OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	診断用X線による国民線量の推定(1974) 第二報 遺伝有意線量の推定
Author(s)	橋詰, 雅; 丸山, 隆司; 隈元, 芳一
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1976, 36(3), p. 208-215
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19943
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

特別掲載

診断用X線による国民線量の推定(1974)

第二報　遺伝有意線量の推定

放射線医学総合研究所　物理研究部
橋詰　雅　丸山隆司
技術部
隈元芳一

(昭和50年11月6日受付)
(昭和50年12月18日最終原稿受付)

Estimation of Population Doses from Diagnostic Medical Examinations in Japan, 1974

2. Estimation of Genetically Significant Dose

Tadashi Hashizume, Takashi Maruyama and Yoshikazu Kumamoto
Division of Physics, National Institute of Radiological Sciences, 9-1, 4-chome Anagawa, Chiba, Japan

Research Code No.: 302
Key Words: *Population dose, Medical exposure, Diagnosis*

The genetically significant dose from radiographic and fluoroscopic examination in Japan has been estimated based on a 1974 nation wide survey of randomly sampled hospitals and clinics. The gonad dose during X-ray diagnosis was determined with an ionization chamber placed at the positions of ovary and testis in a Rando phantom. The instrumented phantom was irradiated with medical diagnostic X-rays on the basis of the exposure data on the patients selected in the nation wide survey. In the calculation of the genetically significant dose, the child expectancy of the patients that undergo each particular type of examination was assumed to be same as that of general population. The resultant genetically significant dose was 11.1 and 5.43 mrad per person per year for radiography and fluoroscopy, respectively. These values were compared with those of 1960 and 1969. In spite of the number of examinations per year shows a yearly increase, the genetically significant dose is gradually on the decrease. This may be due to the technical inprovements in medical radiological practices.

I. 緒　言

1972年は「国連原子放射線の効果に関する科学委員会 (UNSCEAR)」の報告書[8]によれば，最近，放射線の医学利用の頻度の増大と技術面での進歩が著しく，また人工放射線による国民線量の中で医療被曝が大きな比重をもつことから，日本のような先進国では5年に一回は医療被曝について調査することが望ましいとされている．日本では，診断用X線による遺伝有意量の推定は過去3回[1)2)3)7)]行われ，そのつど UNSCEAR に報告され

ている．

1977年に，UNSCEARは四回目の報告書を出版する予定であり，著者らも1969年から丁度5年目にあたる1974年にX線診断の実態調査[4]を行つたので，この調査にもとずいて国民線量を推定した．医療被曝による人類への放射線効果を考慮して，(1) 遺伝的効果に対して遺伝有意線量（GSD）(2) 身体的効果のうち白血病発生に対して平均骨髄線量（CMD）と白血病有意線量（LSD）が国民線量として取上げられている．

本論文は，さきに報告した1974年の我が国におけるX線診断の実態調査結果[4]を用いて遺伝有意線量を推定したものである．なお，それらの結果を1969年の結果と比較した．

II. 遺伝有意線量の推定方法

1962年のUNSCEARの報告書[6]以来，遺伝有意線量は次式によつて定義されている．

$$D=\frac{\sum_j\sum_k(N_{jk}^{(F)}W_{jk}^{(F)}d_{jk}^{(F)}+N_{jk}^{(M)}W_{jk}^{(M)}d_{jk}^{(M)})}{\sum_k(N_k^{(F)}\cdot W_k^{(F)}+N_k^{(M)}W_k^{(M)})} \quad \cdots\cdots (1)$$

ここで，

D＝年間の遺伝有意線量

N_{jk}＝j タイプの照射を受けたk年令層の人の数

N_k＝k 年令層の人口

W_{jk}＝j タイプの照射を受けたk年令層の人に将来期待される子供の数（子供期待数）

W_k＝k年令層の人に将来期待される子供の数（子供期待数）

d_{jk}＝j タイプの照射を受けたk年令層の人の一回の照射当りの生殖腺線量

（F）および（M）はそれぞれ「女性」および「男性」を表わす．

式(1)で定義されるように，遺伝有意線量（以下，GSDと云う）は集団の個人が放射線に被曝したと仮定したとき，それらの個人が受けた線量によつて生ずる遺伝的障害と同一の障害が集団に生ずると考えられる線量のことである．式(1)の分母は人口調査データにもとずいて算定されるが，分子の各因子は医療被曝の実態調査からしか得られない．分子の各因子は診断・治療など医療被曝の種類によつても異なる．GSDはその定義から加法性を有するので，撮影，透視など各医療被曝によるGSDを独立に算定し，それらを加え合わすことにより全医療被曝からのGSDが求められる．

