

BONE MARROW AND GONADAL DOSE IN ROENTGENOGRAPHY EXCLUDING POSTEROANTERIOR CHEST EXAMINATIONS

HIROSHIMA AND NAGASAKI

背腹方向胸部X線検査以外のX線検査による骨髄および生殖腺線量

広島 - 長崎

SHIGETOSHI ANTOKU, Ph.D. 安徳重敏

HARUMA YOSHINAGA, Ph.D. 吉永春馬

WALTER J. RUSSELL, M.D.



ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION

国立予防衛生研究所 - 原爆傷害調査委員会

JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH OF THE MINISTRY OF HEALTH AND WELFARE

TECHNICAL REPORT SERIES

業 績 報 告 書 集

The ABCC Technical Reports provide the official bilingual statements required to meet the needs of Japanese and American staff members, consultants, advisory councils, and affiliated government and private organizations. The Technical Report Series is in no way intended to supplant regular journal publication.

ABCC 業績報告書は、ABCC の日本人および米人専門職員、顧問、評議会、政府ならびに民間の関係諸団体の要求に応じるための日英両語による記録である。業績報告書集は決して通例の誌上発表に代るものではない。

Approved 承認 25 January 1968

Research Project 研究課題 3-66

BONE MARROW AND GONADAL DOSE IN ROENTGENOGRAPHY EXCLUDING POSTEROANTERIOR CHEST EXAMINATIONS

HIROSHIMA AND NAGASAKI

背腹方向胸部X線検査以外のX線検査による骨髄および生殖腺線量
広島 - 長崎

SHIGETOSHI ANTOKU, Ph.D.* 安徳重敏

HARUMA YOSHINAGA, Ph.D.** 吉永春馬

WALTER J. RUSSELL, M.D.

Department of Radiology

放射線部



ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION
HIROSHIMA AND NAGASAKI, JAPAN

A Cooperative Research Agency of

U.S.A. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES - NATIONAL RESEARCH COUNCIL

and

JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH OF THE MINISTRY OF HEALTH AND WELFARE

with funds provided by

U.S.A. ATOMIC ENERGY COMMISSION

JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH

U.S.A. PUBLIC HEALTH SERVICE

原 爆 傷 害 調 査 委 員 会

広島および長崎

米 国 学 士 院 - 学 術 会 議 と 厚 生 省 国 立 予 防 衛 生 研 究 所

と の 日 米 共 同 調 査 研 究 機 関

米 国 原 子 力 委 員 会, 厚 生 省 国 立 予 防 衛 生 研 究 所 お よ び 米 国 公 衆 衛 生 局 の 研 究 費 に よ る

* Research Institute for Nuclear Medicine and Biology, Hiroshima University; Visiting Research Associate, ABCC

広島大学原爆放射能医学研究所, ABCC 客員研究員

** Faculty of Medicine, Kyushu University; Senior Consultant to ABCC

九州大学医学部, ABCC 顧問

ACKNOWLEDGMENT

感謝のことば

The authors are indebted to Dr. Kenji Takeshita, professor, Department of Radiation Biology, Research Institute for Nuclear Medicine and Biology, Hiroshima University, for his helpful suggestions throughout this study. The special efforts of Mr. Masayoshi Mizuno and Mr. Yasuo Suga for their technical assistance are deeply appreciated.

著者らは、本調査を遂行するに当たり有益な助言を賜った広島大学原爆放射能医学研究所障害基礎研究部門竹下健児教授に対して謝意を表する。また、技術面で尽力された水野正義氏と菅和夫氏に対しても深く感謝する。

CONTENTS

目 次

Introduction	緒 言	1
Materials and Method	材料および方法	2
Results and Discussion	結果および考察	3
Summary	要 約	6
References	参考文献	7

Table 表	1. Mean bone marrow integral and gonadal dose per exposure for X-ray examinations X線検査別照射当たりの骨髄積算および生殖腺平均線量	4
	2. Mean bone marrow integral and gonadal dose with standard deviation for X-ray examinations X線検査別の骨髄積算および生殖腺平均線量と標準偏差	5
	3. Mean bone marrow integral and gonadal dose per X-ray examinations X線検査別の骨髄積算および生殖腺平均線量	5

