

Title	血管造影検査時の術者グループの被曝線量
Author(s)	西澤, かな枝; 丸山, 隆司; 高山, 誠 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1994, 54(7), p. 661-669
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/20612">https://hdl.handle.net/11094/20612</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## 血管造影検査時の術者グループの被曝線量

西澤 かな枝<sup>1)</sup> 丸山 隆司<sup>2)</sup> 高山 誠<sup>3)</sup>  
道野 慎太郎<sup>3)</sup> 古屋 儀郎<sup>3)</sup>

1)放射線医学総合研究所安全解析 2)放射線医学総合研究所特別研究官 3)杏林大学医学部放射線医学教室

### Effective Dose Evaluation of Angiography Staff

Kanae Nishizawa, Takashi Maruyama,  
Makoto Takayama, Shintaro Dono  
and Yoshiro Furuya

The effective doses received by staff members involved in angiographic examinations were determined using data compiled on radiation doses obtained from monitoring personnel and phantom measurements. Thermoluminescence personnel monitors were used to evaluate the personal doses received by the staff during radiological procedures. Organ or tissue doses were determined by using phantom measurements in which a RANDO-woman phantom was used to simulate geometric conditions during actual angiographic examinations.

The annual effective dosage received by radiologists was estimated to be 8 to 9 mSv per year when they wore a lead-rubber protector. When this protector was disregarded, their annual effective

doses frequently went beyond the annual limit of 50 mSv. The surface dose to the female abdomen per ten months was estimated as 1.7 mSv. Thus, care should be taken by women staff members.

#### はじめに

放射線および放射性医薬品の医学利用は、頻度においても年々増加の傾向があり、人工放射線による人類の被曝のトップの座を保っている。特にX線診断においては、画像診断機器や診断技術の進歩とあいまって、デジタル・ラジオグラフィなどの特殊X線検査による診断が高頻度に行われるようになってきた。わが国におけるX線検査の頻度は、年間5億件<sup>1)</sup>を超えており、これによる患者や被検者が受ける被曝（医療被曝）は増加の傾向にある。血管造影検査などの特殊X線検査では、検査室内でモニタ画像を見ながら検査を行うので、放射線医療業務従事者ら（医療従事者）の被曝（職業被曝）が増大すると考えられる。通常、検査室内で放射線被曝を伴う診療業務を行う場合には防護衣を着用することになっている。放射線障害防止関係法令では、防護衣を着用した場合、不均等被曝の線量管理が義務づけられている。1989年に現法令が施行されて以来、医療従事者の職業被曝で、年限度の50mSvを超える場合が増加したと言われている<sup>2),3)</sup>。これは、防護衣を着用していても頭頸部が直接、X線に被曝す

Research Code No. : 302. 3

Key words : Occupational exposure, Angiography,  
Effective dose

Received Jun. 14, 1993 ; revision accepted Sep. 8, 1993

1) Safety Analysis Unit, National Institute of Radiological Science / 2) Director of Special Research, National Institute of Radiological Science / 3) Department of Radiology, Kyorin University School of Medicine

るためである。特殊X線検査は、医療従事者に対してこのような不均等被曝の原因を作っている。

1990年のICRP勧告<sup>4)</sup>では職業被曝に対する年線量限度は年平均で20mSvとされた。この限度が適用されると、現状のような特殊X線検査を遂行できるかどうか、医療従事者にとっては興味のある問題である。本報告は、このような問題の参考資料とするため、(1)医療従事者に熱ルミネセンス線量計(TLD)を装着して血管造影検査時の被曝線量を測定し、(2)検査時をシミュレートしたファントム実験により、医療従事者の臓器・組織線量を測定し、(3)ICRPの勧告に従い、医療従事者の実効線量を推定した。

手背など線量の多い部分の測定に用いた。これらの素子はMixDpファントム内および表面上で、電子技術総合研究所で校正された電離箱式線量計と比較校正した。また、素子間のバラツキは7%以内のものを使用した。

