

図 5. 皮膚に入射した X 線により電離された電子の飛跡 (皮下脂肪の厚さ 2cm)

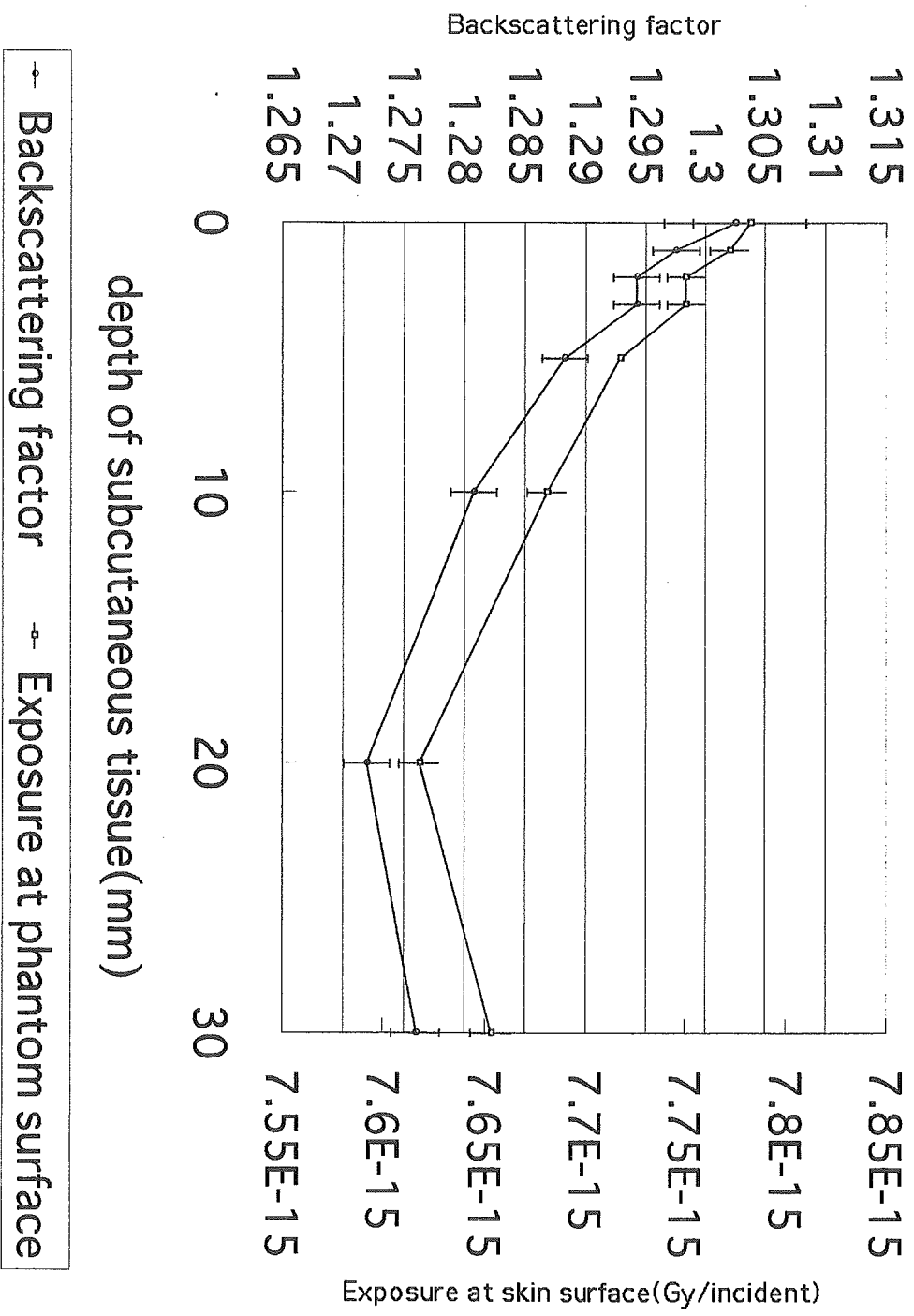


図 6. 皮下脂肪の厚さと後方散乱係数および発生光子数あたりの入射表面空気カーマ

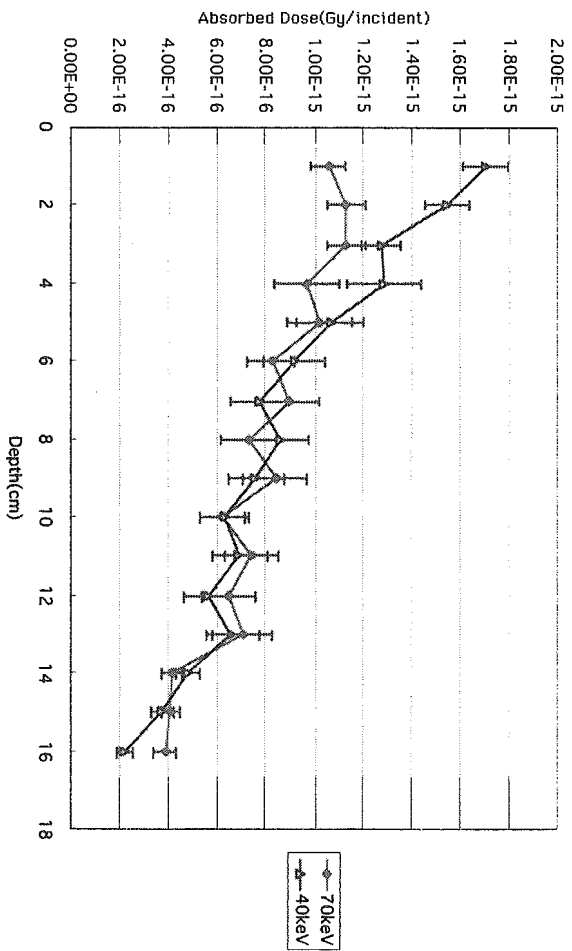


図 7. 胸部に入射した異なるエネルギー (70keV, 40keV) を持つ X 線の深度吸収線量分布 (EGS4 によるシミュレーション)

厚生労働科学研究費補助金（医薬安全総合 研究事業）
（分担）研究報告書

放射線診療における安全性確保に関する研究
（課題番号）： （H14-医薬-009）

IVR における術者被ばくと防護策の実態把握に関する研究

分担研究者

古井滋 帝京大学医学部放射線科教授
岡崎正敏 福岡大学医学部放射線科教授
中村仁信 大阪大学大学院医学系研究科生体情報医学教授
坂本力 公立甲賀病院副院長
一色高明 帝京大学医学部放射線科教授
石口恒男 愛知医科大学医学部放射線科教授
竹部英紀 虎の門病院放射線部技術担当副部長
諸澄邦彦 埼玉県立がんセンター放射線技術部副技師長
山口一郎 国立保健医療科学院生活環境部主任研究官

研究協力者

山内禎祐 帝京大学医学部放射線科助教授
早川登志雄 日本医療画像システム工業会法規・経済部長
鈴木 滋 帝京大学医学部放射線科
山岸 正文 帝京大学医学部付属病院放射線部
山口 和也 大阪大学医学部付属病院放射線部