Figure 図	1. Entire Mix-D phantom containing skeleton 骨格を含んだMix-D人体ファントム	2
-------------	---	---

BONE MARROW AND GONADAL DOSE IN ROENTGENOGRAPHY EXCLUDING POSTEROANTERIOR CHEST EXAMINATIONS

HIROSHIMA AND NAGASAKI

背腹方向胸部X線検査以外のX線検査による骨髄および生殖腺線量

広島 - 長崎

INTRODUCTION

A program in medical X-ray dosimetry is in progress at ABCC to assess relative contribution of this source to the overall exposure of atomic bomb survivors and comparison subjects. The ABCC-JNIH Adult Health Study¹ is the focus for this program.

Bone marrow and gonadal doses from diagnostic procedures have been reported for examinations performed within certain parameters of exposure.^{2,3} Doses can be determined in institutions employing technical factors within these confines.

We had little knowledge of factors of exposure used in hospitals and clinics in Hiroshima and Nagasaki, and it was not proper to apply the dose data of others^{2,3} to these procedures. We therefore surveyed Adult Health Study subjects⁴⁻⁶ and the hospitals and clinics^{7,8} at which they reported exposure, and by phantom dosimetry calculated individual bone marrow and gonadal doses to these subjects.^{9,10}

In addition to trends of exposure of participating subjects,⁴⁻⁶ characteristics of radiologic practice have been evaluated by surveys of all large and randomly sampled relatively small institutions in Hiroshima and Nagasaki,¹¹ and in a large general hospital in Hiroshima.¹²

Procedures in these surveys of subjects and institutions were similar to those of other investigators,^{13,14} and equipment and methods used in other studies^{2,3} have been adopted in our program. Rather than with large population doses, these studies have dealt mainly with doses to individuals participating in the Adult Health Study.¹ To fulfill these purposes, two series of subject surveys, hospital and clinic surveys and phantom dosimetry were completed in 1964, and in 1966.⁵⁻¹⁰ This is a report of part of the dosimetry in the latter series, the remainder being published separately.¹⁰

緒言

ABCCでは被爆者群とその対照群が受ける放射線被曝総線量に、医療用X線が相対的にどの程度寄与しているかを評価するため、医療用X線線量測定調査を継続実施している。本調査の中核はABCC-予研成人健康調査¹である。

一定の照射条件のもとで行なわれた診断用X線検査による骨髄線量および生殖腺線量についてはすでに報告されている。^{2,3} これらの条件のもとで照射を行なう病院ではその線量を決定することができる。

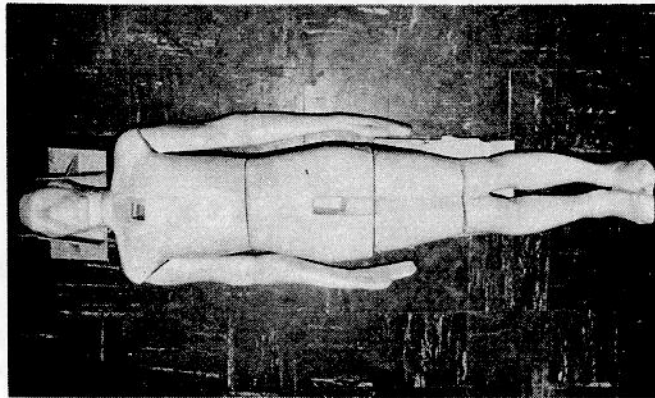
広島・長崎両市の病・医院が行なう検査の照射条件についてほとんど知見がなかったため、他の線量資料^{2,3}をこれらの検査に適用することは適当ではなかった。そこで著者らは、成人健康調査対象者^{4,5,6}とこれらの対象者がX線照射を受けた病・医院^{7,8}を調査し、これらの対象者が受けた個人骨髄および生殖腺線量をファントムによる線量測定から計算した。^{9,10}