空間線量分布測定には電離箱式サーベイメータ(アロカ製ICS311)を積算仕様により用いた。これも電子技術総合研究所で校正された電離箱式線量計と比較校正した。

装置X線の実効エネルギーは管電圧80kVの場合で32keV、0.25mmPb当量の防護衣を透過後は約53keVに変化した。

## 測定装置

### (1) 血管造影検査装置

測定に用いた血管造影検査装置は東芝製デジタルフルオログラフィー装置DPF-60A(X線高電圧装置:KYXO-2050)(以下DSA装置という)で、測定期間中、管球下方式、床-焦点間距離32cm、床-検査台表面間距離88cmで使用された。管球と術者の間には特別な防護具は設置されていない。

### (2) 線量測定器

個人被曝線量測定にはナショナルUD-200S、110S、170AのTLDを用いた。これらは直径2mm、長さ12mmのガラス封入型である。UD-200S、110SともにCaSO<sub>4</sub>素子で感度が高くエネルギー依存性が高い。しかしUD-200Sは個人被曝線量測定用としてエネルギー特性補償用シールド付きのホルダーに1個当たり2本の素子が組み込まれており、30keVから80keV程度のX線に対しエネルギー特性は約20%の変化がある。UD-170AはBeO素子で、感度はよくないがエネルギー依存性は比較的小さく、30keVから80keVのX線に対し約8%の変化である。UD-200Sは術者のモニターに用い、主に防護衣内の体幹部表面の測定に用いた。ランドファントムの測定にはUD-110Sを線量が少ないと予想されるファントム内部の測定に、UD-170Aを側頭部、

## 測定方法

### (1) 術者のモニタリング

測定を行った病院では通常、血管造影検査には、医師、放射線技師、看護婦(以下総称して従事者という)のおのおの2名ずつの編成で当たる。医師2名のうち一方が術者となり、一方は助手となる。術者が管球に近い位置に立つことになる。各従事者に2週間にわたり、検査中TLDを装着してもらった。

測定部位は防護衣により保護されない部位として後頭部、側頭部、甲状腺上の頸部、上腕外側、手背を、防護衣により保護されない部分として、胸部、腹部、背部、腰部、大腿内側の各表面を採った。なお、防護衣は前部0.25、背部0.15mm鉛当量のビニール製袖なし型が使用された。

TLDの感度や1人が行う同一作業の頻度から個人ごとに個別のTLDで測定することは困難であるため、測定期間中に検査に携わるチームの各役割ごとに同一のTLDを用い、集積線量を測定した。その間の管電圧、管電流、照射時間を従事者の検査室滞在時間とともに記録した。検査中、IIの有効視野の切り替えが随時行われたが線量集積の際には特に区別はせず、管電圧、管電流、照射時間の変化として記録し、測定条件決定の参考にした。

管電圧80kV、管電流0.2mAで、X線管球の位置を原点として検査室平面を縦横50cmごとの

基盤状に目盛り, 床上116cm (胸部位置を想定) において各点の空間線量を測定した。

## (2) ランドファントムによる測定

実効線量評価のためにランドファントムを用い, 術者となる医師が検査中に立つ位置において, 実際の検査条件の内最も多い条件で, 防護衣を着用した場合と着用しない場合について測定した。測定にはICRP60により組織荷重係数( $W_T$ )が与えられている臓器組織と, その他の臓器として, 脳, 小腸, 脾, 膵, 腎, 副腎, 子宮を選択した。それらの位置は使用したランドファントムのX線写真および透視像から放射線科医の

協力により決定した。ファントム表面の線量は術者のモニタリング位置と同様の位置で測定した。この測定の間, 患者の代わりに, MixDp ファントム厚さ30cm, 幅40cm, 長さ60cmを用いた。(3) 測定終了後, 日常の検査に要する平均時間を知るため, 3カ月にわたり, 各検査ごとのX線出力時間を記録した。