松本 邦博 福岡大学医学部付属病院放射線部

研究要旨 放射線診療における患者と術者の安全性確保についての研究の一環として、本研究では Interventional radiology(IVR)における術者被ばくの実態を把握するための研究を行った。本研究の対象とした IVR 手技は、消化器領域の転移性肝腫瘍の治療を目的としたリザーバー埋込み術、脳神経領域の脳血管性病変に対する塞栓術、循環器疾患における経皮的冠動脈血管形成術（Percutaneous transluminal coronary angioplasty: PTCA）である。これらの手技における術者の被ばくを推定するために、TLD 素子線量計及び DIS

線量計を用いた術者の被ばく線量測定を行った。

その結果、1回のIVR手技での術者の被ばく線量は、(a)脳神経領域の塞栓術で実効線量 0.002~0.39mSv (平均 0.08mSv)、手指 0.018~1.0mSv (平均 0.21mSv)、眼の水晶体 0.030~1.3mSv (平均 0.24mSv)、(b)循環器領域のPTCAで実効線量 0.003~2.7mSv (平均 0.20mSv)、手指 0~12.3mSv (平均 0.70mSv)、眼の水晶体 0.027~2.2mSv (平均 0.30mSv)、(c)消化器領域のリザーバー埋込み術で実効線量 N.D.~0.25mSv (平均 0.07mSv)、手指 0~0.69mSv (平均 0.33mSv)、眼の水晶体 0~0.35mSv (平均 0.13mSv)であった。

