

ESTIMATION OF EXPOSURE PATTERN AND BONE MARROW  
AND GONADAL DOSES DURING FLUOROSCOPY

透視検査時の放射線照射の分布および骨髓線量  
ならびに生殖腺線量の推定

HARUMA YOSHINAGA, Ph.D. 吉永春馬

KENJI TAKESHITA, Ph.D. 竹下健児

SHOZO SAWADA, Ph.D. 沢田昭三

WALTER J. RUSSELL, M.D.

SHIGETOSHI ANTOKU, Ph.D. 安徳重敏



## 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。

# ESTIMATION OF EXPOSURE PATTERN AND BONE MARROW AND GONADAL DOSES DURING FLUOROSCOPY

透視検査時の放射線照射の分布および骨髓線量  
ならびに生殖腺線量の推定

HARUMA YOSHINAGA, Ph.D.<sup>1</sup> 吉永春馬

KENJI TAKESHITA, Ph.D.<sup>2</sup> 竹下健児

SHOZO SAWADA, Ph.D.<sup>3</sup> 沢田昭三

WALTER J. RUSSELL, M.D.

SHIGETOSHI ANTOKU, Ph.D.<sup>3</sup> 安徳重敏

Approved 承認 26 August 1965

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

*Department of Experimental Radiology, Faculty of Medicine, Kyushu University, Senior Consultant to ABCC<sup>1</sup>;*  
*Department of Radiation Biology, Research Institute for Nuclear Medicine and Biology, Hiroshima University,*  
*Advisor to ABCC<sup>2</sup>; and Department of Radiation Biology, Research Institute for Nuclear Medicine and*  
*Biology, Hiroshima University, Visiting Research Associate, ABCC<sup>3</sup>*

九州大学医学部放射線基礎医学教室, ABCC 顧問<sup>1</sup>; 広島大学原爆放射能医学研究所, ABCC 顧問<sup>2</sup>; 広島大学原  
爆放射能医学研究所, ABCC 客員研究員<sup>3</sup>

## ACKNOWLEDGMENT

### 感謝のことば

Our sincere thanks are extended to the physicians who cooperated in this study, by interrupting their busy schedules for patient examinations, and contributing their valuable time. The collaborating institutions in the Hiroshima area included: Hiroshima Citizens Hospital, Hiroshima Prefectural Hospital, Hiroshima University Hospital, Kure National Hospital, Makidono Clinic and Hiroshima Red Cross Hospital. The special efforts of Mr. Masayoshi Mizuno with the technical procedures are greatly appreciated.

患者診療の多忙な中で貴重な時間をさいて本研究にご協力をご賜った医師各位に対し、深甚な謝意を表す。広島地区での協力機関は、広島市民病院、県立広島病院、広島大学付属病院、国立呉病院、横殿放射線科医院および広島赤十字病院であった。なおABCC放射線部水野正義氏の技術面における格別のご努力に対し深く感謝する。

A paper based on this report was published in the following journal

本報告に基づく論文は下記の雑誌に発表した

British Journal of Radiology 40:344-9, 1967

The report will also be abstracted for inclusion in the Diagnosis Section of the 1968-69 Year Book of Radiology

本報告の要約は、1968-69年のRadiology年報の診断の項に掲載される

## CONTENTS

### 目次

Introduction	緒言 .....	1
Present Study	本調査 .....	2
Discussion	考察 .....	8
Summary	要約 .....	8
References	参考文献 .....	9

<b>Tables</b>	1.	Technical factors used by examiner and hospital 病院および検者により用いられている技法に関する資料 .....	4
表	2.	Active bone marrow dose 赤色骨髓線量 .....	7
	3.	Gonadal dose 生殖腺線量 .....	7

<b>Figures</b>	1.	Film jacket on phantom showing anterior aspect フィルムジャケットを装着したファントーム正面像 .....	3
図	2.	Radiograph of stomach portion of phantom ファントームの胃部 X線写真 .....	3
	3.	Exposure dose vs optical density 黒化度と照射線量の関係 .....	4
	4.	Exposure pattern for fluoroscopy 透視における照射の分布状態 .....	6
	5.	Exposure pattern for spot filming 狙撃撮影における照射の分布状態 .....	6

# ESTIMATION OF EXPOSURE PATTERN AND BONE MARROW AND GONADAL DOSES DURING FLUOROSCOPY

## 透視検査時の放射線照射の分布および骨髄線量ならびに 生殖腺線量の推定

### INTRODUCTION

This report describes a method of determining the pattern of exposure and dose during fluoroscopic examinations, and compares techniques and resulting doses by different examiners.

