

DOSE TO THE GONADS AND BONE MARROW  
IN RADIOGRAPHIC EXAMINATIONS AT ABCC

ABCCにおけるX線検査による生殖腺線量および骨髄線量

YU IHNO, M.D. 飯野 祐  
WALTER J. RUSSELL, M.D.



## 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。

DOSE TO THE GONADS AND BONE MARROW  
IN RADIOGRAPHIC EXAMINATIONS AT ABCC

ABCCにおけるX線検査による生殖腺線量および骨髄線量

YU IHNO, M.D. 飯野 祐  
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)

DOSE TO THE GONADS AND BONE MARROW  
IN RADIOGRAPHIC EXAMINATIONS AT ABC  
ABCに於ける性腺及び骨髄線量値の測定

### ACKNOWLEDGMENT

#### 感謝の言葉

The authors are indebted to Dr. Edward Epp and his associates for their assistance in compiling the dose values, and to Professor Haruma Yoshinaga, Research Institute for Nuclear Medicine and Biology, Hiroshima University, for reviewing the results obtained.

著者らは、線量値を求めるに当って Dr. Edward Epp らの御援助、並びに調査の結果について検閲の  
労を煩わした広島大学原爆放射能基礎医学研究所 吉永春馬教授に感謝の意を表する。

## CONTENTS

### 目次

Background	背景 .....	1
Present Study	今回の研究 .....	2
Discussion	考案 .....	5
Summary	総括 .....	5
References	参考文献 .....	6

## TABLES

### 挿入表

1. Gonadal and bone marrow dose in radiographic exposures at ABCC ABCCにおける検査別生殖腺線量および骨髄線量 .....	3
2. Gonadal and bone marrow dose in routine radiographic examinations at ABCC ABCC通常X線検査における生殖腺線量および骨髄線量 .....	4



# DOSE TO THE GONADS AND BONE MARROW IN RADIOGRAPHIC EXAMINATIONS AT ABCC

## ABCCにおけるX線検査による生殖腺線量および骨髄線量

### BACKGROUND

During recent years there has been much interest in the exposure of populations to ionizing radiation. Regarding diagnostic x-ray exposure, attention was originally focused on the skin dose during examinations. Subsequently, great interest developed in gonadal dose, and particularly its genetic significance. Bone marrow dose has become an important consideration as a possible contribution to leukemogenesis. These considerations, particularly gonadal and bone marrow dose, are of special interest to the Atomic Bomb Casualty Commission (ABCC) program because of its study of the late effects of radiation, and the prevalence of leukemia in the populations which experienced the atomic bombings. A consideration in these studies is the contribution of diagnostic x-ray procedures to the overall exposure of subjects under continued medical study at ABCC.

To assess dose contribution of diagnostic x-ray examinations, ABCC subjects were interrogated as to frequency and location of such exposures in community hospitals and clinics in Hiroshima and Nagasaki.<sup>1,2</sup> This information plus that obtained from the community hospitals and clinics<sup>3</sup> were combined in an attempt to assign gonadal and bone marrow dose by various x-ray examinations<sup>4</sup> but the wide variations in exposure factors prevented application of other investigators' dose data to the situations in Hiroshima and Nagasaki community hospitals and clinics. Therefore, a dosimetry program was undertaken and is currently in progress. The present work consists of the application of data compiled by Epp et al<sup>5,6</sup> to the radiographic examinations frequently employed in the ABCC Department of Radiology.

### 背景

近年電離放射線曝射の問題について関心が高まってきた。診断用X線による照射については最初は検査中に受ける皮膚線量が主として注目されたのであるが、次いで生殖腺線量、特にその遺伝学的有意性に対して強い関心が示されるに至った。また骨髄線量は白血病の発生に寄与する可能性を有するものとして重要な考察の対象となった。これらの考察、特に生殖腺線量および骨髄線量についての考察は、原爆傷害調査委員会 (ABCC) が放射線による後影響の研究に従事していること、および原爆被爆者の間に白血病が多く見られるという理由から、ABCCの研究計画においては特に強い関心が寄せられている。これらの研究においては、継続的に行なわれているABCCの医学的調査においてその調査対象者が受ける照射線量全体に対し、診断用X線照射がどれだけ影響しているかという点が1つの考慮の対象となっている。

