

Title	血管造影中の術者被曝とその低減についての検討
Author(s)	吉田, 英夫; 高橋, 睦正; 玉川, 芳春
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1977, 37(6), p. 562-569
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16931
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

血管造影中の術者被曝とその低減についての検討

秋田大学医学部放射線科（主任：高橋睦正教授）

吉田 英夫 高橋 睦正 玉川 芳春

（昭和51年7月29日受付）

（昭和52年2月7日最終原稿受付）

Exposure of the radiology personnel to scattered radiation during angiography with consideration of its decrease.

H. Yoshida, M. Takahashi, and Y. Tamakawa

Department of Radiology, Akita University School of Medicine, Akita, Japan

(Director: Prof. M. Takahashi)

Research Code No.: 302

Key Words: Occupational radiation exposure, Scattered radiation in angiography

Distribution of scattered radiation during fluoroscopic procedure for angiography was measured in our angiographic room. An ionization chamber and a thermoluminescent dosimeter were used for measurements of scattered radiation in vertical and horizontal planes. Measurements were also made on exposure of the radiology personnel to scattered radiation during various angiographic procedures on 131 patients, utilizing a thermoluminescent dosimeter. Exposures to the fingers and the lens were prominent, while exposures to the chest and the gonads were negligible. These were all far below the permissible dose. Our experimental study showed that scattered radiation was related to 4 factors: $(kVp)^3 \times mAs \times \text{field size}/R^2$ (R =distance from the patient). Therefore, angiographers should make efforts to minimize exposure by keeping these factors in mind.

はじめに

近年血管造影法が広く臨床に应用されるにおよび、その実施頻度が急速に増加している。放射線作業従事者は放射線障害の発生の危険、とくに遺伝的障害発生の危険にさらされている訳であり、とくに血管造影中に危険度は大きいと推定される。このために極力少ない術者被曝で血管造影を施行できるような工夫をせねばならない。これまで血管造影実施中の患者の被曝線量³⁾⁶⁾⁹⁾¹¹⁾、及び

造影室内の散乱線分布¹⁾⁴⁾⁵⁾⁷⁾¹⁰⁾については種々報告されているが術者の被曝線量についての報告はまれである²⁾。

そこで我々は血管造影実施中における術者の被曝線量を測定するとともに、被曝軽減の検討を行なうために造影室内の散乱線分布等の測定を行なった。これらの結果を資料として、被曝線量減少のための方法、手段等について検討したので報告する。

材料および方法

(1) 透視装置, 撮影装置, 線量測定

被曝線量は術者, 介助者, 放射線技師及び看護婦の計4名について, 水晶体, 甲状腺, 胸部(プロテクター外部と内部), 背面中央部, 左右手指及び生殖腺の計8カ所に TLD 素子を各部位1箇所ずつ装着することにより測定を行なった。

使用した測定器は, i) 東芝製電離槽型線量計, SB I-52031, ii) ナショナル熱蛍光線量計, UD-505A, TLD 素子, 170A (BeO) である。TLD 素子は1症例ごとに交換した。バラツキの多い素子は前もって予備実験で除き, 出来るだけ品質のよい素子のみを使用した。Back ground を差し引くため, 1症例ごとに TLD 素子5本を用意した。

(2) 透視中の散乱線分布の測定

造影室内の透視中の散乱線分布は, 電離槽型線量計, 及び TLD の両者併用で測定した。測定の際の条件は血管造影検査で使用されるもつとも平均的な値である管電圧75kVp, 管電流1mA, 照射野はX線管球焦点被写体間距離70cm で10×10cm とした。被写体としてプラスチック容器入れの水phantom 厚さ18cm を使用した。造影室内の散乱線分布を立体的に把握するために, 水平散乱線分布及び垂直散乱線分布について測定を行なった。水平散乱線分布については, 被写体を中心として30度方向, 20cm 間隔ごとに, 垂直散乱線分布については20cm 間隔ごとに測定を行ない作成した。