Dose determinations in fluoroscopic procedures are more difficult than for radiography or photofluorography because exposure factors vary, not only among patients, but during repeated examinations of the same patient, and even during a single examination. Varying field sizes are difficult to determine. Though the size of the frame or pressure cone near the fluoroscopic screen and the image size on spot films and the fluoroscopic screen may be constant throughout an examination, true field size on the patient may exceed these considerably, possibly through lack of the examiner's attention to the collimators, because of varying distances, or improper alignment of the collimator with the spot film format and fluoroscopic screen.

Variations in size of patients and size and contour of organs, the presence of abnormalities, variation in attention and techniques of examiners, and intrinsic variations of different types of fluoroscopic equipment, all affect skin, bone marrow and gonadal doses. Difficulties in determining dose are compounded by improper or inadequate recording of exposure factors. They are usually impossible to determine after examinations are completed, unless promptly recorded.

Film monitoring of fluoroscopic procedures has already been advocated<sup>1</sup> and used.<sup>2</sup> To estimate average bone marrow dose during fluoroscopy, Liuzzi et al<sup>2</sup> subdivided the total incident posteroanterior exposure field of the trunk into a number of smaller subfields, then totaled dose contributions to each according to large monitor films fixed to the fluoroscopic table. They determined bone marrow location according to anatomical cross sections<sup>3</sup> and calculated volume-weighted average marrow dose per subfield.

### 緒言

この報告では、透視検査で被検者が受ける放射線照射の分布状態および被曝線量を求める方法を述べ、医師が用いている種々の技法およびその被曝線量を比較するものである。

透視検査における被曝線量を測定することは、被検者間において相違があるだけでなく、同一人をくり返し検査する場合もまた1回の検査の間においてさえも、照射条件は絶えず変化するため、直接撮影または間接撮影におけるよりもっと困難である。照射野はいちいち変わるのでその大きさを決めることは困難である。蛍光板に近い照射枠あるいは圧迫筒の大きさや、狙撃撮影フィルムまたは蛍光板上の像の大きさが、たとえ一つの検査全体を通じて一定であっても、医師の不注意または距離が変わること、あるいは装置および蛍光板と照射筒の位置のずれのため、被検者に投じられた実際の照射野の大きさが、この見かけの照射野以上に大きくなっていることがあるかもしれない。

被検者の体格が異なっていること、検査部位の大きさや輪廓に差があること、また患者にある種の異常があったり、医師の注意の程度および検査技法の違いがあったりすること、ならびに透視装置自体いろいろ型式に差があることなどは、すべて、表面線量、骨髄線量および生殖腺線量に影響をもたらすものである。線量決定のむずかしさは、照射条件の記録が不適當であったりふじゅうぶんであったりすることも関係する。このための記録は、刻々に記録されないかぎり、検査が終わったあとで決めることは普通できないことである。

透視検査時にフィルムで線量測定を行なう方法は、すでに唱道され、<sup>1</sup> また実際に用いられた。<sup>2</sup> Liuzziら<sup>2</sup> は、透視の間に受ける平均骨髄線量を見積もるために、軀幹の背腹方向での全照射野を多くの小区分野に分け、透視用の天板にはりつけた測定用の大きなフィルムから、それぞれに対する線量の寄与を求めて合算した。かれらは解剖学的な断面<sup>3</sup> によって骨髄位置を決め、小区分野当たりの容積加重平均による骨髄線量を計算した。

In the present study, a film monitoring technique similar to that of Liuzzi et al<sup>2</sup> was used to determine field size and pattern of exposure and dose, but the film was attached to the subject rather than to the X-ray table. Tables compiled to show distribution of active bone marrow<sup>4</sup> for dosimetry, using a refinement of the approach of Liuzzi et al, permitted study not only of posteroanterior, but anteroposterior and lateral projections, as well. After relating film density to dose, and the monitor films to the bone marrow distribution, the mean surface dose, bone marrow and gonadal doses were calculated.

## PRESENT STUDY

The present study was begun with preliminary observations of exposure patterns and dose by monitoring patients with film jackets, each made of two 14 x 17 inch sheets of Eastman type-M industrial radiographic film in light-tight envelopes. These were joined edge-to-edge and fixed to several patients during upper gastrointestinal series and barium enema examinations. The film jacket was always at the tube side, and constant in relation to certain body landmarks. With this technique, pattern of exposure by fluoroscopy and spot filming was recorded clearly on film in any projection.

During these preliminary evaluations, interruptions necessary for changing film jackets for each projection were inconvenient for the examiners. Separate assessments of techniques and exposure patterns by fluoroscopy and spot filming were needed, and it was desirable to test this method for estimating bone marrow and gonadal doses. For this a uniform subject was needed, and a survey of ten radiologists was made, using a phantom.

The phantom, a likeness of a human, with Mix-D material for soft tissue, contained a human skeleton, and beeswax impregnated cellulose for lung tissue. It was altered to closely resemble a patient for upper gastrointestinal series examination, by accommodating a block of Mix-D containing a 'stomach and duodenum.' The latter were made of a mixture of orthopedic plaster and dental impression materials, imbedded in the removable Mix-D block. This phantom and radiograph thereof are shown in Figures 1 and 2.