## 結 果

### (1) 従事者のモニタリング

測定期間中に行われた経動脈性血管造影検査

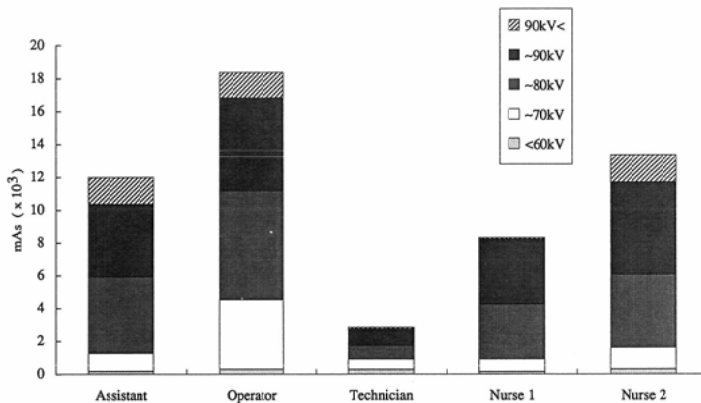


Fig. 1 Used X-ray condition during the monitoring period

Table 1 Occupation time in X-ray room

	Total number of monitored staff	(A) min		(B) min		Exposed ratio in the room (B/A)	
		IA	IV	IA	IV	IA	IV
		Assistant	14	115.1	8.9	108.6	2.6
Operator	16	132.2	10.6	126.5	5.5	0.957	0.518
Radiological technician	16	132.2	10.6	27.7	6.4	0.209	0.603
Nurse 1	10	90.4	6	82.6	3.4	0.913	0.567
Nurse 2	16	132.2	10.6	126.4	6.3	0.956	0.594

IA: Intraarterial Angiography IV: Intravenous Angiography

A: Cumulated time in which X-ray irradiation was carried out for examination during the monitoring period.

B: Cumulated time in which staff occupied in the X-ray room for the examination during the monitoring period.

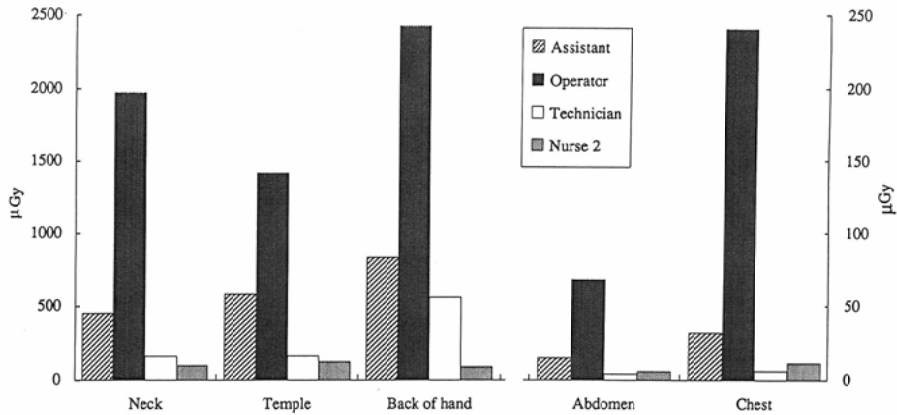


Fig. 2 Cumulated dose during monitoring period

Table 2 Cumulated dose during monitoring period of 2 weeks (mGy), all figured are normalized to 100 mAs

measured site	Assistant	Operator	Technician	Nurse 1	Nurse 2
Occipital region	3.41	1.99	1.61	0.69	0.37
Neck	3.78	10.72	5.74	1.18	0.75
Temple	(r) 1.11 (l) 4.87	1.17 7.71	4.34 5.77	0.98 1.40	0.76 0.94
Back of the hand	(r) 1.21 (l) 6.97	1.72 13.19	6.29 19.70	0.65 0.50	1.19 0.68
Chest	(l) 0.27	1.30	0.20	—	0.09
Abdomen	0.13	0.37	0.15	0.04	0.05
Upper arm	(r) 3.24 (l) 5.66	9.41 21.4	3.71 9.12	0.54 0.85	0.72 0.77
Back	(r) 0.12 (l) 0.20	0.08 0.28	0.15 0.26	0.04 0.04	0.09 0.08
Waist	(r) 0.14 (l) 0.15	0.08 0.38	0.06 0.04	0.02 0.03	0.05 0.08
Femur (inside)	0.49	0.66	2.55	—	0.08

(r): right (l): left

(IA) は 13 例, 経静脈性血管造影検査 (IV) は 3 例であった。Fig. 1 にこの間の各従事者の被曝条件を示した。使用管電圧は 55~100kV に分布し, 80~90kV が最も多かった。Table 1 に測定期間中の検査における合計の透視時間, 透視中の各従事者の室内滞在時間を示した。術者と助手または看護婦 1, 2 において合計の透視時間が異なるのは, 術者と看護婦 2 のみで検査が行われることがあるためである。表中 A/B は 1 検査当たりの透視 X 線出力時間に対する各従事者の検査室滞在時間の比で, 検査中実際に被曝している時間の

