

ปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของประชากร (Genetic Dose)

5.1 การคำนวณหาปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของประชากร (Determination of the Genetic Dose to the Population)

ในบทที่ 1 ได้กล่าวไว้แล้วว่าการคำนวณหาปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของประชากร เนื่องจากการใช้รังสีเอกซ์วินิจฉัยโรคนั้น สิ่งสำคัญที่จะต้องทราบคือค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของมนุษย์ (Gonad dose) ขณะที่ได้รับการตรวจรักษา นอกจากนี้ยังต้องทราบเกี่ยวกับสถิติจำนวนคนไข้ที่ได้รับการตรวจวินิจฉัยโรคในแต่ละประเภท โดยแบ่งตามกลุ่มของอายุและเพศ จำนวนประชากรทั้งหมด และค่า Fertility indices สำหรับสูตรที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของประชากร¹ คือ

$$G = \frac{\sum_{ij} d_{ij} n_{ij} f_i}{\sum_i N_i f_i}$$

- ในเมื่อ
- i หมายถึงกลุ่มอายุที่แยกไว้ (ทั้งของคนไข้และประชากร)
 - j หมายถึงประเภทของการตรวจ
 - d_{ij} คือค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ (Gonad dose) ที่คนไข้ได้รับในกลุ่มอายุที่ i ประเภทการตรวจที่ j
 - N_i คือจำนวนประชากรในกลุ่มอายุที่ i ของประชากรทั้งหมด
 - f_i คือค่า fertility indices ในกลุ่มอายุที่ i
 - n_{ij} คือจำนวนคนไข้ในกลุ่มอายุที่ i ที่ได้รับการวินิจฉัยโรคประเภทที่ j

เนื่องจากเด็กที่เกิดได้รับยีนส์ (genes) จากทั้งพ่อและแม่ ดังนั้นปริมาณรังสีที่คำนวณ จึงต้องแยกเพศเป็นหญิงและชาย แล้วจึงนำมาบวกกัน

¹ Adrian Committee Report, op. cit., p. 82.

5.2 สถิติการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์ในประเทศไทย (Statistical survey of diagnostic X-ray examination in Thailand in 1970)

สำหรับสถิติการใช้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ จำนวนคนไข้ที่ผ่านการตรวจทางค่านรังสีเอกซ์โดยแยกตามกลุ่มอายุ, เพศ และประเภทการตรวจอาจสอบถามได้จากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งได้ทำการสำรวจไว้ ประเภทของการตรวจ (Type of examinations) โดยปกติจะแยกออกได้ประมาณ 21 ประเภท ดังตารางที่ (5 - 1) และ (5 - 2) ซึ่งได้คัดมาจากหนังสือของบริการป้องกันรังสี² กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เป็นตารางที่แสดงถึงจำนวนคนไข้ที่ผ่านการตรวจในแต่ละประเภท ตามกลุ่มอายุ และเพศ ในประเทศไทย ที่น่าสนใจที่สุดคือประเภทการตรวจที่อยู่ใกล้บริเวณระบบสืบพันธุ์ และมีจำนวนคนไข้มาก ตามตารางที่ (4 - 6) ดังกล่าวมาแล้ว และได้แสดงผลของการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของคนไข้ไว้

5.3 จำนวนประชากรและค่า Fertility indices ในประเทศไทย²

จำนวนประชากรในประเทศไทยในปี 1969 แยกตามกลุ่มอายุและเพศ ได้นำมาแสดงไว้ในตารางที่ (5 - 3) สำหรับค่า Fertility indices ของประชากรในประเทศไทยได้นำมาแสดงไว้ในตารางที่ (5 - 4) ซึ่งได้คัดมาจากหนังสือของบริการป้องกันรังสี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เช่นกัน