術者の被ばく線量は同じIVRの手技でも差が大きく、1回の手技で実効線量が検出限界以下の場合もあるが、実効線量が2mSv、眼の水晶体の被ばくが2mSv、手指被ばくが10mSvを超える場合もあることが示された。従事頻度を考慮した年間の線量は平均値で考えれば、概ね、線量限度(実効線量は1年間で50mSv、5年間で100mSv;等価線量は眼の水晶体の被ばくで1年間に150mSv、手指の被ばくで1年間に500mSv)を下回っていた。IVRに従事する医師は年間に100例以上の手技に携わることが少なくない。このため、術者の被ばく線量を定期的に確認するとともに、十分な被ばくの低減策を講じるべきである。

A. 研究目的

Interventional radiology(IVR)といわれる放射線診療手技は、患者への負担が比較的小さく侵襲の少ない治療方法である。カテーテルなど使用器具の発達や専用のX線撮影装置が普及しはじめた1980年代前半よりわが国でも頻繁に施行されるようになり、その手技が様々な疾患の治療にも応用されるようになり大きな成果を上げている。

一方、IVRの普及に伴いIVRに従事する医療従事者の放射線被曝の増加が危惧されている。本邦では、未だ、IVRに従事する医師の放射線障害に関する報告はない。しかし、IVRでは、患者に照射する放射線量が比

較的大きく、また、その手技が繰り返し実施されやすいという性格を持つため、術者被ばくを合理的に可能な範囲に低減するとともに線量限度を超えないような措置を講ずることが重要である。そこで、本研究は、これらの実態を踏まえ、IVRにおける術者の安全性を確保するために、その被ばくの実態を明らかにし、被ばく低減策を示すことをその目的として実施した。

なお、本研究で対象としたIVR手技は、これまでその医療被ばくの実態があまり示されていなかった消化器領域の転移性肝腫瘍の動注化学療法を目的としたリザーバー埋込み術、脳神経領域の脳血管性病変に対する

塞栓術、循環器疾患における経皮的冠動脈血管形成術（percutaneous transluminal coronary angioplasty: PTCA）とした。

B. 研究方法

これらの手技における術者の職業被ばくを推定するために、(1) TLD素子を用いた術者の被ばく線量測定 (2) DIS 線量計を用いた術者被ばく測定を行った。

(1) TLD素子を用いた術者の被ばく線量測定

2002年8月～2003年3月に、4カ所の病院において実施された48症例を対象にして術者の被ばく線量を測定した。このうち、循環器症例は11例（男性9例、女性2例、年齢30～70歳代、平均62歳）であり第一術者と第二術者それぞれ11例の計22例で計測した。頭部IVR症例は12例（男性2例、女性10例、年齢20～70歳代、平均53歳）であり第一術者と第二術者それぞれ12例の計24例で計測した。腹部リザーバー設置術症例は15例（男性9例、女性6例、年齢50～80歳代、平均70歳）第一術者15例と第二術者12例の計27例で計測した。これら73例の内訳は循環器内科医22例、脳神経外科4例、放射線科47例であった。術者

の経験年数の平均は約10年であった。それぞれの手技において標準的な手法が用いられたが、術者の判断によって多少の変更がなされた。

被ばく線量測定には、フッ化リチウム熱蛍光線量計（米国 Harshaw 社製 TLD100）を用いた。読み取り等は、患者被ばくと同様の方法により行った。

TLD素子は3個1組とし、各術者の眉間、防護衣内外に貼り付けた。さらに、一部の手技では、TLD素子リングに装着し、手指の被ばく線量を測定した。これらのTLDで測定した70 μ m線量当量のうち、眉間に貼り付けたものは、眼の水晶体の吸収線量と見なした。また、手指に装着したTLD素子リングにより得られた70 μ m線量当量は手指の吸収線量と見なした。

また、財団法人原子力安全技術センター『被ばく線量の測定・評価マニュアル2000』に従い、体幹部不均等被ばく時の部位別荷重係数を用い、実効線量を推定した。その際に、防護衣外側の素子の値を、防護衣に覆われていない部位の線量とした。

(2) DIS 線量計を用いた術者被ばく測定

一部の施設では、金属酸化物半導体電界効果トランジスタ(MOSFET)

検出器を持つ DIS(Direct Ion Storage)線量計 (Rados 社 DIS-100) を用い、術者の防護衣外側表面における 1cm 線量当量および 70 μm 線量当量を測定した。また、一部の手技について IVR 手技中の第一術者の累積被曝線量の推移を計測した。