X線診断のうち直接撮影および透視によるGSDを式(1)を使つて推定した．N_{jk}は前報に報告した性別，年齢別，診断部位別の撮影照射回数および透視件数である．

被検者が悪性な疾病を持つていれば，その人の寿命や子供期待数は集団平均とは全く異なるので，何らかの補正が必要である．しかし，X線診断の段階では悪性な疾病かどうか不明であるため，被検者の子供期待数 W_{jk} は集団平均の子供期待数 W_k に等しいとした．生殖腺線量 d_{jk} は撮影，透視条件にも関係するので，件数調査と同時にこれらの条件についても調査を行つた．その調査項目の主なものを次に列挙する．

（a）X線発生装置の管電圧．
（b）X線発生装置の高電圧発生方式（変圧器型，蓄放型）と曝射時間，および管電流など．
（c）フィルタの厚さ．
（d）焦点・フィルム又は蛍光面間距離．
（e）絞り構造とフィルム又は蛍光面での照射野．
（f）X線入射方向とその使用時間の割合．
（g）その他

以上のような診断条件について，性別，年齢群別（0～2，3～7，8～14および15歳以上）および診断部位別に調査した．

A．生殖腺線量；d_{jk}

15歳以上の成人男女には，Rando標準ファントム（Alderson社製）を用い，子供については，0～2歳，3～7歳および8～14歳の体位に近い3体のM3[5]ファントム（肺にはコルク使用）を使用した．線量計としてフィルム壁内面にアカダックを塗布した直径2cm，長さ4cmの円筒型空気電離箱を用いた．これらのファントムの卵巣およ

び精巣の位置にこの電離箱をおき，性別，年齢群別および診断部位別の診断条件調査結果にもとずいて生殖腺線量を測定した．X線発生装置はKXO-8(東芝製) を用いた．前回の調査で全国の医療施設で使用されているX線発生装置の出力は70kV, 3mA, 3分で焦点から50cmのところで13.2±6.7Rであつた[2]．KXO-8型装置からの出力は同じ条件で13.8Rであり，平均値に近かつた．普通透視装置の出力は5年後の調査でも変つていないと仮定した．

卵巣の位置は個人差が大きいことが知られているが，本論文では恥骨結合から7cmのところで，体表前面から10cmの深さで体軸から左右5cmの位置とした．精巣は軟組織7mmの深さにあるとして，生殖腺線量の測定には厚さ6mmのルサイトを電離箱にかぶせた．

生殖腺線量は診断条件の調査結果から性別，年齢群別および診断部位別にそれぞれ50例ずつ任意に抽出した各条件に従つてファントムにX線を照射して測定した．しかし，最近，テレビジョン透視(以下TV透視と云う)が増加しており，前報に述べた如く全透視件数のほぼ80%がTV透視であつた[4]．そのため，普通透視とTV透視について，診断部位別に管電圧；V(kV)，管電流；I(mA) および透視時間；T(sec) の平均値を求め，各透視における生殖腺線量は $(\bar{V}^2 \cdot I \cdot \bar{T})$ の値に比例するとした．普通透視の条件で実験して得た生殖腺線量を用い，各診断部位について普通透視に対するTV透視の $(\bar{V}^2 \cdot I \cdot \bar{T})$ の比率と透視件数の比率で加重して，透視としての平均生殖腺線量を算出した．表1に代表的部位について普通透視に対するTV透視の $(\bar{V}^2 \cdot I \cdot \bar{T})$ の比を示す．