5.4 ตัวอย่างการคำนวณค่า Genetic dose

เมื่อได้ข้อมูลต่าง ๆ พร้อมแล้วก็อาจคำนวณหา Genetic dose ได้ดังนี้:-
เช่นในการถ่าย I.V.P. (Intravenous Pyelogram) ของผู้ใหญ่

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad G &= \frac{\sum_{ij} d_{ij} n_{ij} f_i}{\sum_i N_i f_i} \\ \sum_i N_i f_i &= 1.144 \times 10^8 \quad (\text{คำนวณจากตารางที่ 5-3} \\ &\quad \text{และ 5-4}) \end{aligned}$$

²Radiation Protection Service, Department of Medical Sciences.
A Report on Some Aspects of Radiation Protection and Population Exposure in Thailand, (Bangkok: 1970), pp.21, 23, 28-29.

TABLE 5-1

ANALYSIS OF NUMBERS AND TYPES OF DIAGNOSTIC X-RAY EXAMINATIONS BY AGE AND SEX OF PATIENT PERFORMED IN THAILAND

(a) MALES

No.	EXAMINATION TYPE	NO. OF PATIENTS IN AGE GROUPS																			
		0 - 14		15 - 19		20 - 24		25 - 29		30 - 34		35 - 39		40 - 44		45 - 49		50 +		TOTAL	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
1	HIP, UPPER FEMUR	3514	0.371	1991	0.210	2114	0.223	1711	0.181	1680	0.177	1462	0.154	560	0.059	840	0.089	1618	0.172	15490	1.636
2	PELVIS, LUMBAR SPINE LUMBO-SACRAL JOINT.	1214	0.128	1106	0.117	2401	0.254	1997	0.211	2239	0.237	1916	0.202	1836	0.194	1025	0.108	3319	0.350	17053	1.801
3	INTRAVENOUS PYELOGRAPHY (I.V.P) (including pre-injection film)	426	0.046	374	0.039	904	0.095	1153	0.122	1309	0.138	592	0.063	717	0.076	1091	0.115	2682	0.284	9258	0.973
4	RETROGRADE PYELOGRAPHY	10	0.001	22	0.002	38	0.004	60	0.006	80	0.009	100	0.010	80	0.009	70	0.007	55	0.006	515	0.054
5	PLAIN K.U.B (kidney, ureter, bladder) (not part of I.V.P)	7161	0.758	2288	0.242	4140	0.437	4662	0.492	4951	0.523	4691	0.495	4170	0.440	5038	0.532	11352	1.199	48473	5.118
6	HEAD, CERVICAL SPINE	2814	0.868	3932	0.415	5124	0.541	4013	0.424	3687	0.389	3850	0.407	3091	0.326	2359	0.249	3904	0.412	38174	4.031
7	THORACIC SPINE	203	0.021	203	0.021	432	0.046	356	0.038	305	0.032	559	0.060	381	0.040	254	0.027	305	0.032	2998	0.317
8	CHEST, HEART, LUNG	32853	3.459	12699	1.342	27425	2.897	27773	2.932	25073	2.647	25614	2.704	21750	2.296	19163	2.017	64856	6.847	257146	27.151
9	EYES, SPERMUM, SEQUELAE BENTON	1439	0.152	1470	0.155	1684	0.178	1224	0.128	1714	0.180	1255	0.133	1592	0.169	1163	0.123	1255	0.133	12796	1.351
10	ARMS, HANDS	9144	0.965	4453	0.470	5246	0.564	2904	0.307	3102	0.328	2079	0.220	1749	0.183	1787	0.186	1914	0.202	31980	3.377
11	LEGS, FEET	5543	0.586	4734	0.506	4756	0.502	3523	0.382	2605	0.275	2916	0.308	1755	0.185	1755	0.185	2774	0.293	30217	3.222
12	CHEST & HEART FLUOROSCOPY	645	0.068	333	0.035	493	0.052	401	0.042	401	0.042	513	0.054	424	0.045	379	0.040	1039	0.109	5128	0.541
13	UPPER GASTRO-INTESTINAL TRACT FLUOROSCOPY (barium swallow, meal)	409	0.043	626	0.066	1553	0.164	1416	0.150	1832	0.196	2043	0.216	2560	0.270	2372	0.250	4930	0.520	17761	1.875
14	LOWER GASTRO-INTESTINAL TRACT FLUOROSCOPY (barium enema)	318	0.034	116	0.012	203	0.021	284	0.031	145	0.015	321	0.034	579	0.061	521	0.055	1026	0.109	3788	0.400
15	ABDOMEN (spleen, liver etc.,)	3208	0.339	1604	0.169	1727	0.182	2004	0.212	1573	0.166	2220	0.234	1943	0.205	1258	0.133	5367	0.567	21404	2.260
16	OBSTETRIC ABDOMEN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	PELVIMETRY	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	SALPINGOGRAPHY	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	CHOLECYSTOGRAPHY	28	0.003	56	0.006	281	0.029	225	0.024	253	0.027	731	0.077	225	0.024	253	0.027	619	0.065	2671	0.282
20	DENTAL	1747	0.184	1810	0.191	2255	0.238	2192	0.231	4192	0.443	1493	0.158	1429	0.151	953	0.101	1207	0.127	17278	1.824
21	OTHER	2017	0.213	1787	0.189	2604	0.275	2196	0.232	2757	0.291	2221	0.234	1353	0.143	1762	0.186	715	0.075	17412	1.838
	TOTAL	78129	8.249	39658	4.187	63478	6.702	58199	6.145	57918	6.115	54776	5.784	46194	4.878	41983	4.433	109507	11.563	549842	58.056