これらの対象者の受けた照射の傾向^{4,5,6}のほかに、放射線診療活動の特徴については、広島・長崎両市のすべての大きな病院と、無作為に抽出した比較的小さい病・医院についての調査¹¹さらに広島のある大きな総合病院についての調査¹²とによって評価した。

対象者および病・医院に関する調査で用いられた方法は他の研究者の用いた方法^{13,14}と近似しており、他の研究で用いられた装置と方法^{2,3}を本調査にも準用した。これらの調査は大きな集団の線量を決定するものではなく、主として成人健康調査¹対象者個人個人の受けた線量を調査することにあつた。これらの目的を達成するためにABCCでは、対象者調査、病・医院調査およびファントムによる線量測定を2回行ない、それぞれ1964年および1966年⁵⁻¹⁰に完了した。この報告書は2回目の線量測定の一部について報告したものであり、残りの部分については別に報告した。¹⁰

FIGURE 1 ENTIRE MIX-D PHANTOM CONTAINING SKELETON

図1 骨格を含んだMix-D人体ファントム



MATERIALS AND METHOD

Phantom Materials A Mix-D phantom containing a human skeleton, beeswax-impregnated cellulose to represent lung tissue, and accommodating small ionization chambers within marrow cavities and at gonad positions was used according to the method of Laughlin et al¹⁵ (Figure 1). Thirteen sites were used for bone marrow dose measurements and three for gonadal dose as follows:

Bone Marrow Dose

- 1 Vertex of skull
- 2 Fourth cervical vertebral body
- 3, 4 Both sixth ribs laterally
- 5 Sixth thoracic vertebral body
- 6 Sternum (manubrium)
- 7 Twelfth thoracic vertebral body
- 8 Fifth lumbar vertebral body
- 9, 10 Both iliac crests
- 11, 12 Both femoral necks
- 13 Pubic symphysis

Gonadal Dose

- 1, 2 Both ovaries
- 3 Testes

材料および方法

ファントム Laughlin らの方法¹⁵に従い、人間の骨格と、肺組織に相当する密蝋渗透セルローズを含み、骨髓腔と生殖腺の位置に小さい電離箱を挿入できるMix-Dファントムを利用した(図1)。次に示すとおり、骨髓線量測定には13部位、生殖腺線量測定には3部位を用いた。

骨髓線量

- 1 頭蓋骨頂
- 2 第4頸椎
- 3, 4 左右第6肋骨の側部
- 5 第6胸椎
- 6 胸骨柄
- 7 第12胸椎
- 8 第5腰椎
- 9, 10 左右腸骨稜
- 11, 12 左右大腿骨頸
- 13 恥骨結合

生殖腺線量

- 1, 2 左右卵巣
- 3 睾丸

Plain Mix-D block phantoms were used in depth dose measurements inside the X-ray beam, and to measure dose by scattered radiation.

Dosimeters Memorial polystyrene ionization chambers^{16,17} were used with a Baldwin-Farmer type RB electrometer, to measure bone marrow and gonadal dose. An Electronic Instrument Limited dose meter, model 37 A,¹⁸ equipped with a 35 cc polystyrene ionization chamber¹⁹ was used to measure surface dose and monitor X-ray output.

Radiographic Unit A General Electric diagnostic radiographic unit (130 kvp, 500 ma) with full-wave rectification was used to expose the phantom. A detailed description of other dosimetry equipment used has been reported elsewhere.²⁰

Experimental Procedure Experimental conditions and procedures used here were similar to those in a study of posteroanterior chest exposures.¹⁰ There was variation in focal-film distance in these exposures, but 100 cm was most often used. Kvp and other factors also varied. Kvp, filtration, cone and field-sizes used in exposures of these subjects were reproduced by exposure of the phantom. Depth dose and dose from scattered radiation was assessed using a Mix-D block phantom as in the previous study.¹⁰ Procedure for calculating doses inside and outside the direct beam was essentially the same as in the previous study.¹⁰ Bone marrow integral dose was calculated according to a lattice, details of which are published elsewhere.²¹ To minimize discrepancies between the output and nominal voltages, and that of the experimental unit, practically all X-ray apparatus represented in this study was assessed for output and radiation quality.²²

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows mean bone marrow integral doses in gram-rad and male and female gonadal doses in millirad per exposure, by body site and projection. Table 2 shows bone marrow integral and gonadal dose with standard deviation, for five of the body sites examined. Other body sites are not included because of their relatively small number. Data for Hiroshima and Nagasaki are combined in Tables 1 and 2 because Nagasaki exposures and examinations were relatively few compared to those of Hiroshima.