The phantom study was performed using the same technique as in the preliminary observations of patients. Ten radiologists examined the phantom with their usual techniques for an upper gastrointestinal series examination, using their own fluoroscopic equipment. No radiologist other than the one performing the examination was present during the procedure. 'Standard films' were prepared

この研究では、Liuzziらの方法<sup>2</sup>に似たフィルムによる線量測定法を用いて、照射野の大きさや照射の分布状態およびその線量を決定したが、フィルムは透視用の天板につけないで被検者側に貼付した。Liuzziらの方法<sup>2</sup>を改良したことによって、先に求めた赤色骨髄の分布を示す表を用いて、<sup>4</sup> 背腹方向のみならず腹背方向および側方向に対しても研究することが可能になった。標準フィルム濃度と線量との関係、および測定用フィルムと骨髄との関係を求め、それから平均表面線量、骨髄線量および生殖腺線量を計算した。

## 本 調 査

本調査は、14×17インチのEastman M型工業用X線写真フィルム2枚を、それぞれ遮光紙に密封してつないだ"フィルムジャケット"で、放射線照射の分布状態および被曝線量の予備的測定から始めた。フィルムは端と端がつないであって、上部胃腸管検査およびバリウム注腸法レントゲン検査の間、数人の被検者にはりつけられた、フィルムジャケットは常にX線管球側において、体につけた一定の目じるしに合わせて固定された。この技法によると、透視および狙撃撮影の照射された分布状態が、その投射方向がどのように変わってもフィルム上に明瞭に記録されることになる。

これらの予備的測定において、各方向ごとにフィルムジャケットを管球側に付け変えることは、医師にとって不便なことであった。なお透視と狙撃撮影における照射の技法と分布状態を別々に評価する必要があり、また、この骨髄線量および生殖腺線量の推定方法を評価するための検査を行なうことも重要なことであった。この目的のために、画一的な対象が要求され、10人の放射線科専門医による検査をファントームを用いて行なった。

このファントームは、人間に似せるように、軟部組織としてMix-D材料を使用し、人間の骨格のほかに肺臓組織として密蝋をしみこませたセルローズがはいっている。また上部胃腸管検査を受ける患者によく似せるためにファントームの一部を改造して「胃と十二指腸」を入れたMix-Dのブロックをはめるようにした。これは、整形外科用プラスターと歯科用印像材を混合したもので、取りはずしができるMix-Dのブロックの中に封じこんだものである。このファントームとそのX線撮影像を図1および2に示す。

ファントームによる研究は、患者について行なった予備的測定と全く同じ方法で実施された。10人の放射線科専門医は、普通一般患者に用いる上部胃腸管検査の方法で、各自の透視装置により、このファントームを検査した。この間検査を行なう医師以外の放射線科専門医の立ち合いはなかった。装置ごとにそれぞれ通常用いる技法によって「標準フィルム」を作成した。35cc容量のポリスチレ

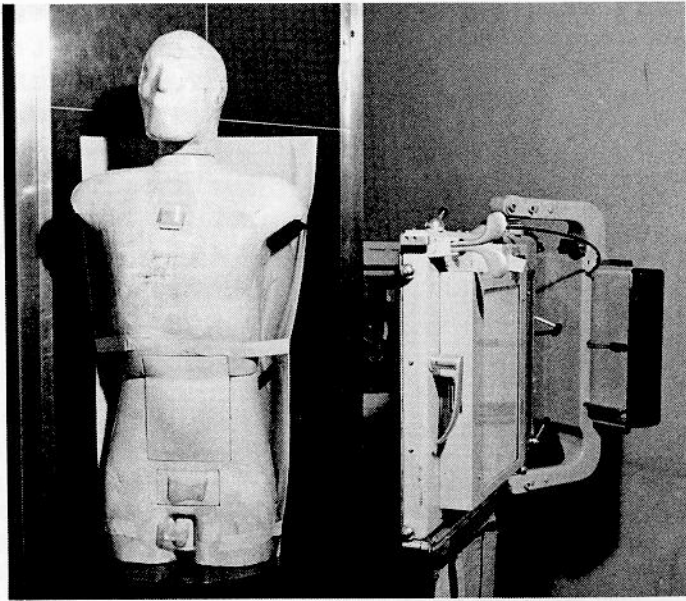


FIGURE 1 Film jacket on phantom showing anterior aspect, oblique projection

図1 フィルムジャケットを装着したファントーム正面像、斜方向投射.