* Based on total number of examinations for the year 1969, and analysis of individual examinations for the month of January 1970 (Excluding mass miniature chest examination).

TABLE 5-2

ANALYSIS OF NUMBERS AND TYPES OF DIAGNOSTIC X-RAY EXAMINATIONS BY AGE AND SEX OF PATIENT PERFORMED IN THAILAND*

(b) FEMALES

No.	EXAMINATION TYPE	NO. OF PATIENTS IN AGE GROUPS																			
		0 - 14		15 - 19		20 - 24		25 - 29		30 - 34		35 - 39		40 - 44		45 - 49		50 +		TOTAL	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
1	HIP, UPPER FEMUR	1804	0.191	684	0.072	902	0.095	560	0.059	560	0.059	591	0.062	435	0.046	280	0.030	1680	0.177	7496	0.791
2	PELVIS, LUMBAR SPINE LUMBO-SACRAL JOINT.	918	0.097	729	0.077	1187	0.125	1646	0.174	1565	0.165	1619	0.171	1322	0.140	1052	0.111	4182	0.441	14220	1.501
3	INTRAVENOUS PYELOGRAPHY (I.V.P) (including pro-injection film)	343	0.036	561	0.059	623	0.066	779	0.082	935	0.099	998	0.105	1029	0.109	748	0.079	2276	0.241	8292	0.876
4	RETROGRADE PYELOGRAPHY	5	0.001	7	0.001	18	0.002	35	0.004	65	0.007	100	0.011	90	0.009	80	0.008	70	0.007	470	0.050
5	PLAIN K.U.B (kidney, ureter, bladder) (not part of I.V.P)	2258	0.238	1477	0.156	2895	0.306	2693	0.284	2875	0.306	3272	0.345	2664	0.282	2577	0.272	6023	0.636	26754	2.825
6	HEAD, CERVICAL SPINE	5965	0.629	3199	0.338	3470	0.365	2250	0.238	2982	0.315	2530	0.273	1790	0.189	1844	0.195	3036	0.321	27166	2.858
7	DORSAL SPINE	51	0.005	152	0.016	330	0.035	229	0.024	280	0.030	305	0.032	203	0.021	305	0.032	432	0.046	2287	0.241
8	CHEST, HEART, LUNG	26182	2.764	12837	1.362	21837	2.308	19157	2.023	18723	1.977	16617	1.755	15105	1.594	13643	1.441	45848	4.840	190019	20.064
9	RIBS, STERNUM, SHOULDER REGION	582	0.062	1162	0.122	582	0.062	306	0.032	582	0.062	827	0.087	704	0.074	643	0.068	1337	0.141	7225	0.763
10	ARMS, HANDS	5776	0.610	1531	0.164	1663	0.177	1815	0.191	1155	0.122	1023	0.108	924	0.098	1155	0.122	2442	0.258	17524	1.850
11	LEGS, FEET	3256	0.344	1812	0.191	2123	0.224	2123	0.224	793	0.084	1047	0.111	1132	0.119	679	0.072	3086	0.326	16051	1.695
