of sample	Gonad dose	No. of sample	Gonad dose
1	26	mrem 2.5	29	0.04	62	0.41	62	0.04	48	1.7	48	0.01	49	0.01	49	0.007
2	23	9.3	23	0.04	51	5.2	50	0.02	53	0.27	53	0.02	48	0.13	44	0.006
3	7	28.0	6	0.15	13	5.4	12	0.02	16	4.4	15	0.04	47	0.52	42	0.03
4	12	9.4	12	0.06	44	9.9	42	0.05	45	3.8	42	0.04	42	1.0	40	0.04
5	7	41.9	3	0.19	6	31.5	6	5.5	17	10.2	17	0.33	32	4.3	27	0.32
6													44	2.1	44	0.10
7	9	118.	9	5.7	6	105.	6	32.8	4	487.	4	395.	47	220.	47	7.1
8					19	42.6	19	40.6	2	175.	2	132.	31	220.	27	15.3
9	3	2.7	3	0.61	12	121.	12	0.77	21	117.	21	0.58	54	1.5	53	0.13
10	8	77.9	8	1.9	10	96.6	8	9.2	26	585.	26	17.5	53	767.	52	5.6
11	3	521.	3	357.					8	1,040	8	873.	53	1,730.	53	154.
12	7	38.5	7	6.6	12	164.	12	67.7	12	356.	12	130.	56	1,490.	55	697.
13	4	195.	4	55.5	11	222.	9	26.1	9	116.	9	4.8	56	631.	55	4.3
14	2	130.	2	78.7	1	122.	1	82.5	7	415.	7	247.	54	1,110.	51	890.
15																
16																
17																
18	25	53.0	23	33.6	54	115.	54	95.3	54	238.	53	203.	53	691.	53	63.4
19					2	13.5	2	9.4	21	113.	20	12.5	57	79.0	55	5.3
20	25	44.6	25	28.8	50	7.6	50	0.56	50	3.5	50	0.25	52	5.8	51	0.38
21					15	0.02			9	0.02			53	0.02		

Classification of the examinations

Table 2-2 Gonad dase (female)

Age class	0~2				3~7				8~14				15~			
	Miyakawa et al.		Our experim-ent		Miyakawa et al.		Our experim-ent		Miyakawa et al.		Our experim-ent		Miyakawa et al.		Our experim-ent	
	No. of sample	Gonad dose														
1	20	3.2	20	0.05	49	2.7	49	0.04	50	0.12	50	0.01	59	0.07	53	0.01
2	32	5.3	31	0.10	53	2.8	53	0.04	51	0.53	50	0.02	52	0.27	50	0.01
3	6	35.9	6	0.18	8	26.1	8	0.89	5	2.0	5	0.07	46	6.7	41	0.04
4	18	11.1	18	0.12	38	13.8	38	1.2	40	6.7	35	1.1	44	8.0	38	0.11
5	1	23.1	1	5.3	4	524.	4	340.	14	167.	14	40.6	30	74.3	28	5.6
6																
7	1	16.2	1	11.9	2	57.8	2	57.8	4	67.0	4	67.0	48	80.1	44	9.0
8	1	2,240.			2	84.2	2	84.2	12	82.5	12	65.3	32	79.9	31	59.2
9	1	4.3	1	0.17	4	46.0	4	1.7	25	78.1	25	3.7	55	15.0	55	0.47
10					8	184.	8	158.	9	179.	8	154.	55	122.	55	84.3
11	2	72.6	2	53.1	4	225.	4	184.	6	117.	6	83.9	52	116.	50	115.
12	17	21.5	17	18.5	5	47.5	5	46.9	16	142.	16	125.	51	80.0	50	58.7
13					1	254.	1	245.	7	152.	7	148.	53	92.0	52	65.5
14					1	8.3	1	7.6	1	49.5	1	39.6	58	77.0	57	28.3
15	2	39.6	2	34.3									53	322.	53	268.
16													57	70.9	57	40.8
17													60	162.	60	127.
18	23	36.1	23	30.7	51	40.0	50	32.8	53	52.8	53	23.1	53	30.6	53	11.1
19	3	26.2	3	4.1	2	0.14	2	0.14	4	2.8	4	0.55	36	1.1	36	0.20
20	25	26.9	24	5.5	44	1.4	41	0.15	59	0.14	59	0.01	54	0.05	53	0.001
21					7	0.02	7	0.02	15	0.01	15	0.01	50	0.01	50	0.01

Classification of the examinations

たゞし

N_{jk} : j 種の X 線診断を受けた年令 k の患者の年間の数,

N_k : 年令 k の全人数,

W_{jk} : j 種の X 線診断を受けた年令 k の患者の子供期待値,

W_k : 年令 k の人の子供期待値,

d_{jk} : j 種の X 線診断によって年令 k の患者がうける生殖腺線量,

指標 l は病床数で分類した病院区分を示す.