割合である。Fig. 2 に測定期間の集積線量を, Table 2 に Fig. 1 の mAs の合計から, 100mAs 当たりにノーマライズした線量を示した。

検査室における空間線量測定値を用いて線量率分布図の予備的結果を Fig. 3 に示した。図中 F は X 線管の焦点の位置, O, A, N は術者, 助手, 看護婦の立つおおよその位置である。左下の値  $0.83\mu\text{Sv}/\text{min}$  は鉛ガラス衝立のないときの値であり, 衝立を用いると ( ) 内の  $0.02\mu\text{Sv}/\text{min}$  に減少した。

## (2) ランドファントムによる測定

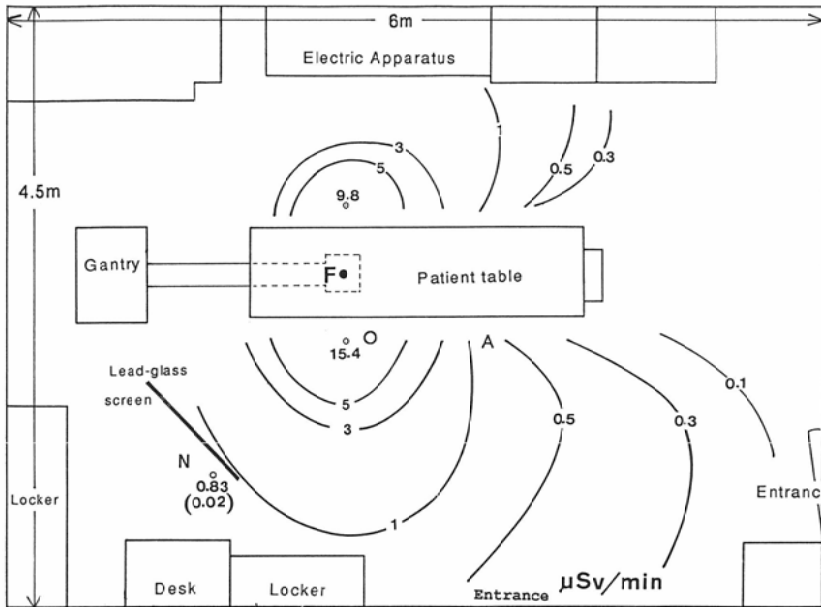


Fig. 3 Dose distribution of examination room (in mSv/min)

Tube voltage; 80kV, Tube current; 0.2mA, Height form the floor; 116cm. F is the position of X-ray focus and O, A, N are standing position of Operator, Assistant and Nurse. The lead-glass screen made the dose value decreasing from 0.83mSv/min to 0.02mSv/min.

Table 3 Organ or tissue dose of Rando-phantom (normalized in 100 mAs)

Organ or tissue	Dose ( $\mu$ Gy)	
	without protector	with protector
Ovary	3.16	0.28
Testis	7.00	1.22
Red bone marrow	6.02	1.57
Colon	9.37	0.60
Lung	6.55	2.33
Stomach	15.71	0.92
Bladder	6.62	0.42
Breast	21.7	0.93
Liver	7.66	0.42
Esophagus	6.92	1.15
Thyroid	21.3	6.39
Bone surface	33.4	8.41
Skin**	33.2	7.73
-----		
Spleen	12.89	1.28
Thymus	9.51	1.48
Uterus	6.40	0.21
Kidney	8.19	0.55
Pancreas	6.35	0.61
Adrenal gland	6.48	0.57
Brain	5.29	5.37
-----		
Effective dose Male	10.20	1.61
( $\mu$ Sv) Female	9.42	1.43
Lens Right	15.06	14.9
( $\mu$ Sv) Left	37.9	41.3

\* For male, the remainders are 6 organs without the Uterus.

\*\* Calculated from the surface dose in Table 4.