R-rad 変換係数として，0.93を用いて生殖腺線量を吸収線量で表わした．表2，3に直接撮影および透視による生殖腺線量 d_{jk} を示す．日本人の約$^1/_3$が胃下垂又はそれに近い状態にあり，女性での胃・十二指腸の診断が立位で行われた場合には生殖腺が診断用X線の利用線錐に曝らされる．この立位での診断時間は全診断時間のほぼ$^1/_3$である．従つて，女性の胃・十二指腸の診断での生殖腺線量には，その診断時間の$^1/_9$は生殖腺が利用線錐中に入つていることを考慮した．

B．子供期待率 W_k, W_{jk}

1974年の人口統計[9]から算出した同年度の平均的日本人の子供期待率を表4に示す．表には年齢群別人口 N_k と将来期待される子供数も示してある．将来期待される子供の数は1億2096万人であつた．

III. 結　果

式 (1)を用いて推定した遺伝有意線量を性別および診断部位別に示すと表5の如くである．

性別および年齢群別の遺伝有意線量を表6に示す．直接撮影および透視による遺伝有意線量はそれぞれ11.1(mrad/person/year) および5.43 (mrad/person/year) であつた．1960年[1]および1969年[2]の全国調査結果にもとずいて推定された遺伝有意線量と今回の推定結果とを比較すると表7の如くになる．

IV. 考　察

(1) 第一報[4]で述べたように，X線診断における直接撮影の照射回数は2億244万回であり，5年前に比べて13%増である．透視件数は1,423万件で5年前に比べて減少している[2][4]．しかし，

Table 1. Ratio* of X-ray dose received in TV-fluoloscopic examination to that received in ordinary fluoloscopic examination

Type of Examinarion	Ratio
Head	0.599
Cervical spine	0.578
Shoulder	0.556
Thorax	0.578
Chest	0.592
Barium meal	0.606
Cholecystography	0.455
Abdomen	0.581
Lower leg	0.500
Others	0.625

* The ratio was used for the determination of gonad and bone marrow dose in TV-fluoloscopic examinations, since basic data for dose determination were measured with the use of ordinary fluoloscopic X-ray generator.

Table 2. Gonad dose, d_{kj}, per radiographic examination (mrad)

Type of Examination*	Male (years old)				Female (years old)			
	0—2	3—7	8—14	15—	0—2	3—7	8—14	15—
1. Head	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.03	0.03
2. Cervical	0.03	0.03	0.02	0.04	0.06	0.04	0.03	0.03
3. Shoulder	0.03	0.03	0.02	0.02	0.06	0.04	0.03	0.02
4. Thorax	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.05	0.06
5. Chest	0.8	0.5	0.4	0.06	1.2	0.6	0.45	0.32
6. Esophagus	0.12	—	0.1	0.08	—	—	—	0.17
7. Barium meal	3.5	2.0	1.5	1.6	20	18	13	18
8. Gall	0.25	—	—	0.75	2.8	3.2	4.5	3.3
9. Abdomen	45	40	20	24	20	23	35	45
10. Intestine	42	60	95	130	40	55	70	95
11. Dosal	—	—	0.3	0.23	—	26	5	0.8
12. Lumbar	—	12	12	16	—	50	70	85
13. Lumbo.	—	—	—	340	—	—	—	110
14. Pelvis	120	205	270	360	—	—	80	110
15. Urography	—	13	15	22	75	35	48	60
16. Cystography	—	150	210	280	40	32	—	55
17. Hystero	—	—	—	—	—	—	—	95
18. Pelvimetry 19. Obstetric	—	—	—	—	—	—	—	175
20. Hip joint	80	120	170	205	40	65	95	120
21. Femur	—	—	—	65	—	—	—	23
22. Lower leg	2	3	5	10	0.2	0.3	0.35	0.41
23. Tomography	—	—	—	0.08	—	—	0.1	0.12
24. Mammography	—	—	—	—	—	—	—	0.01
25. Myelography	—	—	9	11	—	—	—	60
26. Others	—	—	—	43	—	—	—	48

(Footnote of Table 2.)