Table 3 shows bone marrow integral and gonadal dose per examination, and the number of exposures per examination, for each projection. Exposure parameters shown were obtained from a previous study.⁸

Technical factors used in the exposures of the subjects represented in this study varied widely,

直接線の深部線量と散乱線による線量の測定には無骨 Mix-D ブロックファントムを使用した。

線量計 骨髓および生殖腺線量の測定には Memorial ポリスチレン電離槽^{16,17} と Baldwin - Farmer RB 型電流計とを用いた。35ccポリスチレン電離槽¹⁹ を有する Electronic Instrument Limited 製 37A 型線量計¹⁸ によって表面線量と X 線出力を測定した。

X線装置 General Electric 製診断用 X 線装置, 130 kvp, 500 ma, 全波整流, をファントムの照射に使用した。本調査で使用した他の線量測定装置の詳細については別に報告されている。²⁰

実験方法 本調査で用いた実験条件および実験方法は背腹方向胸部 X 線検査の調査に用いたものとほとんど同じである。¹⁰ 照射は種々の焦点フィルム間距離で行なわれたが, 100 cm が最も多く使用された。Kvp や他の条件も変えて実験を行なった。本調査対象者を照射する際に用いられた kvp, 濾過板, 照射筒および照射野をファントム照射の際に再現した。深部線量と散乱線による線量はさきに行なった調査¹⁰ と同様に Mix-D ブロックファントムを使って測定した。線錐内および線錐外の線量の計算は, さきの調査¹⁰ と本質的に同じ方法で行なった。骨髓積算線量は格子系によって計算したが, その方法の詳細については別に発表した。²¹ 本研究の対象となったほとんどすべての X 線装置については, その出力と線質とを評価して, それらの装置と実験に使用した装置の出力および電圧の違いを少なくするようにした。²²

結果および考察

表 1 は撮影部位および撮影方向別に 1 照射当たりの平均骨髓積算線量 (g-rad 単位) と, 男女の生殖腺線量 (m-rad 単位) を示したものである。表 2 に, 検査した部位のうち 5 つの部位について, 骨髓積算線量と生殖腺線量を標準偏差値とともに示した。他の部位については検査件数が比較的少ないので省略した。長崎における X 線照射回数および検査件数は広島に比べて比較的少ないので, 表 1 と表 2 には広島と長崎の資料を合計して示した。

表 3 は, 1 回の検査当たりの骨髓積算線量と生殖腺線量, および各撮影方向別について, 1 検査当たりの照射回数を示したものである。表示した照射条件についてはさきに行なった調査から資料を得た。⁸

本調査の対象者の照射に用いられた技術的条件は著しく異なっており, 表 2 に示した標準偏差値も比較的大きく

TABLE 1 MEAN BONE MARROW INTEGRAL AND GONADAL DOSE PER EXPOSURE FOR X-RAY EXAMINATIONS OF ABCC-J NIH ADULT HEALTH STUDY SUBJECTS (EXCLUDING POSTEROANTERIOR CHEST)