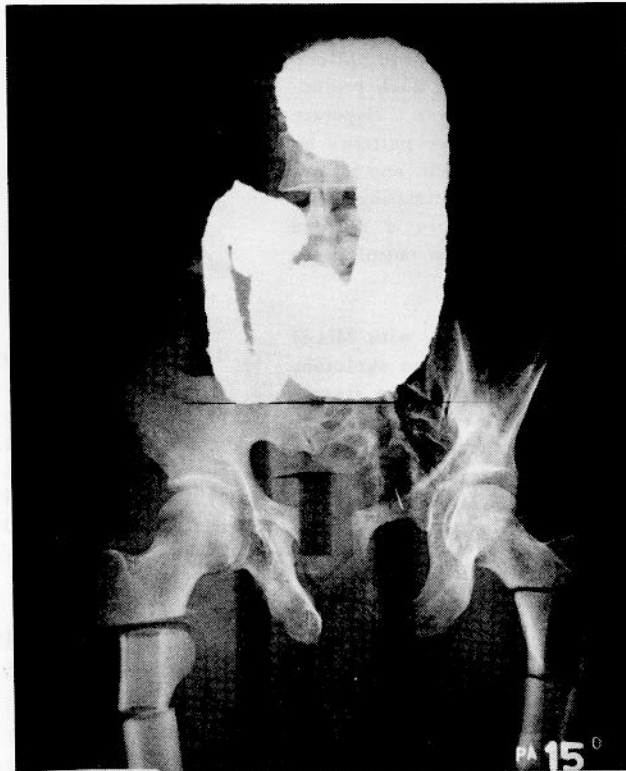


FIGURE 2 Radiograph of stomach portion of phantom

図2 ファントームの胃部X線写真



FIGURE 3 REPRESENTATIVE GRAPH SHOWING RELATIONSHIP OF NET OPTICAL DENSITY AND EXPOSURE IN MILLIROENTGENS

図3 ミリレントゲン単位の照射線量とフィルム黒化度の関係を示す一例

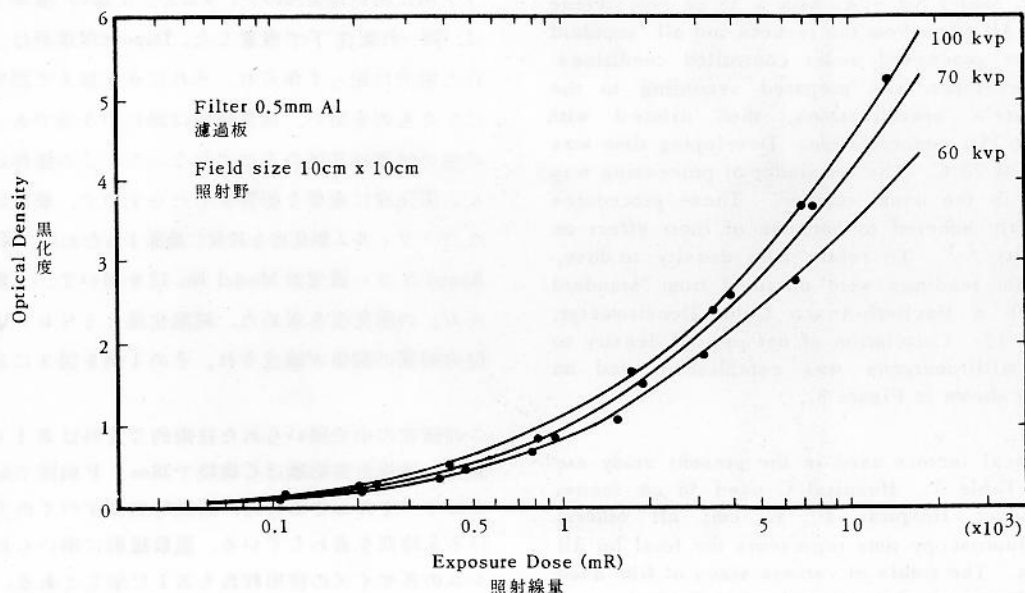


TABLE 1 TECHNICAL FACTORS USED BY EXAMINER AND HOSPITAL

表1 病院および検者により用いられている技法に関する資料

Hospital 病院	A		B		C		D		E	F
Doctor 医師	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Type of Equipment * 装置の型式	Trans.	Trans.	Trans.	Trans.	Condens.	Condens.	Trans.	Trans.	Trans.	Trans.
FTD 焦点・透視台間距離 cm	40	40	40	40	38	38	40	40	40	41
Filter 濾過板 mm Al	1.2	1.2	0.5	0.5	1.0	1.0	1.5	1.5	0.5	1.5
Fluoroscopy 透視										
kvp	70	70	70	70	70	70	65	65	75	80
ma	3	3	2	2	2	2	3	3	0.5	3
Time ** PA 背腹方向	1'25"	2'15"	2'23"	2'15"	2'37"	2'	2'13"	2'23"	3'30"	1'08"
時間 AP 腹背方向	15"	12"	12"	45"	0	0	27"	38"	50"	1'05"
Total 合計	1'40"	2'27"	2'35"	3'	2'37"	2'	2'40"	3'01"	4'20"	2'13"
Spot Filming 狙撃撮影										
kvp	140	140	95	95	70	70	75	75	80	86
ma	50	50	150	150			200	200	200	150
Time 時間 sec 秒	0.05-0.2	0.05-0.2	0.1-0.25	0.1-0.25			0.2	0.2	0.06-0.1	0.1-0.15
Size and Exposures フィルムサイズおよび曝射数										
PA 10x12 in.			1	1	1	1	1	1	1	1
8x10 in.	3	3	1	2	1	1			2	2
8x10 in. div 2								1	1	
8x10 in. div 4	4	4	8	4			10	8	4	2
5x 6 in.					3	3				
AP 8x10 in.	1	1	1	2						
8x10 in. div 2								1	1	1
8x10 in. div 4							2			2
Total exposures 合計曝射数	8	8	11	9	5	5	13	11	9	8