* 1. Head (Skull, Maxilla, Mandibula), 2. Cervical (Cervical spine), 3. Shoulder (Shoulder, Arm, Hand) 4. Thorax (Ribs, Sternum, Clavicle), 5. Chest (Lung, Heart, Apex, Bronchus), 6. Esophagus (Esophagus) 7. Barium meal (Stomach, Duodenum), 8. Gall (Gall-bladder), 9. Abdomen (Adbomen), 10. Intestine (Small Intestine, Colon or Barium enema), 11. Dorsal (Dorsal spine), 12. Lumbar (Lumbar spine), 13. Lnmbo. (Lumbosacral region), 14. Pelvi (Pelvis, Hip), 15. Urography (Urography (Descending/Intravenous dyelography)) 16. Cystography (Bladder, Urethra), 17. Hystero. (Hysterosalpingography), 18. Pelvimetry (Pelvimetry) 19. Obstetric (Obstetrical abdomen), 20. Hip joint (Hip joint, Head and Upper part of femur), 21. Femur (Lower 2/3 of femur), 22. Lower leg (Lower leg and foot), 23. Tomogram (Tomogram), 24. Mammography (Mammography), 25. Myelography (Myelography), 26. Others (Others)

Table 3. Gonad dose, d_{jk}, per fluoroscopic examination (mrad)

Type of Examination*	Male (years old)				Female (years old)			
	0—2	3—7	8—14	15—	0—2	3—7	8—14	15—
1. Head	0.23	0.23	0.18	0.14	—	—	—	—
2. Cervical	—	—	—	0.14	—	—	—	—
3. Shoulder	—	0.04	0.10	0.10	0.12	0.12	0.15	—
4. Thorax	—	—	0.83	0.84	—	—	2.8	—
5. Chest	1.90	1.5	1.0	0.90	—	8.0	5.6	4.3
6. Esophagus	—	—	—	2.0	—	3.3	3.85	4.9
7. Barium meal	48	25	14	16	280	190	180	240
8. Gall	—	—	—	4.7	—	—	44	59
9. Abdomen	200	180	140	120	—	—	—	890
10. Intestine	240	420	620	790	1300	—	1300	1700
11. Dosal	—	—	—	3.3	—	—	—	10
12. Lumbar	—	—	97	130	—	—	820	960
13. Lumbo	—	—	—	770	—	—	—	900
14. Pelvis	—	—	—	780	—	—	—	1100
15. Urography	—	—	—	410	—	—	—	890
16. Gystography	—	500	710	880	—	530		870
17. Hystero	—	—	—	—	—	—	—	1200
18. Pelvimetry	—	—	—	—	—	—	—	—
19. Obstetric								
20. Hip joint	—	—	780	1000	1200	1300	1300	1200
21. Femur	—	—	—	280	—	—	—	—
22. Lower leg	—	28	86	50	—	4.2	3.6	2.3
23. Tomogram	—	—	—	—	—	—	—	—
24. Mammography	—	—	—	94	—	—	—	840
25. Myelography	—	—	—	—	—	—	—	—
26. Others	—	—	—	—	—	—	—	—

* see footnote of Table 2.

Table 4. Child expectancy and future number of children in the population by age-group

	Age-group (years old)	Population N_k	Child expectancy W_k (W_{jk})	Future number of children $N_k \times W_k$
Male	0—14	$13,546 \times 10^3$	2.209	$29,923 \times 10^3$
	15—19	4,150	2.209	9,167
	20—24	5,135	2.176	11,174
	25—29	4,737	1.671	7,916
	30—34	4,441	0.600	2,665
	35—39	4,211	0.178	749
	40—44	3,973	0.048	191
	45—49	3,346	0.016	54
	50—54	2,305	0.005	12
	55—59	2,501	0.0016	3
	60—64	1,868	0.0004	0.7
	65—69	1,459	0.0002	0.3
	70—74	1,093	0.0001	0.1

	75—	1,005	0.00003	0.03
	Subtotal	$53,320\times10^3$		$61,855\times10^3$
Female	0—14	12,890	2.105	33,448
	15—19	4,017	2.105	8,456
	20—24	5,162	1.997	10,309
	25—29	4,825	1.128	5,443
	30—34	4,500	0.275	1,238
	35—39	4,234	0.046	195
	40—44	3,559	0.0044	16
	45—49	3,518	0.00012	0.4
	50—54	2,959	0.000000	
	55—	9,316		
	Subtotal	$54,980\times10^3$		$59,105\times10^3$
Total		$108,300\times10^3$		$120,960\times10^3$