12	CHEST & HEART FLUOROSCOPY	446	0.047	201	0.021	223	0.024	357	0.038	446	0.047	156	0.016	250	0.026	290	0.031	560	0.059	2987	0.316
13	UPPER GASTRO-INTESTINAL TRACT FLUOROSCOPY (barium swallow, meal)	272	0.029	572	0.060	1062	0.112	1607	0.170	872	0.091	1335	0.141	1389	0.147	1335	0.141	3405	0.360	11849	1.251
14	LOWER GASTRO-INTESTINAL TRACT FLUOROSCOPY (barium enema)	231	0.024	145	0.015	174	0.018	174	0.018	318	0.034	203	0.021	463	0.049	463	0.049	1012	0.108	3183	0.336
15	ABDOMEN (spleen, liver etc.,)	3978	0.420	1542	0.163	2467	0.260	1881	0.199	1881	0.199	1881	0.199	1727	0.182	1480	0.156	3762	0.397	20599	2.175
16	OBSTETRIC ABDOMEN	—	—	160	0.017	373	0.040	644	0.068	510	0.053	188	0.020	268	0.028	54	0.006	188	0.020	2387	0.252
17	PELVIMETRY	—	—	238	0.025	476	0.050	208	0.022	387	0.040	178	0.019	—	—	—	—	—	—	1487	0.156
18	SALPINGOGRAPHY	—	—	—	—	44	0.005	44	0.005	111	0.011	177	0.019	177	0.019	22	0.002	22	0.002	597	0.063
19	CHOLECTSTOGRAPHY	—	—	28	0.003	197	0.021	197	0.021	394	0.042	422	0.044	394	0.042	478	0.050	788	0.083	2898	0.306
20	DENTAL	1937	0.205	3398	0.359	3462	0.366	4796	0.506	2890	0.305	2382	0.252	1055	0.111	500	0.053	1493	0.157	21913	2.314
21	OTHER	1583	0.167	1149	0.121	1634	0.173	1532	0.162	1710	0.181	1021	0.108	1098	0.116	1123	0.118	996	0.105	11846	1.251
	TOTAL	55587	5.869	31654	3.342	45784	4.834	43033	4.544	40054	4.229	36972	3.904	32259	3.406	28731	3.036	83158	8.780	397232	41.944

* Based on total number of examinations for the year 1969, and analysis of individual examinations for the month of January 1970 (Excluding mass miniature chest examination).

ตารางที่ 5 - 3

แสดงจำนวนประชากรในประเทศไทยในปี 1969 แยกตามกลุ่มอายุและเพศ

Age Group (years)	Number of Persons (Millions)		
	Male	Female	Total
0 - 14	7.56	7.43	14.99
15 - 19	1.67	1.63	3.30
20 - 24	1.60	1.60	3.20
25 - 29	1.35	1.39	2.74
30 - 34	1.18	1.15	2.33
35 - 39	0.90	0.90	1.80
40 - 44	0.76	0.73	1.49
45 - 49	0.66	0.62	1.28
50 +	1.70	1.84	3.54
All ages	17.38	17.29	34.67