\*Trans. = Transformer  
変圧器型

Condens. = Condenser  
コンデンサー

\*\* ' = Minutes 分    " = Seconds 秒

using the factors employed during each of these examinations. Dosimeter readings were also obtained, using an Electronic Instruments Limited dosimeter, Model No. 37A, with a 35 cc polystyrene chamber. All films from the jackets and all 'standard films' were processed under controlled conditions. Dupont developer was prepared according to the manufacturer's specifications, then diluted with water to a 25% concentration. Developing time was 3 minutes at 20 C. The remainder of processing was performed in the usual manner. These procedures were strictly adhered to because of their effect on film density.<sup>2,5</sup> To relate film density to dose, densitometer readings were obtained from 'standard films' with a MacBeth-Ansco Color Densitometer, Model No. 12. Correlation of net optical density to dose in milliroentgens was established, and an example is shown in Figure 3.

The technical factors used in the present study are shown in Table 1. Hospital C used 38 cm focus-table-distance; Hospital F, 41 cm; all others, 40 cm. Fluoroscopy time represents the total for all projections. The totals of various sizes of film used for spot filming are also summarized in Table 1.

Wide variations in exposure patterns were obtained on the monitor films in the jackets. The monitor films were divided into 5 cm squares, corresponding to the bone marrow cubes described in a previous report<sup>4</sup>, and their densities were assessed along the central axis of each square. Using graphs relating optical density to dose in milliroentgens (Figure 3), surface dose was plotted in histograms for fluoroscopy and for spot filming. Examples of surface doses plotted for fluoroscopy and spot filming are shown in Figures 4 and 5, each with corresponding exposure patterns from the monitor films in the jackets.

From the mean surface dose per square on the monitor films, doses to the center of the cubes at specific depths were calculated, using depth dose data from a previous study<sup>6</sup>, and calculating a 10% attenuation by bone. This value was then multiplied by bone marrow weight, and finally totaled for all cubes inside the beam of X-ray. Since oblique projections are frequently used in upper gastrointestinal series, dose calculations were made in two ways: for the true posteroanterior and anteroposterior projections, and for the posteroanterior and anteroposterior, plus the lateral projections. Mean values of bone marrow doses obtained by these two methods were adopted. Gonadal doses for both males and females were also calculated. Not only direct, but scattered radiation was incorporated in these calculations. A value of 0.93 was used as a conversion factor from roentgens to rad.

ン電離槽を使って、Electronic Instruments Limited製線量計 Model No. 37 A の線量を読みとり記録した。ジャケット用に用いた全部のフィルムと、全部の「標準フィルム」は、同一の条件下で現象した。Dupont 現像液は、指定された処方に従って作られ、それに水を加えて25%の濃度にしたものを用い、現像時間は20Cで3分であった。その他の処理は普通の方法で行なった。この操作は、フィルム黒化度に重要な影響をもたらすので、厳重に行なった。<sup>2,5</sup>フィルム黒化度を線量に換算するために、MacBeth-Ansco カラー濃度計 Model No. 12 を用いて、「標準フィルム」の黒化度を求めた。純黒化度とミリレントゲン単位の線量の関係が確立され、その1例を図3に示す。

この研究の中で用いられた技術的な資料は表1に示す。焦点・透視台間距離はC病院で38cm、F病院で41cmのほかはすべて40cmであった。透視時間はすべての方向における全時間を表わしている。狙撃撮影に用いられたフィルムの各サイズの使用枚数も表1に示してある。

フィルムジャケットで測定された照射の分布状態は、人によりかなりの差があった。測定フィルムは、先に報告された骨髄分布立方体に相当するように、5cm平方に区分けされ、フィルムの黒化度は、各区画の中心線に沿って求められた。黒化度とミリレントゲン単位の線量との関係を示すグラフ(図3)を用いて、透視および狙撃撮影による表面線量の分布をヒストグラムに作成した。透視および狙撃撮影による表面線量分布は、ジャケットの測定フィルム上に記録された照射の分布状態と対比させて、図4および5に示す。