また $\sum_{j,k} N_{jk} d_{jk} W_{jk}$ にかかっている係数は、7 地区の有意選出による調査から全国値を求めるための補正項である (詳細は宮川班の論文を参照されたい).

d_{jk} 以外の係数に宮川班の用いた値を入れて撮影に関する $\sum_{j,k} N_{jk} d_{jk} W_{jk}$ を病院別に求めると Table 3 の如くなる. すなわち宮川班の得た値に比して男性では 15~20% に、また女性では 15~57% に減少している. 上式を用いて撮影だけに關する遺伝

有意線量を求めると、宮川班の値 17.4mrem/y に対してわれわれの値は 3.6mrem/y となつて 20% に減少した. また透視に關する $\sum_{j,k} N_{jk} d_{jk} W_{jk}$ に宮川班の値をそのまま使つて診断 (撮影および透視) による遺伝有意線量を求めてみると、24.9mrem/y となり宮川班の値 38.6mrem/y の 64% に減少した.

透視に關しては、その診断目的により照射野の広さや照射時間にかかなりの差があり、撮影の場合と同様な照射野の影響を調べることは困難であつた. しかし撮影の場合、その照射野の大きさをフィルムサイズに合せるだけで遺伝有意線量が約 20% にも減ることからして透視の場合にもその照射野をほんの少し減ることのでかなり遺伝有意線量を減少せしめることが期待されよう.

結 論

1. 宮川班測定の子宮腺線量にはかなり大きいばらつきがあり、この主原因が診断に必要な大きさ以上の大きい照射野を使つているためであることを認めた.
2. 照射野をフィルムサイズに一致させた時、その生殖腺線量はほとんどの撮影部位で著しく減少した.
3. この条件のもとで遺伝有意線量を求めると、撮影だけの場合には、宮川班の得た値より 80% も減少した. また透視に宮川班の値を使つて診断による場合を求めると宮川班の値より 36% 減少することを認めた.

(稿を終るにあたり本研究に X 線診断条件調査表および統計資料を心よくお貸し下された宮川班、ならびにファントム作製にあたり多大の御援助をいただいた千葉大石川助教授に深甚なる謝意を表します.)

文 献

1) Miyakawa et al.: The Genetically Significant Dose by the X-Ray Diagnostic Examinations in Japan, Nippon Acta Radiologica, Vol. 21, 565-616 (1961).
 2) 橋詰雅, 他: 日本人の医学診療用放射線による遺伝有意線量の測定, 放医研年報, 昭和 35 年度.

Table 3-1

Male		$\sum_{j,k} N_{jk} d_{jk} W_{jk}$			
Class in no. of beds		Radiography			Fluoroscopy
l		Miyakawa et al.	Our experiment	Ratio	(Miyakawa et al.)
1	20- 49	399,186	58,453	0.146	58,127
2	50- 99	315,887	57,012	0.180	119,933
3	100- 199	308,316	52,400	0.170	92,389
4	200- 499	512,173	103,482	0.202	115,556
5	500-	616,618	106,497	0.173	245,676
6	1- 19	570,535	100,857	0.177	272,010
7	0	178,437	27,397	0.154	99,414

Table 3-2

Female		$\sum_{j,k} N_{jk} d_{jk} W_{jk}$			
Class in no. of beds		Radiography			Fluoroscopy
l		Miyakawa et al.	Our experiment	Ratio	(Miyakawa et al.)
1	20- 49	34,902	16,264	0.466	298,086
2	50- 99	52,498	20,613	0.393	516,194
3	100- 199	45,814	19,086	0.417	318,533
4	200- 499	81,935	34,384	0.420	449,402
5	500-	67,138	38,190	0.569	377,564
6	1- 19	67,664	28,630	0.423	1,025,154
7	0	39,127	5,711	0.146	399,984