診断用X線が寄与する線量を推定するためにABCC被検者に対して質問を行ない、これら被検者が広島および長崎の病医院においてこの種の照射を受けた回数並びにその照射部位を調査した。<sup>1,2</sup> これによって得た資料に対しては更に当該地域の病医院から直接入手した資料<sup>3</sup>を加えて、各種X線検査による生殖腺線量並びに骨髄線量の推定を試みたが、<sup>4</sup>照射要因が極めて多岐にわたるため他の研究者による線量測定値を広島および長崎の病医院における条件に当てはめて考察することは不可能であった。そこで、改めて線量測定の計画に着手し、現在この計画が進行中である。今回の研究はEppらが収集した資料<sup>5,6</sup>をABCC放射線部でしばしば行なうX線検査に当てはめて考察したものである。

## PRESENT STUDY

Generally one institution's average dose data are not applicable to exposure situations at another. The dose magnitude depends on several technical factors, including peak kilovoltage (kvp), target-skin distance, milliamperere seconds (mas), inherent and added filtration and field size. The data of Epp et al<sup>5,6</sup> were compiled specifically for this application, since variations in field size, field alignment, tube kvp and added filtration are considered. Exposure conditions at ABCC are within the parameters studied by Epp et al.

Using a phantom to represent the human body, Epp et al determined gonadal dose and the dose to the active bone marrow at a number of locations, varying field size, tube alignment, kvp and added filtration for chest, spine, pelvis, and hip examinations, and compiled tables showing dose to various body sites. Gonadal dose is in milliroentgens/mas and bone marrow dose, in gram-rad/mas. This expression accounts for the kind of film, type of cassette, screen, and Bucky used.

Doses for various kvp values were plotted on log-log scale forms which represent the extrapolations of the data compiled by Epp et al to exposure situations at ABCC. In the data of Epp et al bone marrow dose is based on an active bone marrow weight of 1000g for the average adult. No correction has been made for Japanese subjects because data are not available at the present time to support such a correction. The average integral absorbed dose to the active marrow is expressed in gram-rad/mas.

Dose values for each exposure are shown in Table 1. Dose values for the 'routine' exposures for each examination at ABCC are shown in Table 2.

The error being insignificant, the present tables are not corrected for the 2.5 mm added aluminum filtration used at ABCC. Also, the ABCC apparatus has slightly less output than that by which Epp and his group compiled the original dose data.

## 今回の研究

一般に、ある施設で得た平均線量を他の施設における照射状態に当てはめて考えることは不可能である。線量の大小は、管電圧 (Kvp)、焦点皮膚間距離、ミリアンペア秒 (mas)、固有並びに付加濾過板、照射野面積など、それぞれの施設における技術的要因如何によって決定される。Epp らの資料は特にこの点を明らかにするために集められたもので、照射野面積、照射野調整装置、管電圧および付加濾過板の差異を考慮に入れた。ABCCにおける照射条件はEpp らが調査対象としたパラメーターの範囲に属する。

Epp らは胸部、脊椎、骨盤部および股関節 X 線検査において種々の照射野面積、管球の傾き、管電圧並びに付加濾過板について生殖腺線量および造血機能を有する骨髄の線量を人体ファントムを用いて測定し、身体各部位別線量を表にして示した。生殖腺線量は  $\text{mr} / \text{mas}$  単位、骨髄線量は  $\text{g-rad} / \text{mas}$  単位で示す。この表示形式を用いると使用したフィルム、カセット、蛍光板およびブッキー等の諸因子を考慮する必要がなくなり便利である。

各管電圧 (Kvp) に対する線量は両対数目盛用紙を用いて求められた。これは外挿法によって Epp らの収集資料を ABCC の照射条件に当てはめたものである。Epp らの資料では一般成人における造血機能を有する骨髄を 1000 g として骨髄線量を推定している。日本人被検者については何らの補正も加えなかったが、これはそのような補正を可能にする資料が現在入手できないからである。そこで、ここでは平均人を対象として、造血機能を有する骨髄に対する積分吸収線量を  $\text{g-rad} / \text{mas}$  であらわした。