測定フィルム上の各区画当たりの平均表面線量から、以前の研究<sup>6</sup>で求めた深部線量率の資料を用い、また骨による減弱を10%と見積もって、特定の深さにある立方区画の中心部に対する線量が計算された。この値にさらにその区画内の骨髄重量を乗じ、X線束に含まれるすべての立方区画における値を合計した。上部胃腸管検査においては斜方向投射がしばしば用いられる関係上、線量計算を2つの方法で行なった。すなわち、真の背腹および腹背方向についての計算のほかに、斜方向投射の一分を側方向投射とみなして付加する計算を行なった。この2とおり計算によって得られた骨髄線量の平均値が採用された。男子および女子の両方について生殖腺線量もまた計算された。これらの計算を通じて、直接線のみならず、散乱線の寄与もじゅうぶん考慮した。レントゲン単位からラド単位への換算には0.93を係数として用いた。

Fluoroscopy (Upper GI)  
透視(上部胃腸管)

Film Jacket  
フィルムジャケット

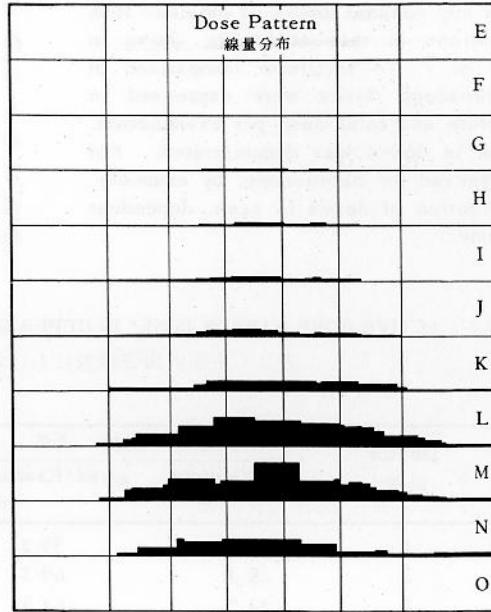
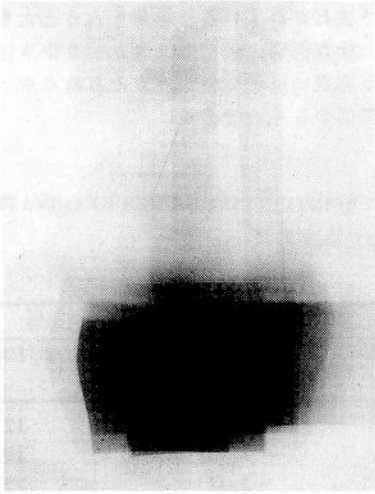


FIGURE 4 Histogram; example of exposure pattern for fluoroscopy, posteroanterior projection, according to sections, E-O, in phantom.<sup>4</sup> Exposures near right and left margins of film are generally due to oblique positioning.

図4 ファントーム中のE-O区画に相当する背腹方向透視における照射の分布状態を示すヒストグラムの1例。フィルムの右端または左端に近い照射はおもに斜位によるものである。

Spot Filming (Upper GI)  
狙撃撮影(上部胃腸管)

Film Jacket  
フィルムジャケット

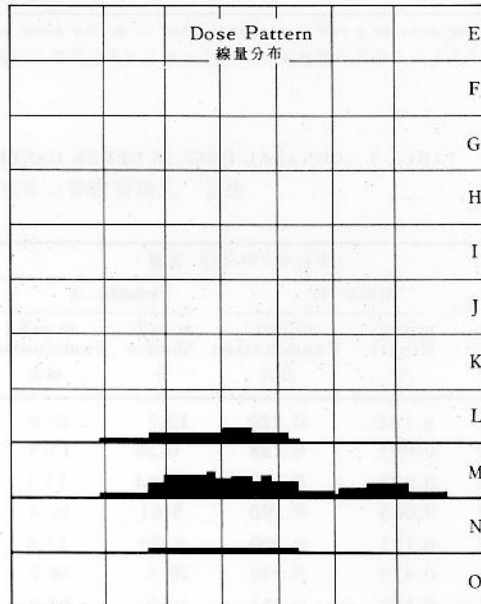
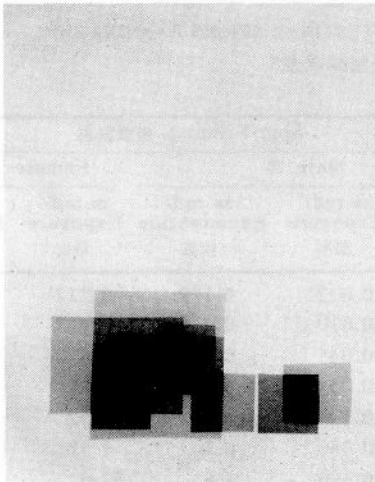


FIGURE 5 Histogram; example of exposure pattern for spot filming, posteroanterior projection, according to sections, E-O, in phantom.<sup>4</sup> Exposures near right and left margins of film are generally due to oblique positioning.