C&D. 研究結果および考察

(1) . TLD素子を用いた術者の被ばく線量測定

各手技における 1 回あたりの術者被ばくを表 1~3 に示す。表には、第一術者と第二術者を分けて表示した。

術者の実効線量の平均は 110 mSv であり、最大は 2.7 mSv であった。また水晶体の被ばく線量の最大は 2.2 mGy、手指の被ばく線量の最大は 12.3 mSv であった。

この結果、平均的な手技を考えると、年間 180 症例程度担当しても実効線量が年線量限度 (5 年間で 100mSv を超えずかついずれの年においても 50mSv を超えない) を超えないものと考えられた。

以下に各手技別の集計結果を示す。
(a)脳神経領域における塞栓術：実効線量 0.002 ~ 0.39mSv (平均 0.08mSv)、手指 0.018~1.0mSv (平均 0.21mSv)、眼の水晶体 0.030~1.3mSv (平均 0.24mSv) であった。

平均的な手技では、年間 250 回程

度担当しても線量限度を超えなかった。ただし、最大線量に達したような手技では年間 51 回で線量限度となった。

各術者における実効線量分布を図 1 に示す。第 3 四分位点は第一術者で約 130 μSv 第二術者で約 50 μSv であった。また、各術者における手指線量当量および眼の水晶体等価線量分布を図 2, 3 に示す。それぞれの第 3 四分位点は第一術者で約 230 μSv および 330 μSv であった。

(b)循環器領域における PTCA : 0.003 ~ 2.7mSv (平均 0.20mSv)、手指 0~12.3mSv (平均 0.7mSv)、眼の水晶体 0.027 ~ 2.2mSv (平均 0.30mSv) であった。

以上の結果より、平均的な手技であっても、年間 100 回程度担当すると線量限度を超える可能性があることが示された。また、最大線量に達したような手技では年間 7.4 回で線量限度に達した。

また、眼の水晶体の線量限度 (150 mSv) は、もっとも被ばく線量が高かった手技に年間 70 回従事すると超えることが示された。手指については、同様の手技では年間 40 回従事すると線量限度 (500 mSv) 超えることが示された。

各術者における実効線量分布を図 4 に示す。第 3 四分位点は第一術者で

約 150 μSv 第二術者で約 60 μSv であった。また、各術者における手指線量当量および眼の水晶体等価線量分布を図 5, 6 に示す。それぞれの第 3 四分位点は第一術者で約 270 μSv および 420 μSv であった。

(c) 消化器領域のリザーバー埋込み術：実効線量 0~0.25mSv (平均 0.07mSv)、手指 0~0.69mSv (平均 0.33mSv)、眼の水晶体 0~0.35mSv (平均 0.13mSv) であった。

平均的な手技では、年間 285 回程度担当しても線量限度を超えなかった。ただし、最大線量に達したような手技では年間 80 回で線量限度となった。

各術者における実効線量分布を図 7 に示す。第 3 四分位点は第一術者で約 100 μSv 第二術者で約 60 μSv であった。また、各術者における手指線量当量および眼の水晶体等価線量分布を図 8, 9 に示す。それぞれの第 3 四分位点は第一術者で約 450 μSv および 170 μSv であった。

一方、(a)から(c)の IVR の全術者において、測定部位毎の線量を比較した結果、眼の水晶体等価線量と手指および防護衣外線量は、概ね比例関係にあったが、手技によっては両者の間が乖離しているものもあった(図 10,11)。

(2) . DIS 線量計を用いた術者被ばく測定

19 の手技で第 1 術者及び第 2 術者 (5 例) に DIS 線量計を装着し、術者の被ばく線量を計測した。1cm 線量当量の平均は 0.31 mSv/回 (S.D.: 0.8 mSv、最大値: 4.6 mSv、最小値:0.00 mSv) であった(表 4)。一方、70 μm 線量当量の平均は 0.35 mSv/回 (S.D.: 0.9 mSv、最大値: 4.7 mSv、最小値:0.02 mSv) であった(表 5)。また、DIS 線量計で計測した 1cm 線量当量 (y) と 70 μm 線量当量 (X) は、以下のような関係にあった。

$$y = 0.96X$$

$$R^2 = 0.98$$

この関係から、場の実効エネルギーをある程度の確かさで推定できるが、術者被ばくのような低線量被ばくでは、その推定の精度を保つのは困難であると考えられた。

一方、DIS 線量計で計測した 70 μm 線量当量(X)と TLD 素子で計測した防護衣外側の 70 μm 線量当量(y)は、概ね相関関係が観察されたが、術者被ばくのような低線量被ばくでは TLD 素子を用いた測定では検出限界に近く、DIS 線量計を用いる方がより術者被ばく線量の推計では精度が高められると考えられた(図 13)。