(3) 術者の被曝線量の測定

血管造影法は大腿動脈カテーテル法により実施し, 造影剤の注入は自動注入器で行なっているため, 術者の被曝は透視時に限られる。手圧注入を併用したものはこの検討から除外した。術者の被曝線量は昭和49年12月より昭和51年1月までの期間に実施された脳血管造影及び腹部血管造影検査131症例について測定した (Table 1)。

(4) 散乱線と管電圧, 実験式の検討

術者の被曝寄与因子を検討するために散乱体中心より1mの距離, 散乱角90度及び管球焦点被写

Table 1. Case Materials

Angiography	No. Cases
Cerebral Angiograms	52
Abdominal Aortograms and Renal Angiograms	48
Celiac and Superior Mesenteric Angiograms	31
Total	131

体間距離70cm での照射野10×10cm で散乱線量率を電離槽型線量計及び TLD の両者併用及び, 管電圧を変えて測定した。

この結果より散乱線量Dと管電圧kVp, 管電流mAs, 照射野A及び距離rの近似式を $D \propto (kVp)^3 \times (mAs) \times (A) \times 1/r^2$ と定めその妥当性を実際の測定値で検討した。

結果

(1) 透視中の散乱線分布

散乱線を垂直散乱線分布 (Fig. 1) と水平散乱線分布 (Fig. 2) に分けて示す。それぞれ等線量率を示す点を結び作成した。分布は透視線錐より90度方向がもつとも強い線量率を示し, 被写体中

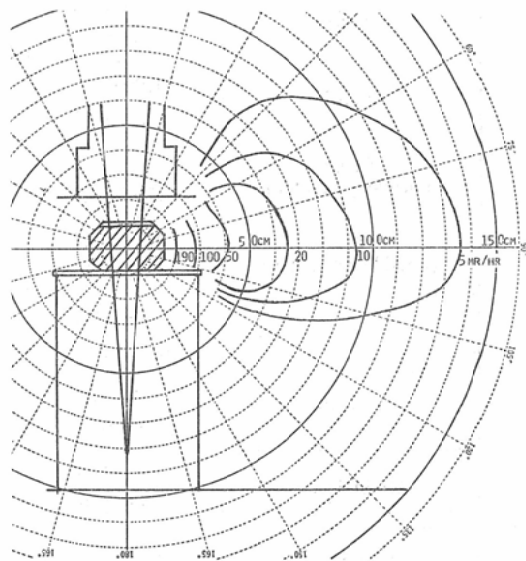


Fig. 1 Vertical projection of isodose scatter radiation curves. Field size 10×10cm, FSD 70cm, 75kVp and 1mA.

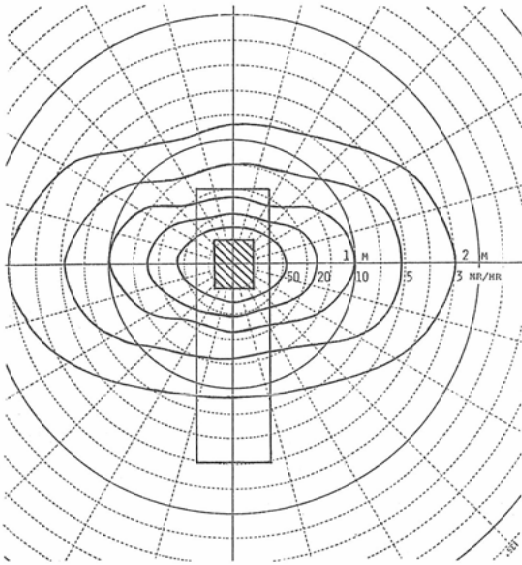


Fig. 2 Horizontal projection of isodose scatter radiation curves. Field size 10x10cm, FSD 70 cm, 75kVp and 1mA.