曝射別線量値は表 1 に示した。ABCC で実施する各検査の通常曝射による線量値は表 2 に示した。

誤差が少ないため、これらの表には ABCC で使用している厚さ 2.5 mm の付加濾過板については補正を加えなかった。なお ABCC の装置の出力は Epp らが線量関係資料の収集に当って用いた装置の出力に比較してやや少ない。

TABLE 1 GONADAL AND BONE MARROW DOSE IN RADIOGRAPHIC EXPOSURES AT ABCC

表1 ABCCにおける検査別生殖腺線量および骨髓線量

Examination 検査部位	Position 体位	Dose 線量			kvp	mas	ffd inch インチ
		Gonadal <i>mr</i>	生殖腺	Bone marrow			
		Male 男	Female 女	<i>g-rad</i> 骨髓			
Chest 胸部	Postero-anterior 背腹	0*	0*	2.9	100	7.5	72
	Lateral 側位	0	0	2.5	110	15.0	72
Pelvis 骨盤部	Antero-posterior (A-P) 腹背	360	220	64	100	50.0	40
	Lateral 側位	1120	620	120	120	80.0	40
Hip 股関節	A-P 腹背	390	190	33	100	50.0	40
Lumbosacral Spine 腰仙椎	A-P 腹背	3.4	150	40	100	50.0	40
	Lateral 側位	25	600	120	120	80.0	40
Thoracic Spine 胸椎	A-P 腹背	0.36	4.4	44	100	40.0	40
	Lateral 側位	0.24	2.4	78	110	70.0	40
Cervical Spine 頸椎	A-P 腹背	0	0	12	100	30.0	40
	Lateral 側位	0	0	10	78	40.0	72
Abdomen 腹部	A-P 腹背	2.5	110	28	90	40.0	40
Intravenous Pyelogram 静脈性腎盂	A-P 腹背	2.8	130	34	110	40.0	40

\*Gonads shielded by lead protector 生殖腺は鉛ゴムにより遮蔽.

All examinations performed with 2.5 mm Al added filtration. 検査はすべて2.5 mm Al 付加濾過板を用いて実施した.



TABLE 2 GONADAL AND BONE MARROW DOSE† IN ROUTINE RADIOGRAPHIC EXAMINATIONS AT ABCC

表2 ABCC通常X線検査†における生殖腺線量および骨髄線量

Examination 検査部位	Number of films 回数	Dose 線量		
		Gonadal <i>mr</i> 生殖腺		Bone marrow <i>g-rad</i> 骨髄
		Male 男	Female 女	
Chest 胸部.....	2	0*	0*	5.4
Pelvis 骨盤部.....	1	360	220	64
Hip** 股関節.....	2	780	380	66
Lumbosacral Spine 腰仙椎.....	2	28	750	160
Thoracic Spine 胸椎.....	2	0.6	6.8	122
Cervical Spine 頸椎.....	2	0	0	22
Abdomen 腹部.....	1	2.5	110	28
Intravenous Pyelogram 静脈性腎盂.....	5	14	650	170

† Based on exposure doses in Table 1. 表1の線量による。

\* Gonads shielded by lead protector. 生殖腺は鉛ゴムにより遮蔽。

\*\* Gonads not shielded. Two A-P views; extension, and 'frog-leg' flexion. 生殖腺遮蔽なし。2腹背像：伸展位および「蛙足」屈曲位。

The doses compiled by Epp et al for the lateral cervical spine examinations are based on a 72 inch target-film distance, whereas the ABCC examinations are at 40 inches. Corrections were made for this in accordance with the inverse square law.

Where exposure factors for similar examinations were within the parameters used by Epp et al, dose has been calculated. Therefore, doses for abdomen examinations and for intravenous pyelography have been included.

Epp et al have not published dose estimates for examinations of the skull and extremities. Gonadal dose and active bone marrow dose are very small during most such procedures, and in many cases negligible. Under conditions at ABCC, dose cannot be detected in these regions using sensitive dosimetric apparatus and phantom material, unless multiple exposures are made. In examinations of the femur, the gonads are shielded.