Table 4 Surface dose of Rando-phantom, in mGy (normalized in 100mAs)

Site	Without protector	with protector	
		open	inside
Occipital region	2.42	1.98	
Neck	24.9	24.7	
Temple	(r) 3.26	3.65	
	(l) 31.56	47.4	
Femur (inside)	10.81		1.97
Abdomen	(r) 5.18		0.19
	(l) 18.68		1.00
Chest	(r) 16.11		0.18
	(l) 29.5		1.61
Back	(r) 1.69		0.23
	(l) 2.91		0.41
Waist	(r) 0.93		0.11
	(l) 3.46		0.37
Shoulder	(r) 1.42	0.26	
	(l) 34.9	50.1	
-----			
Back of hand	(r) 2.11	2.11	
	(l) 16.2	16.2	
Mean	33.2	7.73	

r : right, l : left

Table 5 Mean exposure time per examination

(a) Total number of examination during the 3 months and mean irradiated per examination

Method	IA	IV
Number of examination	85	22
Mean irradiated time (min)/Examination	13.5±9.44	5.0±4.91

(b) Real exposed time per examination

	IA		IV	
	min	mAs	min	mAs
Assistant	12.7	1295.4	1.46	120.9
Operator	12.9	1292.6	2.59	251.7
Radiological technician	2.82	223.3	3.02	320.7
Nurse	12.5	1230.	2.90	317.8

IA : Intraarterial Angiography IV : Intravenous Angiography

従事者の測定期間中に使われたX線管電圧の平均的な値80kVで測定した。

100mAs当たりの各臓器組織の線量をTable 3に示した。また、これらの値からICRP60による実効線量を算出し同表に示した。皮膚での線量に対しICRP60では $W_T$ に0.01を与えている。人体の表面積は約 $1.5\text{m}^2\sim 1.6\text{m}^2$ と言われている<sup>5)</sup>。ランドファントムをいくつかの楕円柱、楕円錐に模して表面積を推定計算したところ約 $1.51\text{m}^2$ となった。このうち防護衣で覆われる体幹部から膝まではおよそ $0.9\text{m}^2$ で、全体の60%であった。皮膚癌の発生の確率は被曝面積に比例するというICRP60 Annex Bの仮定により、Table 4に示したファントム表面での線量のうち、防護衣に覆われない部分、防護衣に覆われる部分のおおの平均値に0.6、0.4と重みづけをし、合計を皮膚線量とした。防護衣を使用しない場合は全測定点の平均値とした。手の線量はランドファントムでは測定できないため術者の実測値からファントム実験での条件にシミュレートした手背での値の平均値を使用した。

### (3) 術者の等価線量および実効線量の推定

測定期間を含む3カ月間に行われたIA、IV検査の103例、25例のうち、透視X線出力時間を

記録できたIA 85例、IV 25例から得た一検査当たりの平均透視時間をTable 5(a)に示した。この時間にTable 1の透視時間に対する各従事者の検査室滞在時間の割合を乗じ、結果を各従事者の平均的な1検査当たりの被曝時間とした。また、1検査当たりの平均的なmAsをTable 5(b)のように推定した。

これらから水晶体、手、胸部腹部表面など注目されやすい部位の等価線量を推定し、Table 6に示した。1年間の検査数は3カ月の値IA 103例、IV 25例を単純に4倍した。また、看護婦1、2は検査室での行動に有意差はないので平均した。一方、ランドファントムによる実効線量の評価結果を、Table 2、3の術者と防護衣を装着させた場合のランドファントムの胸部での表面線量の比を乗じ、Table 6に示した。

## 考 察

### (1) 従事者のモニタリング

造影剤の自動注入器の発達により医師の被曝線量は軽減されている<sup>5)</sup>が、症例によっては手押し注入による場合がある。測定期間中、手押しによる造影剤の注入が2件あったが区別せずに集積測