表1 成人健康調査対象者における背腹方向胸部X線以外のX線検査別照射当たりの
骨髓積算線量および生殖腺平均線量

Examination 検査部位	Projection 撮影方向	Exposure 照射回数		Bone Marrow Integral Dose 骨髓積算線量	Gonadal Dose 生殖腺線量	
		Male 男	Female 女		Male 男	Female 女
				g-rad	mrad	
Skull 頭蓋骨	PA 背腹方向	3	2	12.7	<.01	<.01
	AP 腹背方向	1	1	10.5	<.01	<.01
	Lat 側方向	4	3	22.5	<.01	<.01
Ventriculography 脳室撮影	PA 背腹方向	1		43.4	<.01	-
	AP 腹背方向	1		28.3	<.01	-
	Lat 側方向	2		14.2	<.01	-
Sinuses 副鼻腔	PA 背腹方向	3	6	7.90	<.01	<.01
	PA obl 背腹斜方向	-	2	9.86	-	<.01
	Lat 側方向	1	-	6.71	<.01	-
C-spine 頸椎	AP 腹背方向	3	2	10.7	<.01	<.01
	Lat 側方向	1	2	13.2	<.01	<.01
Shoulder 肩部	AP 腹背方向	7	5	4.77	<.01	.34
	AP obl 腹背斜方向	-	2	8.72	-	9.39
Rib 肋骨	PA, PA obl 背腹方向, 背腹斜方向	3	1	41.9	.60	.03
	AP 腹背方向	-	1	58.3	-	7.44
	PA obl 背腹斜方向	-	6	9.07	-	0.47
Chest 胸部	Lat 側方向	4	6	16.9	<.01	2.92
	AP 腹背方向	59	56	13.9	0.15	0.25
Chest tomography 胸部断層撮影	AP, AP obl 腹背方向, 腹背斜方向	3	7	11.9	.46	1.58
	Lat 側方向	1	5	51.5	.01	0.34
T-spine 胸椎	PA, PA obl 背腹方向, 背腹斜方向	28	51	11.9	2.77	5.93
	AP 腹背方向	9	23	45.4	8.55	144
Gall bladder 胆嚢	AP 腹背方向	23	30	39.8	12.1	127
	AP obl 腹背斜方向	12	6	43.0	8.17	126
	Lat 側方向	24	30	71.4	7.81	73.3
	AP 腹背方向	5	16	34.0	11.9	123
Abdomen 腹部	Lat 側方向	-	1	52.8	-	52.8
	AP 腹背方向	-	2	31.0	-	310
Myelography 脊髓造影撮影	Lat 側方向	-	1	8.71	-	38.0
	AP 腹背方向	5	8	47.1	98.6	144
Pelvis 骨盤	Lat 側方向	-	5	22.0	-	46.7
	AP, Lat 腹背方向, 側方向	20	15	<1	.25	0.07
Knee joint 膝関節	AP, Lat 腹背方向, 側方向	25	32	<1	<.01	<.01
	Other (Elbow joint, leg, hand & wrist, etc.)					
その他(肘関節, 脚部, 手, 手首, その他)						

Mean values for left & right ovarian doses are used for lateral projections. 左右卵巣の平均線量は側方向撮影に対するものである。

< undetectable < 測定不可能

PA = Posteroanterior. AP = Anteroposterior. Lat = Lateral. Obl = Oblique.

TABLE 2 MEAN BONE MARROW INTEGRAL AND GONADAL DOSE WITH STANDARD DEVIATION FOR X-RAY EXAMINATIONS OF ADULT HEALTH STUDY SUBJECTS, HIROSHIMA AND NAGASAKI HOSPITALS

表2 広島および長崎の病院において成人健康調査対象者が受けたX線検査別の骨髄積算および生殖腺平均線量と標準偏差

Examination 検査部位	Projection 撮影方向	Exposure 照射回数		Bone Marrow Integral Dose 骨髄積算線量 (M±σ) (平均値±σ)	Gonadal Dose (M±σ) 生殖腺線量 (平均値±σ)			
		Male 男	Female 女		Male 男		Female 女	
					g-rad		mrad	
Gall bladder 胆嚢	PA, PA obl 背腹方向, 背腹斜方向	28	51	11.9 ± 10.5	2.77 ± 4.40		5.93 ± 5.12	
IVP 静脈性腎盂撮影	AP 腹背方向	9	23	45.4 ± 35.7	8.55 ± 18.1		144 ± 45.2	
L-spine 腰椎	AP 腹背方向	23	30	39.8 ± 29.2	12.1 ± 14.9		127 ± 52.9	
	AP obl 腹背斜方向	12	6	43.0 ± 27.2	8.17 ± 5.37		126 ± 84.4	
	Lat 側方向	24	30	71.4 ± 51.7	7.81 ± 21.2		73.3 ± 51.4	
Abdomen 腹部	AP 腹背方向	5	16	34.0 ± 23.2	11.9 ± 21.9		123 ± 83.0	
Pelvis 骨盤	AP 腹背方向	5	8	47.1 ± 33.9	98.6 ± 116		144 ± 86.8	