Table 2. Fluoroscopy Techniques

	Cerebral Angio.	Renal Angio.	Celiac Angio.
kVp	48-80 69	58-90 75	60-102 81
Time	1'40"-27'20" 9'39"	46"-15'20" 4'48"	1'30"-25'50" 10'33"
Field Size cm ²	35-187 110	64-300 114	48-280 112

range
mean

心より1mの距離で9mR/hrであった。また、一次線の線量は被写体表面で2.2R/minであった。透視管球からの漏洩線はBack groundレベルであつてほとんど検出されなかつた。

(2) 術者の被曝線量

血管造影を行なつた131症例について術者の被曝線量を造影部位に分けて示した。脳血管造影52例、腹大動脈、腎動脈造影48例、腹腔動脈・上

Table 3. Mean exposure during cerebral angiography (mR per examination)

	Angiographer	Assistant	Technician	Nurse
Lens	0.0-19.4 1.29±0.63	0.0-5.2 0.52±0.14	0.0-1.9 0.44±0.08	0.0-4.2 0.76±0.16
Thyroid	0.0-10.2 0.79±0.31	0.0-1.4 0.37±0.05	0.0-2.6 0.99±0.11	0.0-2.6 0.60±0.09
Chest (inside protector)	0.0-0.8 0.20±0.04	0.0-0.8 0.19±0.03	0.0-1.8 0.24±0.05	0.0-1.4 0.24±0.05
Chest (outside protector)	0.0-2.7 0.39±0.09	0.0-3.8 0.50±0.11	0.2-3.5 1.02±0.18	0.0-7.2 0.71±0.18
Back	0.0-1.7 0.24±0.06	0.0-3.4 0.37±0.10	0.0-2.4 0.31±0.08	0.0-2.1 0.42±0.08
Gonads	0.0-0.8 0.08±0.03	0.0-0.9 0.21±0.04	0.0-1.0 0.22±0.04	0.0-1.1 0.27±0.05
Right hand	0.0-38.6 2.15±1.10	0.0-14.5 1.42±0.73	0.0-3.1 0.85±0.14	0.0-2.8 0.92±0.11
Left hand	0.2-21.6 2.49±0.70	0.0-5.5 1.73±0.27	0.1-3.4 0.81±0.13	0.0-9.6 1.27±0.31

Range
Mean ± Standard error

Table 4. Mean exposure during abdominal aortography and renal angiography (mR per examination)

	Angiographer	Assistant	Technician	Nurse
Lens	0.0— 7.3 1.03±0.23	0.0—10.2 1.21±0.28	0.0— 2.2 0.69±0.08	0.0— 2.5 0.67±0.09
Thyroid	0.0— 3.7 0.87±0.02	0.0— 3.1 0.87±0.11	0.0— 5.6 0.87±0.17	0.0— 1.7 0.68±0.07
Chest (inside protector)	0.0— 1.4 0.25±0.05	0.0— 1.0 0.12±0.05	0.0— 1.5 0.28±0.06	0.0— 2.5 0.36±0.07
Chest (outside protector)	0.0— 8.7 0.91±0.18	0.0— 8.9 1.27±0.21	0.0— 5.3 0.85±0.14	0.0— 6.1 0.83±0.16
Back	0.0— 2.8 0.54±0.08	0.0— 3.3 0.55±0.10	0.0— 2.5 0.51±0.09	0.0— 2.1 0.41±0.07
Gonads	0.0— 1.4 0.25±0.05	0.0— 1.9 0.29±0.06	0.0— 1.7 0.40±0.11	0.0— 2.1 0.31±0.06
Right hand	0.0—15.8 3.58±0.56	0.2—24.7 5.46±1.15	0.0— 9.4 1.71±0.25	0.0—12.2 1.98±0.35
Left hand	0.2— 139.4 7.31±2.93	0.2—19.2 4.17±0.64	0.0— 8.0 1.08±0.18	0.0— 6.4 1.82±0.21