Table 6 Equivalent dose and effective dose

Worker	Exposed site	per 100 mAs	per examination		3 months	per year	
		$\mu\text{Gy}$	IA $\mu\text{Gy}$	IV $\mu\text{Gy}$	IA+IV mGy	mGy	
Assistant	Lens (Left)	4.24	54.9	5.13	5.79	23.14	
	Thyroid	0.98	12.69	1.18	1.34	5.35	
	Back of the hand	1.21	15.67	1.46	1.65	6.60	
	Upper arm (Left)	5.66	73.3	6.84	7.72	30.89	
	Chest (Surface)	0.27	3.50	0.33	0.37	1.47	
	Abdomen (Surface)	0.13	1.68	0.16	0.18	0.71	
Operator	Lens (Left)	6.72	86.9	16.91	9.37	37.48	
	Thyroid	2.77	35.8	6.97	3.86	15.45	
	Back of the hand	1.72	22.2	4.33	2.40	9.59	
	Upper arm (Left)	21.4	277.	53.9	29.84	119.35	
	Chest (Surface)	1.30	16.80	3.27	1.81	7.25	
	Abdomen (Surface)	0.37	4.78	0.93	0.52	2.06(1.72)*	
	(with protector)	Male	1.61 $\mu\text{Sv}$	20.81 $\mu\text{Sv}$	4.05 $\mu\text{Sv}$	2.24mSv	8.98mSv
		Female	1.11 $\mu\text{Sv}$	14.35 $\mu\text{Sv}$	2.79 $\mu\text{Sv}$	1.99mSv	7.98mSv
	Effective dose (without protector)	Male	8.23 $\mu\text{Sv}$	106.4 $\mu\text{Sv}$	20.7 $\mu\text{Sv}$	11.48mSv	45.90mSv
		Female	7.61 $\mu\text{Sv}$	98.3 $\mu\text{Sv}$	19.20 $\mu\text{Sv}$	10.61mSv	42.44mSv
Radiological technician	Lens (Left)	5.03	11.23	16.13	1.56	6.24	
	Thyroid	1.48	3.30	4.75	0.46	1.84	
	Back of the hand	6.29	14.05	20.2	1.95	7.80	
	Upper arm (Left)	9.12	20.2	29.3	2.83	11.32	
	Chest (Surface)	0.20	0.45	0.64	0.06	0.25	
	Abdomen (Surface)	0.15	0.33	0.48	0.05	0.19	
Nurse	Lens (Left)	1.02	12.55	3.24	1.37	5.49	
	Thyroid	0.25	3.08	0.79	0.34	1.35	
	Back of the hand	0.92	11.32	2.92	1.24	4.95	
	Upper arm (Left)	0.81	9.96	2.57	1.09	4.36	
	Chest (Surface)	0.09	1.11	0.29	0.12	0.48	
	Abdomen (Surface)	0.05	0.62	0.16	0.07	0.27	

( ) \*: the value is for 10 months.

定した。測定期間を含む3カ月間のIA検査103例中13例が手押しにより行われており、今回の測定期間2週間に2例はほぼ平均と考えられる。

Table 2の100mAs当たりの線量では、後頭部において術者より助手の方が高かった。原因は明確でないが、検査中、器具の準備等で管球に対し後ろを向くことが術者より助手の方が比較的多いためではないかと推定される。

技師の水晶体および手の線量が他の従事者に比

べ高かった。これはたとえばイメージインテンシファイヤー(II)の撮像範囲内に肺野と軟部組織など密度の極端に異なるものが入ると像にハレーションを起こし、モニターできないことがある。この補償のため像を見ながら吸収材を照射野内に置くという作業があったためである。測定後、手の線量は防護手袋を着用することで改善されたが、他の臓器組織についてはむずかしい。装置メーカーの工夫が望まれるところである。



## (2) ランドファントムによる測定

Table 4 の表面線量測定結果において、防護衣を着用した場合としない場合では線源に近い側（主に左側前面）ではおよそ 1/18、他の部分では 1/7~1/9 に減弱した。胸、腹部右の測定では 1/30、1/80 もの値が出ているが、ファントムのように動かない場合防護衣部分を斜めに長距離を透過してくるようなことがあり、このような結果となったと考えられる。

ランドファントムには腕がないため腕の付け根に当たる部分（Table 等では肩と称した）を測定したが、この左の部分および側頭部は防護衣をつけた方が高線量となった。防護衣による散乱線の増加が考えられる。

## (3) 医師の実効線量の推定

ランドファントムでの測定は、言うまでもなく体は直立のままであるが、医師の検査中の姿勢は前傾の場合が多く、また向きもさまざまに変化する。術者の場合、頭頸部、腕、手は患者の体の上にあることが多く、検査台、患者による遮蔽、散乱線の状況もかなり異なる可能性がある。Table 2, 4 の 100mAs 当たりの線量に明らかなように、後頭部には大きな違いはないが頸部、側頭部には差がでている。しかし、防護衣内の体幹部では有意な差はない。したがって、ランドファントムによる深部臓器の線量による実効線量の算定は甲状腺、脳、頭頸部の赤色骨髄、骨表面の線量の差のために多少の過剰評価となると考えられる。しかし、これらの部分の赤色骨髄は全体の約 8% であり、骨表面、脳に対する  $W_T$  はそれぞれ 0.01、0.007 で、あまり大きい寄与ではないと考えられる。