TABLE 3 MEAN BONE MARROW INTEGRAL AND GONADAL DOSE PER X-RAY EXAMINATION OF ADULT HEALTH STUDY SUBJECTS, HIROSHIMA AND NAGASAKI HOSPITALS

表3 広島および長崎の病院において成人健康調査対象者が受けたX線検査別の骨髄積算および生殖腺平均線量

Examination 検査部位	Number 検査件数	Projection/Examination 撮影方向別の照射回数	Bone Marrow Integral Dose 骨髄積算線量	Gonadal Dose 生殖腺線量			
				Male 男		Female 女	
				g-rad		mrad	
Skull 頭蓋骨	5	PA 背腹方向	0.8	41.4	< .01	< .01	
		AP 腹背方向	0.4				
		Lat 側方向	1.2				
Ventriculography 脳室撮影	1	PA 背腹方向	1.0	100	< .01	< .01	
		AP 腹背方向	1.0				
		Lat 側方向	2.0				
Sinuses 副鼻腔	10	PA, PA obl 背腹方向, 背腹斜方向	1.3	10.9	< .01	< .01	
C-spine 頸椎	3	AP 腹背方向	1.7	30.2	< .01	< .01	
		Lat 側方向	1.0				
Shoulder 肩部	10	AP, AP obl 腹背方向, 腹背斜方向	1.1	5.65	.01	1.86	
Rib 肋骨	5	PA, PA obl 背腹方向, 背腹斜方向	0.8	45.2	.60	3.74	
		AP 腹背方向	0.2				
Chest 胸部	360	PA, PA obl 背腹方向, 背腹斜方向	1.1	5.00	.16	.61	
		Lat 側方向	0.02				
Chest tomography 胸部断層撮影	22	AP 腹背方向	4.6	64.5	.69	1.13	
T-spine 胸椎	9	AP, AP obl 腹背方向, 腹背斜方向	1.1	53.3	.46	2.13	
		Lat 側方向	0.8				
Gall bladder 胆嚢	28	PA, PA obl 背腹方向, 背腹斜方向	2.5	30.3	7.39	14.3	
IVP 静脈性腎盂撮影	9	AP 腹背方向	2.6	116.0	15.3	505	
L-spine 腰椎	40	AP, AP obl 腹背方向, 腹背斜方向	1.4	134	25.9	234	
		Lat 側方向	1.1				
Abdomen 腹部	13	AP 腹背方向	1.2	39.2	11.9	150	
Pelvis 骨盤	8	AP 腹背方向	1.1	66.7	98.6	239	
		Lat 側方向	0.6				
Knee joint 膝関節	10	AP 腹背方向	2.0	< 1	0.50	0.12	
		Lat 側方向					

and the standard deviations shown in Table 2 were relatively large. Results obtained in this study are at variance with those obtained by other investigators,³ though some of them are of the same order.

Gonadal doses in this study were generally lower than those of Heller, et al²³ and the Adrian Committee,¹³ but those were studies of large populations. Gonadal doses in this study were similar to those of Epp et al,³ who used similar methods and apparatus. Depth doses in some previously reported studies were obtained from surface doses. Methods and instrumentation may be partially responsible for all of these differences. Variations in body build and their relation to field sizes may also be contributing factors.

These doses per exposure and per examination, and those obtained in other studies^{9,10} will help assess total medical X-ray dose to Adult Health Study subjects. All of these dosimetry studies and surveys assessing radiologic practice¹¹ will be used to estimate dose to Adult Health Study subjects for periods when no dosimetry studies were conducted. All of these studies may prove useful in further examinations of dose to the populations of Hiroshima and Nagasaki.