図4 ファントーム中のE-O区画に相当する背腹方向狙撃撮影における照射の分布状態を示すヒストグラムの1例。フィルムの右端または左端に近い照射はおもに斜位によるものである。

The bone marrow and gonadal doses so obtained from the ten examinations in this study are shown in Tables 2 and 3. To facilitate comparison of techniques, fluoroscopy doses were expressed in gram rad per minute and total dose per examination. A wide variation in doses was demonstrated. For total dose in gram rad for fluoroscopy, by examiner, a different distribution of doses is seen, dependent on fluoroscopy time.

この調査で、10人の医師による検査から得られた骨髄線量および生殖腺線量は、表2および3に示す。検査法の比較を容易にするために、透視による線量は1分間あたりのグラム-ラド単位および1回の検査当たりの全線量で表わされている。線量をみると大きなばらつきがある。検査医別に示したグラム-ラド単位で表わされた透視全線量には著しい相違がみられるが、これは透視時間に関係するものである。

TABLE 2 ACTIVE BONE MARROW DOSE\* IN UPPER GASTROINTESTINAL SERIES EXAMINATION

表2 上部胃腸管検査における赤色骨髄線量

Hospital 病院	Doctor 医師	Fluoroscopy 透視		Spot Filming 狙撃撮影	
		g-rad/Minute 分	g-rad/Examination 検査	g-rad/Exposure 曝射	g-rad/Examination 検査
A	1	23.5	39.1	1.58	12.6
	2	28.3	69.1	1.33	10.6
B	3	23.7	61.1	2.07	22.7
	4	18.6	55.9	13.4	121.0
C	5	58.9	153.0	5.6	28.0
	6	83.3	167.0	6.05	30.2
D	7	28.6	76.2	26.5	345.0
	8	31.1	93.2	6.73	74.0
E	9	34.1	148.0	2.17	19.6
F	10	86.3	191.0	7.74	61.9
Mean 平均		41.6	105.0	7.32	72.6

\*Active bone marrow dose in g-rad is integral dose to active bone marrow exposed during examination.

グラム-ラド単位で表わした赤色骨髄線量は、検査を通じて赤色骨髄に照射された積算線量である。

TABLE 3 GONADAL DOSE IN UPPER GASTROINTESTINAL SERIES EXAMINATION

表3 上部胃腸管における生殖腺線量

Hospital 病院	Doctor 医師	Fluoroscopy 透視				Spot Filming 狙撃撮影			
		Male 男		Female 女		Male 男		Female 女	
		m rad/ Minute 分	m rad/ Examination 検査	m rad/ Minute 分	m rad/ Examination 検査	m rad/ Exposure 曝射	m rad/ Examination 検査	m rad/ Exposure 曝射	m rad/ Examination 検査
A	1	0.132	0.220	12.5	20.8	0.022	0.179	0.772	6.18
	2	0.093	0.228	6.26	15.4	0.010	0.076	0.412	3.29
B	3	0.073	0.188	5.84	15.1	0.045	0.496	1.46	16.1
	4	0.063	0.190	5.61	16.8	0.053	0.480	2.86	25.8
C	5	0.111	0.290	6.79	17.8	0.028	0.141	1.52	7.58
	6	0.470	0.939	29.5	58.9	0.030	0.151	1.97	9.86
D	7	0.131	0.351	10.9	29.0	0.380	4.95	37.6	488.0
	8	0.101	0.306	8.42	25.4	0.061	0.666	5.01	55.2
E	9	0.082	0.356	5.58	24.2	0.016	0.145	1.01	9.16
F	10	0.441	0.977	28.0	62.1	0.078	0.625	5.70	45.6
Mean 平均		0.170	0.405	11.9	28.6	0.072	0.791	5.83	66.7

## DISCUSSION

Results in the present study indicate this monitoring system is efficient for estimating field size and pattern of exposure and dose during fluoroscopy examinations. Some error results from lack of the jacket's conforming exactly to all body contours. This error might be overcome with a different jacket design. A small error results due to divergence of the X-ray beam. Using a uniform subject for examination during this basic study, comparison of field sizes used by the examiners was facilitated, but without a patient as the subject for examination, attention of each examiner was less, and fluoroscopy time correspondingly brief.