## DISCUSSION

Average dose incurred during radiographic procedures at one institution cannot be readily applied to the factors in another institution, because of variation in technical factors of exposure. Epp et al have compiled data considering the most important factors and their variation, and these are applicable to radiographic exposures performed in the ABCC Department of Radiology. A dosimetry study is being conducted concerning exposure in the community hospitals and clinics in lieu of applying the data to the latter. Following such dosimetry, similar measurements will eventually be made at ABCC.

## SUMMARY

Based on the investigations of Epp et al average gonadal and active bone marrow doses have been compiled for some of the more frequent radiographic procedures used at ABCC. These dose values are expressed for each exposure, and for each examination including those requiring multiple exposures.

Epp らが頸椎側方向撮影について求めた線量が焦点フィルム間距離72インチを基礎としたものであるのに対し、ABCCの検査では焦点フィルム間距離は40インチである。この点については距離逆二乗の法則に従って補正を加えた。

ここでは同種の検査でその照射要因が Epp らが用いたパラメーター範囲内にあるものについても線量を求めた。従って、腹部検査並びに静注法腎盂 X 線検査の際の線量も含めた。

Epp らは頭蓋および四肢の X 線検査における推定線量は発表していない。大部分のこの種の検査では生殖腺線量並びに造血機能を有する骨髄の線量は極めて少量であり、多くの場合ほとんど無視して差し支えない。ABCC の条件の下では何回も照射を繰り返さない限り、たとえ効率の高い線量計およびファントムを用いたとしても、これらの部分の線量を求めることは不可能である。また大腿部の検査は生殖腺を遮蔽して行なわれる。

## 考案

照射の技術的要因が異なるから、ある施設の放射線検査において認められた平均線量を簡単に他の施設における諸因子に当てはめて考えるわけにはいかない。Epp らは最も重要な要因並びにその変異を考慮に入れて資料の収集を行なっているから、その資料は ABCC 放射線部の検査に当てはめて考えることができる。地方病医院における照射については、前記の資料を適用する代りに現在独自の線量測定の仕事が進められている。この線量測定が完成すれば、やがては同様の方法による線量測定が ABCC においても行なわれることになろう。

## 総括

Epp らの調査結果を基礎とし、ABCC で比較的頻繁に行なわれる X 線検査法若干において生殖腺および造血機能を有する骨髄に認められる平均線量を求めた。これら線量値を、1 回の曝射並びに 1 回の検査（1 回以上の曝射を必要とするものを含む）について示した。

## REFERENCES

### 参考文献

1. ISHIMARU T, RUSSELL WJ: ABCC-JNIH Adult Health Study Hiroshima and Nagasaki 1961. Exposure to medical x-ray, preliminary survey. ABCC TR 07-62  
(医療用X線の照射に関する予備調査)
2. RUSSELL WJ, ISHIMARU T, IHNO Y: ABCC-JNIH Adult Health Study Hiroshima and Nagasaki July-November 1962. Exposure to medical x-ray, survey of subjects. ABCC TR 09-63  
(診断用X線照射, 対象者の調査)
3. IHNO Y, RUSSELL WJ, ISHIMARU T: ABCC-JNIH Adult Health Study Hiroshima and Nagasaki November 1962-January 1963. Exposure to medical x-ray, community hospital and clinic survey. ABCC TR 11-63  
(診断用X線照射, 病院および医院の調査)
4. IHNO Y, RUSSELL WJ, ISHIMARU T: ABCC-JNIH Adult Health Study Hiroshima. Exposure to medical x-ray, bone marrow and gonadal dose estimates for chest x-ray examinations in community hospitals and at ABCC. ABCC TR 22-63  
(診断用X線照射, 骨髄線量ならびに生殖腺線量の推定)
5. EPP ER, 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. Division of Biophysics, Sloan-Kettering Institute for Cancer Research, New York, U.S.A. (personal communication), Brit J Radiol 34:85-100, 1961  
(照射野面積; その調整, 管電圧, および付加濾過板の関数として見た胸部X線検査による骨髄線量および生殖腺線量の測定, 私信)
6. EPP ER, 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. Division of Biophysics, Sloan-Kettering Institute for Cancer Research, New York, U.S.A. (personal communication), 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見た骨盤, 股関節, および脊椎X線検査による骨髄線量および生殖腺線量の測定, 私信)