SUMMARY

Bone marrow and gonadal doses were measured for all examinations other than posteroanterior chest roentgenography received by Adult Health Study subjects in Hiroshima and Nagasaki hospitals and clinics. Results of this study will be used to determine total exposure of these subjects to medical X-ray. These results, combined with those of other studies, will also be useful in future estimates of dose to the populations of Hiroshima and Nagasaki.

った。この調査で得られた結果は他の研究者による結果³と似ているものもあったが、一般に若干異なっていた。

本調査で得られた生殖腺線量は Heller ら²³ および Adrian 委員会¹³ による生殖腺線量に比べて概して低い、これらは大きな集団を対象とした調査であった。本調査で得られた生殖腺線量は、同じような方法と装置によって得られた Epp ら³ の値とほぼ同じであった。これまでに報告されている研究の中には、深部線量が表面線量に基づいて計算されたものもある。これら差異は方法や装置の違いによるかもしれない。さらに体格の相違や照射野との関係も上記の差異の要因となっているかもしれない。

本調査で得られた照射および検査当たりの線量と、他の調査で得られた線量は、^{9,10} 成人健康調査対象者が受けた医療用X線被曝総線量を評価する上に役立つものである。これらの線量測定調査および放射線診療活動¹¹ を評価するために行なわれた調査は、成人健康調査対象者が線量測定調査の行なわれていなかった時期に受けた線量を評価する際に用いる。これらすべての調査は広島と長崎の一般市民が受けた線量を将来調査する上に有益であろう。

要 約

広島および長崎の病・医院において、成人健康調査対象者が受けた背腹方向胸部X線検査以外のすべてのX線検査による骨髄および生殖腺線量を測定した。本調査の成績は、これら対象者が受けた医療用X線被曝総線量を決定する際の資料として用いる。この成績は、その他の調査成績と相まって、広島および長崎の一般市民が受けた被曝線量を、将来推定する際にも有益であろう。

REFERENCES

参考文献

1. Research plan for joint ABCC-JNIH Adult Health Study in Hiroshima and Nagasaki. ABCC TR 11-62
(広島および長崎におけるABCCと国立予防衛生研究所が共同で実施する成人健康調査に関する研究企画書)
2. EPPER, WEISS H, LAUGHLIN JS: Measurement of bone marrow and gonadal dose from the chest X-ray examinations as a function of field size, field alignment, tube kilovoltage and added filtration. Brit J Radiol. 34:85-100, 1961
(照射野面積, その配列, 管電圧および付加濾過板の関数としてみた胸部X線検査における骨髓線量および生殖腺線量の測定)
3. EPPER, HESLIN JM, et al: Measurement of bone marrow and gonadal dose from X-ray examinations of the pelvis, hip and spine as a function of field size, tube kilovoltage and added filtration. Brit J Radiol. 36:247-65, 1963
(照射野面積, 管電圧および付加濾過板の関数としてみた骨盤, 股関節および脊椎X線検査による骨髓線量および生殖腺線量の測定)
4. ISHIMARU T, RUSSELL WJ: ABCC-JNIH Adult Health Study Hiroshima and Nagasaki 1961. Exposure to medical X-ray - preliminary survey. ABCC TR 7-62
(ABCC - 予研成人健康調査, 広島, 長崎, 1961年. 医療用X線照射に関する予備調査)
5. RUSSELL WJ, ISHIMARU T, IHNO Y: ABCC-JNIH Adult Health Study Hiroshima and Nagasaki July-November 1962. Exposure to medical X-ray survey of subject. ABCC TR 9-63
(ABCC - 予研成人健康調査, 広島, 長崎. 1962年7月-11月. 診断用X線照射, 対象者の調査)
6. SAWADA S, WAKABAYASHI T, et al: Survey of subjects February 1964-January 1965; exposure to medical X-ray, community hospitals and clinics, Hiroshima and Nagasaki. ABCC TR 24-67
(対象者の調査, 1964年2月-1965年1月. 広島, 長崎の病・医院における医療用X線照射)
7. IHNO Y, RUSSELL WJ, ISHIMARU T: ABCC-JNIH Adult Health Study Hiroshima and Nagasaki 1962-63. Exposure to medical X-ray; community hospital and clinic survey. ABCC TR 11-63
(ABCC - 予研成人健康調査, 広島, 長崎, 1962-63年. 診断用X線照射. 病院および医院についての調査)
8. SAWADA S, RUSSELL WJ, WAKABAYASHI T: Radiography and fluoroscopy techniques in community hospitals and clinics, 1964-65. ABCC TR 2-68
(地方病・医院における直接撮影および透視の技法, 1964-65年)
9. ANTOKU S, YOSHINAGA H, et al: Dosimetry, diagnostic medical X-ray; exposure of ABCC subjects in community hospitals and clinics. ABCC TR 6-65
(診断用X線の線量調査. ABCC調査対象者が地元病・医院で受ける線量)
10. ANTOKU S, MILTON RC: Dose to bone marrow and gonads from chest examinations. Calculations by electronic computer. ABCC TR 4-67
(電子計算機による胸部X線検査の骨髓・生殖腺線量)
11. SAWADA S, WAKABAYASHI T, et al: Yearly radiologic activity in Hiroshima and Nagasaki hospitals and clinics. ABCC TR 25-67
(広島・長崎の病・医院が行なった放射線診療の年間活動状況)
12. 松浦啓一, 沢田昭三, ほか: 広島市内のある総合病院における放射線診療と医学記録. 日本医学放射線学会雑誌26: 1225-36, 1966年
(MATSUURA K, SAWADA S, et al: Radiological practice and medical records in a large general hospital in Hiroshima. Nippon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi-Nippon Acta Radiol)
13. Radiological Hazards to Patients, second report of the committee, 1960. (H.M. Stationery Office, London).
(患者に対する放射線障害. 第2報)
14. Population exposure to X-rays U.S. 1964. A report on the public health service X-ray exposure study. Washington, U.S. Dept. of Health, Education and Welfare; Public Health Service Publication No. 1519.
(集団X線照射, 米国, 1964年. 米国公衆衛生局のX線照射調査に関する報告)
15. LAUGHLIN JS, MEURK ML, et al: Bone, skin and gonadal doses in routine diagnostic procedures. Am J Roentgen 78:961-82, 1957
(通常X線診断における骨, 皮膚, 生殖腺線量)