Range
Mean ± Standard error

腸間膜動脈造影31例である。透視条件をみると Table 2 に示すように、管電圧、管電流及び照射野についてはそれ程大差はないが、透視時間に顕著な差が認められた。平均値をとると脳血管造影で 9分39秒、腹大動脈、腎動脈造影で 4分48秒、腹腔動脈、上腸間膜動脈造影では10分33秒である。また、透視時間の最小が46秒、最大が27分20秒であった。各造影部位別の被曝線量を脳血管造影 (Table 3)、腹大動脈・腎動脈造影 (Table 4)、腹腔動脈・上腸間膜動脈造影 (Table 5) に分けて示す。それぞれ1症例実施中の被曝線量の range と mean±standard error を示した。

(3) 散乱線と管電圧の関係、実験式の有効性
散乱線量はほぼ管電圧の3乗に比例していることが認められる (Fig. 3)。近似式 $\propto (kVp)^3 \times mAs \times A/r^2$ が妥当か否かを実際の各術者のプロテクター前面での平均線量値で相関を調べ脳血管造影 (Fig. 4)、腹大動脈・腎動脈造影 (Fig. 5)、

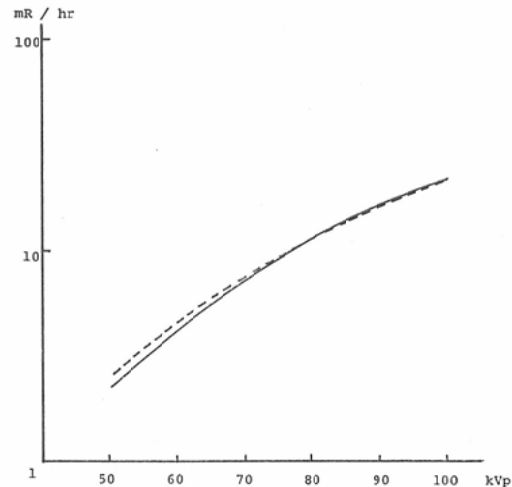


Fig. 3 Relationship between scatter dose rate and tube voltage. Scatter angle 90, field size 10×10 cm at FSD 70cm, tube current 1mA, distance 1m from patient body. Dotted curve indicates a curve plotted corresponding to $(kVp)^3$.

Table 5. Mean exposure during celiac and superior mesenteric angiography (mR per examination)

	Angiographer	Assistant	Technician	Nurse
Lens	0.1— 8.4 1.72±1.34	0.0— 5.6 1.07±0.58	0.0— 1.8 0.50±0.11	0.0— 7.0 0.67±0.34
Thyroid	0.0—17.9 1.70±0.89	0.0— 3.7 0.96±0.26	0.0— 5.0 0.88±0.26	0.0— 1.6 0.57±0.11
Chest (inside protector)	0.0— 0.7 0.24±0.06	0.0— 2.0 0.37±0.10	0.0— 2.3 0.38±0.12	0.0— 1.1 0.31±0.07
Chest (outside protector)	0.0—11.2 1.32±0.55	0.0— 6.7 1.48±0.44	0.0— 7.4 1.17±0.38	0.0— 1.9 0.60±0.28
Back	0.0— 2.0 0.34±0.11	0.0— 2.0 0.40±0.13	0.0— 1.0 0.30±0.07	0.0— 1.5 0.47±0.11
Gonads	0.0— 1.6 0.30±0.10	0.0— 1.0 0.31±0.10	0.0— 1.0 0.29±0.08	0.0— 1.6 0.37±0.12
Right hand	0.3—11.9 2.76±0.69	0.0—39.3 4.42±2.11	0.0— 3.8 1.31±0.24	0.0—24.2 3.10±1.36
Left hand	0.2—10.1 3.57±0.70	0.6—15.4 4.02±0.95	0.0— 3.8 1.06±0.18	0.0—24.2 3.07±1.37