ตารางที่ 5-4

แสดงค่า Fertility indices ของประชากรในประเทศไทยตามกลุ่มอายุต่าง ๆ

Age Group (years)	Fertility Indices	
	Male	Female
0 - 14	4.58	4.93
15 - 19	4.53	4.65
20 - 24	4.18	3.73
25 - 29	3.34	2.61
30 - 34	2.29	1.55
35 - 39	1.42	0.61
40 - 44	0.76	0.15
45 - 49	0.30	0.01
50 +	0.03	0.00

$$\sum_{ij} n_{ij} f_i = 1.412 \times 10^4 \quad (\text{ค่านวมจากตารางที่ 5-1 และ 5-4})$$

$$d = 1.736 \times 10^3 \text{ mR} \quad (\text{จากตารางที่ 4-6})$$

$$\therefore G = 0.21 \quad "$$

ค่าที่คำนวณได้เป็นค่า Genetic dose ของการฉาย I.V.P. ของเพศชายผู้ใหญ่ เท่านั้น ในการหา Genetic dose ของประชากรเนื่องจากการใช้รังสีเอกซ์วินิจฉัยโรค จะต้องทำการคำนวณหาทุกประเภทของการตรวจ ทั้งเพศหญิงและเพศชาย แล้วนำมารวมกันจึงจะเป็นค่า Genetic dose ที่แท้จริง

5.5 ผลของการคำนวณหา Genetic dose

ผลของการคำนวณค่า Genetic dose จากประเภทการวินิจฉัยโรคทั้ง 10 ประเภท ให้นำเสนอในตารางที่ 5-5 โดยถือว่าค่าเฉลี่ยของ Gonad dose ที่วัดได้ในตารางที่ 4-6 เป็นค่าเฉลี่ยที่วัดได้ในประเทศไทย และถ้าหากคิดค่า Genetic dose ของประชากรในประเทศไทยสืบเนื่องจากการใช้รังสีเอกซ์วินิจฉัยทั้ง 10 ประเภทนี้แล้วก็จะได้ว่าผลรวมของ Genetic dose ในแต่ละประเภทเป็นค่า Genetically Significant dose ของประชากรในประเทศไทย ผลรวมของ Genetic dose ที่ได้นี้มีหน่วยเป็น mR/person/year ส่วนตารางที่ 5-6 เป็นการแสดงค่า Genetic dose ของประชากรในประเทศอังกฤษและประเทศนิวซีแลนด์ ในประเภทเดียวกันเพื่อเป็นการเปรียบเทียบค่า Genetic dose ที่คำนวณได้ในประเทศไทย

5.6 ผลการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของประชากรในประเทศต่าง ๆ (Genetically Significant Dose from Diagnostic Radiology in Various Countries)

ดังที่กล่าวมาแล้วว่า ในต่างประเทศได้ทำการวัด Genetic dose เนื่องจากการใช้รังสีเอกซ์วินิจฉัยไว้บ้างแล้ว ซึ่งผลของการวัดเท่าที่รวบรวมได้นำมาเสนอในตารางที่ (5-7) เป็นการเปรียบเทียบผลของ Genetic dose ในแต่ละประเทศ สำหรับผลของ Genetic dose ในตารางที่ 5-6 ของประเทศอังกฤษและนิวซีแลนด์นั้นได้คัดมาเฉพาะของ Male และ Female เท่านั้น ไม่รวมค่า Genetic dose ของ Foetal ส่วนค่า Foetal genetic dose ในประเทศไทยมิได้ทำการคำนวณไว้เนื่องจากการใช้รังสีเอกซ์วินิจฉัยโรคในสตรีที่มีครรภ์มีปริมาณน้อย

ตารางที่ 5-5

แสดงค่า Genetic dose เนื่องจากการใช้รังสีเอกซ์วินิจฉัยโรค
(Genetic Dose in Milliroentgens per person per year)