16. LAUGHLIN JS: Ionization chambers for diagnostic X-ray exposure studies. Technological needs for reduction of patient dosage from diagnostic radiology. Edited by M.L. Janower, Springfield, Ill. CC Thomas, 1963. p 11-40
(診断用X線の線量測定用電離箱. 診断用X線照射による患者の被曝線量を減少させる技術的必要性)
17. GARRETT R, LAUGHLIN JS: A diagnostic X-ray exposure dose chamber. Health Phys 2:189-94, 1959
(診断用X線の線量測定用電離箱)
18. STUART S, OSBORN SB: A wide range direct reading X-ray dosimeter. Phys Med Biol 3:255-63, 1959
(広範囲直読式X線線量測定器)
19. OSBORN SB, BURROWS RG: An ionization chamber for diagnostic X-radiation. Phys Med Biol 3:37-43, 1958
(診断用X線のための電離箱)
20. YOSHINAGA H, IHNO Y, et al: Equipment and techniques in medical X-ray dosimetry studies, ABCC. ABCC TR 29-66
(ABCCにおける医療用放射線量測定用の設備と方法)
21. RUSSELL WJ, YOSHINAGA H, et al: Active bone marrow distribution in the adult. Brit J Radiol 39:735-9, 1966
(成人における赤色髄分布)
22. ANTOKU S, SAWADA S, et al: Radiation output and quality of diagnostic X-ray apparatus in community hospitals and clinics, Hiroshima and Nagasaki. ABCC TR 23-67
(地元病院における診断用X線の放射線出力と線質, 広島・長崎)
23. HELLER MB, PASTERNAK BS: The genetically significant dose from diagnostic radiology in New York City physicians' offices. Reprinted from Excerpta Medica, International Congress Series No. 105. Proceedings of the 11th International Congress of Radiology, Rome, September 1965
(New York市の医院における診断用X線による遺伝有意線量)