Range
Mean ± Standard error

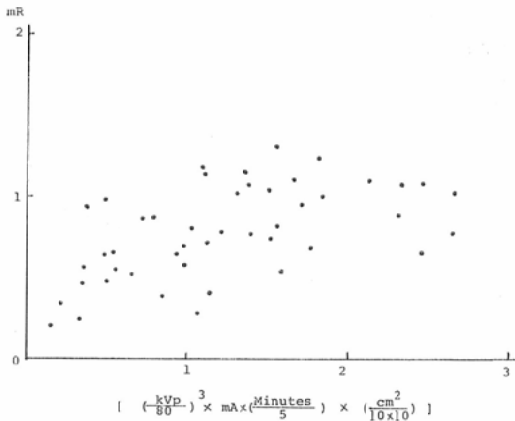


Fig. 4 Relationship between fluoro techniques and chest exposure outside protectors during cerebral angiography. $r=0.6013$ (reliability of more than 99%)

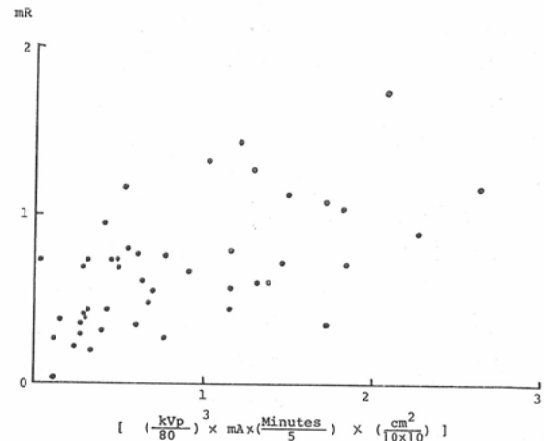


Fig. 5 Relationship between fluoro techniques and chest exposure outside protectors during abdominal aortography and angiography. $r=0.6174$ (reliability of more than 99%)

腹腔動脈・上腸間膜動脈造影 (Fig. 6) に分けて示す。それぞれ横軸に被曝線量寄与因子である $(kVp) \times mA \times time$ (分) $\times A$ (cm^2) を管電圧

80kVp, 透視時間5分, 照射野 $10 \times 10cm$ で規格化した値で表示した。それぞれの相関係数を算出すると0.6013 (Fig. 4), 0.6174 (Fig. 5), 0.7095

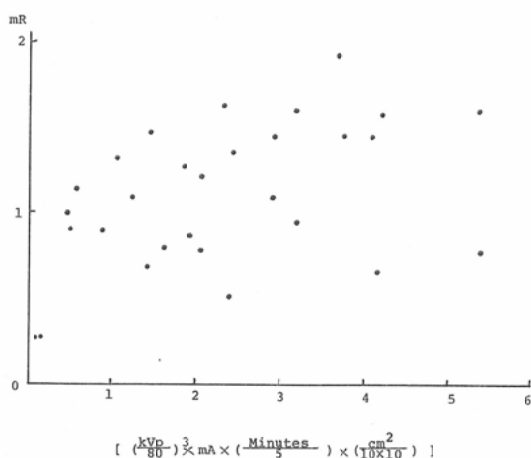


Fig. 6 Relationship between fluoro techniques and chest exposure outside protectors during celiac and superior mesenteric angiography. $r=0.7095$ (reliability of more than 99%)

(Fig. 6) であり r 検定ではいずれも 1% の危険度で有意であった。距離の因子については考慮できなかった。術者が被曝線量を減少させるためには上式の散乱線寄与因子を減少せしめる努力をすればよいことが示された。

考 案

我々は血管造影検査を 1 日約 2 例、1 週約 10 例ほどの頻度で実施している。この間の術者の施行状況は医師は 1 週間に約 2 日ずつ rotation で検査を実施し、また技師、看護婦各 1 名はそれぞれ 6 カ月、及び 3 カ月ごとに交代するシステムをとっている。術者の被曝線量測定データにもとづいて critical organ を中心とした各部位ごとの検討を次におこなう。

(1) 水晶体の被曝線量

我々が血管造影実施時に装着するプロテクターは肩から身体前面を防護する Pb 当量 0.5mm のエプロンである。水晶体はプロテクター外にあり被曝しやすい部位にあり透視線錐に近づく際に被曝線量が多い。測定結果によると平均では 0.44—1.72mR の範囲であり、最大では術者が 19.4mR の被曝値を記録した例があった。造影別では腹腔動脈、上腸間膜動脈造影が比較的高い被曝値であり、術者では平均 1.72mR となっている。文献²⁾