Type of Examination	Male		Female		Total	Standard error
	Child	Adult	Child	Adult		
1. Hip, Upper Femur	0.01	0.94	(-)	0.02	0.97	0.47
2. Pelvis, Lumbar Spine, Lumbo-sacral Joint	0.01	0.31	0.01	0.06	0.39	0.06
3. Intravenous Pyelogram	0.01	0.22	0.01	0.08	0.32	0.03
4. Plain K.U.B.	0.02	0.26	(-)	0.05	0.33	0.06
5. Chest, Heart, Lung	0.01	(-)	0.02	(-)	0.03	(-)
6. Barium meal	(-)	0.04	(-)	0.01	0.05	0.02
7. Barium enema	(-)	0.01	0.01	0.02	0.04	0.01
8. Abdomen	0.01	0.06	0.01	0.03	0.11	0.03
9. Obsteric abdomen	-	-	-	0.03	0.03	0.01
10. Pelivimetry	-	-	-	0.02	0.02	(-)
Total	0.07	1.84	0.06	0.32	2.29	0.69

หมายเหตุ - เครื่องหมาย (-) แสดงว่ามีค่าน้อยกว่า 0.005 mR.

ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) นั้น
ได้คำนวณจากที่ปรากฏในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 5-6

แสดงค่า Genetic dose เนื่องจากการใช้รังสีเอกซ์วินิจฉัยโรค
ในประเทศอังกฤษและนิวซีแลนด์
(Genetic doses in mR per person
from Medical Diagnostic Radiology)

Type of Examination	England ³ (1960)				New Zealand ⁴ (1965)			
	Male	Female	Total	S.E.	Male	Female	Total	S.E.
1. Hip, Upper Femur	1.33	0.14	1.47	0.19	0.40	0.06	0.46	0.11
2. Pelvis, Lumbar Spine, Lumbo-Sacral Joint.	1.72	1.18	2.90	0.26	1.70	1.16	2.86	0.57
3. Intravenous Pyelogram	0.82	0.63	1.45	0.11	1.11	0.62	1.73	0.28
4. Plain K.U.B.	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Chest, Heart, Lung	0.14	0.29	0.43	0.05	0.01	0.01	0.02	0.01
6. Barium meal	0.11	0.36	0.47	0.09	0.05	0.35	0.40	0.05
7. Barium enema	0.03	0.11	0.14	0.03	0.13	0.83	0.96	0.20
8. Abdomen	0.22	0.32	0.54	0.06	0.75	0.32	1.07	0.45
9. Obstetric abdomen	-	1.12	1.12	0.20	-	0.67	0.67	0.19
10. Pelvimetry	-	0.55	0.55	0.09	-	0.33	0.33	0.08
Total	4.37	4.70	9.07	1.08	4.15	4.35	8.50	1.94

³Adrian Committee Report, op. cit., p. 85.

⁴Williamson and M^CEwan, op. cit., p. 17.

แสดงผลการวัด Genetically Significant Dose ในประเทศต่าง ๆ

Name of the country	Total Annual Genetically Significant Dose (mR)	Annual number of X-ray Examination per person of the population
Argentina (Buenos Aires)	37.0	0.270
Denmark	27.5	0.260
Federal Republic of Germany (Hamburg)	17.7	0.560.
France	58.2	0.150
India (Bombay)	18.3	0.085
Italy (Rome)	43.4	0.500
Japan	39.0	0.410
Netherland (Liden)	6.8	0.350
New Zealand	12.0	0.370
Norway	10.0	0.390
Sweden	37.8	0.290
Switzerland	22.3	0.310
United Arab Republic		
Alexandria	7.0	0.036
Cairo	7.0	0.040
United Kingdom	14.1	0.280
United States	50.0	0.250
Thailand* (This work)	2.3	0.028

⁵S.J. Supe, R.V. Dhond, Masood Ahmad, P.S. Viswanathan, and S.M. Rao, The Genetically Significant Dose to the Population of Greater Bombay Resulting from Diagnostic X-ray Procedures (Bombay: 1968), pp. 9.