Review of the literature revealed relatively few reports of bone marrow dose from upper gastrointestinal series examinations; most reports were of gonadal dose. There were wide ranges in dose values, and various techniques were used in determining them. Perhaps the values of Liuzzi et al,<sup>2</sup> Osborn,<sup>7</sup> Hashizume et al,<sup>8</sup> and those of the present study were the most comparable. Though values in the present study were less, results of these studies were approximately of the same magnitude.<sup>9</sup>

Techniques used here would be difficult to apply on a wide scale or in large population studies with the same equipment because of the time and effort required to prepare and use the various materials, and in numerous calculations employed. This study, designed as a basic evaluation of a procedure for monitoring exposure pattern and dose, fulfilled its objectives well, and with some modification, the technique may be applicable for use during examinations of patients. It affords a means of comparing techniques of different examiners.

## SUMMARY

A technique using industrial type X-ray film to determine pattern of exposure and dose during fluoroscopy is described. Using bone marrow distribution tables previously compiled, a basic evaluation of the procedure was made with the cooperation of ten radiologists in the community. Bone marrow dose and gonadal dose were calculated for each of the examinations and are included. The procedure proved practical and efficient in demonstrating differences in dose by examiner. With modification, it may be useful during examination of patients.

## 考 察

この調査の結果から、この測定方法が透視検査における照射野の大きさおよび照射の分布状態ならびに被曝線量の推定に効果的であることがわかった。ジャケットが身体の輪廓とは全面的にぴったり合わないの、ある種の誤差がでてくるが、この誤差は別のジャケットをデザインすることによって、なくすることができるであろう。X線束の広がりによる小さな誤差も考えねばならない。この基礎的な調査を通して、検査には画一的な被検体を用いたので、各検査によって用いられる照射野の大きさを比較することは容易であったが、検査の対象が患者でないために、各検査者の注意がそがれ、したがって透視時間もかなり短か目であった。

文献的にみると、上部胃腸管の透視検査における骨髄線量の報告は比較的少なく、大部分のものは生殖腺線量に関する報告である。その中で線量測定に用いられる方法はそれぞれ異なっており、得られた線量の値にも大きな差がある。おそらく Liuzziら,<sup>2</sup> Osborn,<sup>7</sup> および橋詰ら<sup>8</sup>の報告値と、この調査で得られた値とはどうにか比べることのできるものである。本調査において得られた値は低いけれども、他の研究結果とほとんど同じ程度のものである。<sup>9</sup>

本調査で使用した方法は、いろいろの材料の準備やその使用、また必要な多くの計算などに、かなりの時間と労力が費やされるため、同じ装置と技法によって広範にわたりまたは大規模な集団調査に応用することは困難である。この研究は、照射の分布状態や線量を測定する方法について基礎的な評価をするために計画されたものであって、目的はじゅうぶん達成したが、なお若干の改良を加えることにより、患者の検査時にもこの方法を用いることができると思われる。また、これによりいろいろの検査者の検査方法を比較することができる。

## 要 約

透視検査時に受ける放射線照射の分布状態および被曝線量を決定するために、工業用X線フィルムを用いる方法について記述した。先に作成した骨髄量分布を用いて、地元病院の10人の放射線専門医の協力により、この方法の基礎的な評価を行なった。骨髄線量および生殖腺線量を検査のおのおのについて計算し収録した。この方法は、各検査者により線量に差があることを示すのに実際的で有効であることがわかった。さらに改良を加えて、患者の検査時にも利用できるかもしれない。

## REFERENCES

### 参考文献

1. BLATZ H, EPPER: A photographic method of measuring fluoroscopic dose to the patient. *Radiology* 76:120-1, 1961  
(被検者に対する透視線量のフィルムによる測定方法)
2. LIUZZI A, BLATZ H, EISENBUD M: A method for estimating the average bone-marrow dose from some fluoroscopic examinations. *Radiology* 82:99-105, 1964  
(いくつかの透視検査からの平均骨髄線量推定の方法)
3. EYCLESHYMER AC, SCHOEMAKER DM: A Cross Section Anatomy. New York, D. Appleton, 1911  
(断面解剖学)
4. 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)
5. HINE GJ, BROWNELL GL: Radiation Dosimetry. New York, Academic Press, 1956  
(放射線測定)
6. 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調査対象が地元病医院で受ける線量)
7. OSBORN SB: The implications of the reports of the Committee on Radiological Hazards to Patients (Adrian Committee).  
1. Variations in the radiation dose received by the patient in diagnostic radiology. *Brit J Radiol* 36:230-40, 1963  
(患者に及ぼす放射線学的危害に関する委員会(Adrian委員会)の報告が提起した問題. 1. 放射線診断で被検者が受ける線量のばらつき)
8. 橋詰雅, 加藤義雄ほか: X線透視診断による骨髄線量の推定. *日本医学放射線学会雑誌* 25: 1410-8, 1966年  
(HASHIZUME T, KATO Y, et al: Estimation of bone marrow dose due to fluoroscopic radiation in Japan. *Nippon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi-Nippon Acta Radiol*)
9. Report of the Committee on Radiological Hazards to Patients, London, H.M. Stationery Office, 1966  
(放射線障害に関する委員会報告)