の報告によると、水晶体の被曝線量の 90% が撮影時によるもので、自動注入器を使用する我々の施設では、比較的少ない被曝線量である。又、放射線作業者の最大許容線量である 3 rem/3 カ月、及び白内障のしきい線量は 75rad といわれるが、それらの線量限度に比べてもはるかに少ないものといえる。

(2) 甲状腺の被曝線量

術者及び、各造影別の甲状腺の平均被曝線量は 0.37—1.70mR の範囲である。最大被曝線量は術者が腹腔動脈、上腸間膜動脈造影時に 17.9mR を記録した。甲状腺の被曝線量は水晶体被曝値と同様に術者、介助者に比較的多く、中でも腹腔動脈、上腸間膜動脈造影検査に多い値を示している。これらの値は許容線量に比べて水晶体と同様にはるかに少ない被曝値であるが、被曝しやすい部位であり、十分な注意を払わねばならない。

(3) 胸部の被曝線量

プロテクター内部の胸部での術者、各造影別の平均被曝線量は 0.19—0.38mR の範囲である。最大の被曝線量は腹大動脈、腎動脈造影で看護婦が 2.5mR を記録した。また、わずかながら技師、看護婦の線量値が高く、造影別では腹腔動脈、上腸間膜動脈造影時に高い結果となっている。しかしながら Back ground が約 100mR/年とされており 1 日当りに換算すれば 0.27mR 程度で、1 例当りの被曝線量は Back ground と同程度かやや多い程度の結果であり問題ない値であるといえる。この様な低線量はここで用いた TLD 素子の測定範囲の限界に達しておりまた、0.5mm Pb 当量のエプロン内では約 1/500 に線量が減少すると考えられることから、実際は以上の被曝値よりもさらに低下していると考えてよいであろう。

(4) 背面中央部の被曝線量

術者、各造影別の背面中央部の平均被曝線量の範囲は 0.24—0.55mR であり、看護婦にやや高い値を示した。また、最大被曝線量は脳血管造影で介助者が 3.4mR 記録された。血管造影実施時には通常背面を透視線錐側に向けることのないよう各術者は留意すべきであろう。

(5) 生殖腺の被曝線量

生殖腺に対する被曝線量の術者、各造影別の平均被曝値は0.08—0.40mRの範囲にあり、被曝各部位の中でもつとも低い値を示していた。最大の被曝値は腹大動脈、腎動脈造影実施中に看護婦が2.1mRの記録であつた。女子腹部の妊娠中の許容線量は妊娠と診断された時から出産まで1remである。この値について、看護婦の腹腔動脈、上腸間膜動脈造影実施中の平均被曝値0.37mRより換算すると3カ月間で50mR程度となり、許容線量の20分の1程度になる。生殖腺はプロテクター内部にありまた線量計の測定限界を合わせて考慮すればより低い値であると考えられる。

(6) 手指の被曝線量

手指の被曝線量はそれぞれの平均値の範囲が0.81—7.31mRであり、術者及び介助者にとってはカテーテル操作のため透視線錐にもつとも近い位置にあることから被曝が多く、とくに腹大動脈、腎動脈造影実施中での平均値が高かつた。文献²⁾の報告と比較しても高い被曝線量値であつた。最大では腹大動脈、腎動脈造影実施中に術者の左手指が139.4mR被曝した例があつた。この時の透視時間は6分20秒と平均的な値であるので、左手指が透視線錐内に含まれたと考えられる。さらに我々の装置では右手指より左手指が透視線錐に近接しているため術者、介助者は左手指が高い被曝値を示した。手指の許容線量は20rem/3カ月であり、平均の被曝線量値は許容線量よりはるかに少ないといえるが、不用意に手指が透視線錐内に含まれた場合に大量に被曝するので術者、介助者はとくに十分注意せねばならない。