Table 5. Genetically Significant dose by sex and type of examination(mrad per person per year)

Type of Examination*	Radiography			Fluoroscopy			
	Male	Female	Subtotal	Male	Female	Subtotal	Total
1. Head	—	—	—	—	—	—	—
2. Cervical	—	—	—	—	—	—	—
3. Shoulder	—	—	—	—	—	—	—
4. Thorax	—	—	—	—	—	—	—
5. Chest	0.02	0.03	0.05	—	0.01	0.01	0.06
6. Esophagus	—	—	—	—	0.01	0.01	0.01
7. Barium meal	0.20	1.12	1.32	0.26	2.0	2.26	3.58
8. Gall	—	0.01	0.01	0.01	0.04	0.05	0.06
9. Abdomen	0.33	0.26	0.59	0.16	0.52	0.68	1.27
10. Intestine	1.48	0.30	1.78	0.56	0.51	1.07	2.85
11. Dosal	—	0.01	0.01	—	—	—	0.01
12. Lumbar	0.54	0.78	1.32	0.03	0.23	0.26	1.58
13. Lumbo	0.16	0.04	0.20	—	0.02	0.02	0.22
14. Pelvis	0.40	0.24	0.64	0.03	0.02	0.05	0.69
15. Urography	0.12	0.38	0.50	0.12	0.17	0.29	0.79
16. Cystography	0.37	0.03	0.40	0.12	0.08	0.20	0.60
17. Hystero	—	0.13	0.13	—	0.14	0.14	0.27
18. Pelvimetry 19. Obstetric	—	0.50	0.50	—	—	—	0.50
20. Hip joint	2.2	0.86	3.06	0.14	0.23	0.37	3.43
21. Femur	—	—	—	—	—	—	—
22. Lower leg	0.53	0.01	0.54	0.02	—	0.02	0.56
23. Tomogram	—	—	—	—	—	—	—
24. Mammography	—	—	—	—	—	—	—
25. Myelography	—	0.01	0.01	—	—	—	01·0
26. Others	0.03	0.01	0.04	—	—	—	0.04
Total	6.38	4.72	11.1	1.45	3.98	5.43	16.53

* see footnote of Table 2.

Table 6. Genetically significant dose by sex and age-group (mrad per person per year)

		0—2	3—7	8—14	15—19	20—24	25—29	30—34	35—39	40—44	45—49	50—54	55—	Subtotal
Radiography	Male	0.68	0.28	0.55	1.60	1.11	1.51	0.44	0.15	0.04	0.02	0.00	0.00	6.38
	Female	0.53	0.14	0.49	1.12	1.26	0.86	0.26	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	4.72
	Subtotal	1.21	0.42	1.04	2.72	2.37	2.36	0.70	0.20	0.05	0.01	0.00	0.00	11.1
Fluoroscopy	Male	0.06	0.06	0.07	0.27	0.32	0.45	0.14	0.06	0.01	0.01	0.00	0.00	1.45
	Female	0.19	0.09	0.12	0.59	1.43	1.12	0.36	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	3.98
	Subtotal	0.25	0.15	0.19	0.86	1.75	1.57	0.50	0.13	0.02	0.01	0.00	0.00	5.43
	Total	1.46	0.57	1.23	3.58	4.12	3.93	1.20	0.33	0.07	0.02	0.00	0.00	16.53

Table 7. Comparison of genetically significant dose for 1960, 1969 and 1974 (mrad per person per year)

	1960#	1969##	1974
Radiography	17.4	15.2	11.1
Fluoroscopy	21.2	10.5	5.4
Total	38.6	25.7	16.5