皮膚線量の実効線量への寄与は防護衣なしの場合で 3%、防護衣を用いた場合で 5% であった。測定誤差から考えて、これらは無視しても問題は少ない。

医師の放射線被曝を伴う作業の中で血管撮影は被曝量の最も多い検査の一つと考えられる。測定を行った病院での検査数は、他病院のそれと異なる可能性はあるが、一応この検査数 500 例で評価してみた。1 年間 500 例の作業に従事すると仮定

して年間の線量を算定すると Table 6 に示すようにおよそ 8~9mSv となった。ICRP60 では年間の実効線量の線量限度 20mSv を勧告しているがそれ以下ではあった。年実効線量限度から逆に考えると、今回の測定によれば 1 年間に 1 人の術者が検査に従事するのは 1000 例以下までとした方がよいこととなる。しかし、1 件当たりの検査時間にもよるし、たびたび問題となることであるが、従事者が防護衣を着用しないようなことがあると年間 40~50mSv となる可能性がある。

また、術者の腹部表面の線量は 1 年で 2.1 mSv、10 カ月では 1.7mSv となり、ICRP60 の線量限度 2mSv にかなり近くなった。実際にはこのような作業はないと考えられるが特に女性の場合注意を要する。

Ramsdale<sup>6)</sup>等は血管撮影時の術者の眼、甲状腺、手指の線量を測定している。管球上方式で、検査部位によるが 1 検査当たり平均検査時間 22~23 分とし、線量も我々より約 10 倍ほど多く報告している。また Tryhus<sup>7)</sup>らは眼、甲状腺、腰部、手の線量を測定し、他の研究者による測定結果とともに報告している。これ等は我々が推定した 1 検査当たりの平均被曝時間の線量とは測定条件の違いを考慮すれば比較的よく一致していると思われる。いずれも術者の作業位置が管球を左にすることが多く、左側の方が右側より線量が高い。

甲状腺は通常の防護衣では防護されないことが多く、甲状腺用の防護衣を用意したが長時間使用するには重く、従事者にはあまり歓迎されなかった。しかし線量の多い部位であり、常にモニターするなどして注意すべきである。

---

## ま と め

---

血管造影検査における医療従事者の被曝線量を測定した。術者の条件でランドファントムを用い臓器組織の線量を測定し、ICRP60 の提唱する実効線量を算定した。防護衣を着用した状態では術者の実効線量は 8~9mSv/年で線量限度 20 mSv/年を満足するが、防護衣を着用しないと

50mSv/年ともなる恐れがある。また、ランドファントムでの測定結果から術者の水晶体、甲状腺、胸部と腹部表面の1年間の等価線量を推定した。いずれもICRP60の作業者の線量限度を満足するが検査中、術者の腹部表面線量は、1.7mSv/10カ月となるので、女性の場合特に注意を要する。

稿を終わるに当たり、測定にご協力頂いた杏林大学附属病院放射線科の高田雅範主任技師、山本美砂技師およびモニターを装着して頂いた医師、看護婦の皆様に感謝いたします。

#### 文 献

- 1) 丸山隆司, 隈元芳一, 西澤かな枝, 他: X線撮影における撮影および透視, 1986年, RADIO-ISOTOPES, 42, 113-119, 1993
- 2) フィルムバッジニュース No.191 ('92. 11) 千代田保安(株)
- 3) ナガセFBだより No.178 ('92. 10) 長瀬ラングウア
- 4) ICRP, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP60. (Pergamon Press. Oxford), 1991
- 5) 金子丑之助, 日本人体解剖学, p.423, 1959, 南山堂, 東京
- 6) Ramsdale ML, Walker WJ and Horton PW; Extremity doses during interventional radiology, Clinical Radiology 41, 34-36, 1990
- 7) Tryhus M, Mettler FA and Kelsey C; The Radiologist and angiographic procedures absorbed radiation dose. Invest. Radiol. 1987; 22: 747-750