最後に測定上の問題について検討を加える。我々はエネルギー特性限度が15keVと一番すぐれているBeO 1mmφ×10mm素子を使用した。この素子の信頼限界は10%以内の誤差では2mRである。又線量計の較正については、基準線量計として東京地区医療用線量標準センターで相互比較を受けたIONEX (Ionization meter type 2500)を使用した。被曝線量測定は素子各部位1箇所ずつに限られ、とくに胸部等の低線量の部位ではかな

りのバラツキが見られた。また、素子は振動及び衝撃に対して測定値が異常に高くなることがある。このために出来るだけ症例数を多くして統計的に有意義なものとし、Back groundについては症例ごとに差し引き、振動及び衝撃を出来るだけ少なくするように注意を払つた。明らかに異常と思えるデータは本研究の対象から除いた。以上のことから我々の測定データは十分に信頼性があるといえる。

結 論

血管造影透視時の室内の散乱線分布を測定し、さらに実際の被曝線量を術者の各部位についてTLDにより測定した。被曝結果は術者及び介助者の手指がもつとも多く、次に水晶体の被曝線量が多かつた。胸部及び生殖腺の被曝線量はほぼBack ground程度であつた。全体的には法的許容線量に比べてはるかに少ない線量であつたが、被曝軽減の努力を払うことが必要である。とくに被曝線量は実験式 $(kVp)^3 \times mAs \times (\text{field size}) / (\text{被写体よりの距離})^2$ に相関することを示し、造影にあつたつてはこれらの因子に留意すべきことを強調した。

(被曝線量測定に協力いただいた医局員、技師、看護婦諸氏に感謝する。本研究は文部省科学研究費補助金の援助により行なつた。論文の概要は第34回日本医学放射線学会総会(1975年)において報告した。)

文 献

- 1) A.J. Stacey, R. Davis, and I.H. Kerr: Personnel protection during cardiac catheterization with a comparison of the hazards of undercouch and overcouch X-ray tube mountings. *B.J. of Radiol.*, 47: 16—23, 1974
- 2) B.C. Santen, K. Kan, H. J.M. Velthuyse, and H.W. Julius: Exposure of the radiologist to scattered radiation during angiography. *Radiology*, 115: 447—450, 1975
- 3) G.M. Ardran, J. Hamill, E. Emrys-Roberts, and R. Oliver: Radiation dose to the patient in cardiac radiology. *Brit. J. Radio.* 43: 391—394, 1970
- 4) 岩 喬, 平田 保, 有波敏明, 久保良彦, 中間光雄: 透視台防護改装と散乱線分布及び被曝量について. *医療*, 15: 511—520, 1961.

- 5) J. R. Hoffmann, J. W. Staiger, R.O. Wollan, and K. Amplatz,: The Minnesota special procedure room. *Radiology*, 98: 551—559, 1971
- 6) J.H. Gough, R. Davis, and A.J. Stacey,: Radiation doses delivered to the skin, bone marrow and gonads of patients during cardiac catheterization and angiocardiology. *Brit. J. Radiol.* 41: 508—518, 1968
- 7) 寛 弘毅, 有水 昇, 内山 晧, 田中 仁, 有馬昭: 透視時に於ける散乱 X線 の特性. *日医放会誌*, 28: 457—462, 1968
- 8) 日本医学放射線学会, 日本アイソトープ協会: 放射線診断における被曝の管理, 日本アイソトープ協会. 1975.
- 9) R.G. Quisling, J.F. Seeger, T.O. Gabrielsen and C. Kanellitsas,: Radiation dose to eye lens and gonads during transfemoral cerebral angiography. *Radiology*, 112: 715—717, 1974
- 10) 遠山卓郎, 小原準之輔: 放射線室に於ける散乱線の分布について. *秋田県中央病院医学雑誌*, 3: 159—162, 1966.
- 11) 吉田英夫, 玉川芳春, 高橋睦正: X線防護シリーズ (11), 脈管系 X線検査における患者防護. *臨床放射線*, 20: 1129—1131, 1975