Ref. 1
Ref. 2

表7に示すように遺伝有意線量（ＧＳＤ）は直接撮影で1969年の線量の約$^{3}/_{4}$に，透視では約$^{1}/_{2}$に減少した．この原因として，直接撮影では，生殖腺が利用線錐の中に含まれると考えられる場合に適当な遮蔽を用いたり，照射野を加減して生殖腺の被曝の低減に術者が努力していることがあげられる．透視では，表1から明らかなように従来のＸ線透視の場合の50～60％の被曝線量ですむテレビジョン透視が普及（普及率80％）したこともＧＳＤが減少している理由と考えられる．

(2)　1969年の線量推定には，放射線治療のための位置決め装置による透視を含めたが，今回の調査ではこれを削除した．一方，今回の調査には直接撮影が主体である人間ドックなどでの診断を含めている．

(3)　ＧＳＤを診断部位別にみると，男性では股関節や腸の撮影，女性では胃・十二指腸の透視と撮影が第一位である．胃・十二指腸の撮影回数は男女共，全体の40％程度を占め最も頻度が高い．女性ではこの診断中に生殖腺がＸ線の利用線錐中に入いり高い生殖腺線量を受けるからである．表2，3に示す生殖腺線量の高い部位の診断を受ける被検者は若年層に少く，高年齢層に多い．

(4)　ＧＳＤを年齢別にみると15～19歳の年齢層の直接撮影が2.72 (mrad/person/year) で全撮影の$^{1}/_{4}$を占めている．男女別，年齢層別では，20～24歳の女性の撮影と透視によるＧＳＤが2.69 (mrad/person/year) で撮影と透視のＧＳＤの16％を占める．ここで注目すべきことは0～2歳児の撮影によるＧＳＤが1.21 (mrad/person/year) で撮影によるＧＳＤ全体の11％に相当することである．この撮影の大部分は股関節撮影である．

(5)　男女別のＧＳＤは男性からの寄与が，7.83 (mrad/person/year) 女性からの寄与は8.70 (mrad/person/year) であまり相異しないが，男性ではその80％が直接撮影によるものであり，女性では撮影と透視からほぼ50％ずつ寄与を与えている．

(6)　最も診断件数の多い胃・十二指腸の撮影や透視の被検者の年齢が1969年ころに比べて，5年程度子供期待数の小さい高年齢層側にずれたこともＧＳＤの減少に寄与している．

V. 結　論

1974年の直接撮影および透視による遺伝有線量はそれぞれ11.1 (mrad/person/year) および5.4 (mrad/person/year) で，両者の合計で16.5 (mrad/person/year) であつた．この値は5年前の1969年の推定値（直接撮影）25.7 (mrad/person/year) に比べて35％の低減である．これは関係者一同の患者に対する被曝低減への努力によるものであると思われる．

しかし，なお低減の余裕はあるので今後共一層

の努力が望まれる．

本稿を終わるに当り，始終，貴重な御助言を下さった御園生圭輔所長に深甚の謝意を表と共に，データ整理や計算に御助力をいただいた田中和子嬢に深く感謝致します．

References

1) T. Hashizume, Y. Kato, T. Maruyama, A. Shiragai, S. Maruyama and M. Takizawa: Nippon Acta Radiol. 25 (1965), 192.
2) T. Hashizume, Y. Kato, T. Maruyama, Y. Kumamoto, A. Shiragai and A. Nishimura: Health Phys. 23 (1972), 837.
3) T. Hashizume, Y. Kato, T. Maruyama, A. Shiragai, S. Maruyama and S. Suzuki: Nippon Acta Radiol. 21 (1966), 1410.
4) T. Hashizume, T. Maruyama and Y. Kumamoto: Nippon Acta Radiol. Nippon Acta Radiol. 36, (1976), 47.
5) B. Markus: Strahlentherapie, 101 (1956), 111.
6) Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, General Assembly, Official Records, 13 session, Suppl. 17 (A/3838) New York (1958) and Suppl. 16 (A/5216), New York (1962).
7) Research Group on the Genetically Significant Dose by Medical Use of X-rays in Japan, Nippon Acta Radiol. 21 (1961), 565.
8) United Nations; Ionizing radiation: Levels and Effects. vol. a. New York (1972).
9) Vital Statistics 1973 Japan, Ministry of Health and Welfare, Japan (1974).