肝細胞癌に対する TAE を施行した 1 例について DIS-100 線量計で測定した時系列累積線量の推移を図 12 に示す。50 mSv までのなだらかな線量増加は、2nd 術者の位置での時系列データであり、その後、患者の入退室まで線量率の大きな変化はない。次の急峻な線量増加は、1st 術者として IVR に従事した時の被ばく線量の増加を示している。この IVR 症例での放射線照射は、透視時間 49 分、DSA 撮影回数 12 回、総フレーム数 279 であった。さらにこの手技では 4 回の X 線 CT 検査が行われ総スキャン数は 100 スライスであった。一連の IVR 終了時における DIS-100 線量計の表示値は 389 mSv であった。

また、DIS 線量計は、X 線診断領域の放射線では、比較的良好なエネルギー特性を持つが、TLD では相対レスポンスが増加する。DIS 線量計はその検出器に蓄えられた電荷のリーダを合わせても比較的安価で線量率特性がよいため装置の出力から散乱線に至る異なる放射線強度の場の測定のみならず X 線 CT 装置をはじめとするパルス透視場での測定にも使えるために、放射線防護や放射線診療の品質管理の応用利用が期待できるものと思われた。

(3) IVR における術者被ばくの現状と課題

リザーバー留置術、血管形成術などは、広く応用されている。これらの手技では、X 線透視ガイド下で実施されているため、従事する医師が放射線に曝露する。これらの IVR 手技では、従来の放射線診療よりも利用する X 線の量が多いため、術者における放射線障害のリスクは高くなる可能性があり、海外では、IVR 従事により確定的影響に分類される放射線障害である白内障を発症したとの報告もある。また、確率的影響も線量によっては、そのリスクを無視することはできず、特に若い術者においては、低減策を講じることが正当化しうる。しかし、ベテランの術者においては年代が若い術者と同じ実効線量であっても発がんなどのリスクは異なる。また、これらの手技は患者の救命のために実施されているものであり、その社会的意義は極めて高い。さらに、IVR に従事する医師は著しい不均等被曝にさらされていると考えられる。このため、より防護費用の最適化を図るには、年齢や被曝の状況を考慮し、適切に補正した実効線量などを考慮するのがよいと考えられた。

いずれにしても、術者の放射線障害のリスクを低減させるためには、

まず、その曝露量を知り作業環境に応じた放射線防護法を検討する必要がある。

わが国では、このような手技に従事する医師に対して、個人被ばく線量モニタリングを行うことを医療機関管理者に義務づけている。一方、これらの個人線量モニタリングのほとんどは、個人線量モニタリングサービス会社のサービスを利用して行われており、その結果の概要が各社から公表されている。

しかし、IVR 件数が増加し、それに従事する医師が増加していると考えられる一方で、手指のリングバッジを装着している医師数は年間減少しつつあると推測されている。リングバッジを装着する医師数の減少の原因はモニタリングのコストと、リングバッジが手技に妨げになるため術者が使用を避ける傾向にあるためとも考えられる。

一方、リングバッジを装着している医師の手指の被ばく線量は、工場従事者と並んで多く、しかも、装着者の平均手指被ばく線量がここ数年増加する傾向にある。また、線量限度に近い被ばくをする術者の数も増加しつつあることが伺われる。平成 13 年度の長瀬ランダウア社の集計では、年間の実効線量が 20 mSv を超えた医師は 110 人であった（図

14）。

一方、千代田テクノル社のサービスを受けた 12 万人の放射線診療従事者のうち、平成 13 年度において年間の実効線量が 20 mSv を超えたものは 60 人（0.05%）であり、他の事業所に比べて比較的大きな線量を被ばくした労働者の割合が高かった。

今回の調査では、直ちに線量限度を超えると予想される事例はなかったものの、単年度での被ばく線量管理の範囲を超え 5 年間管理が必要と予想される事例が伺えるなど、これらの測定サービス会社の集計結果を裏付けるものであった。

このように、放射線診療従事者の一部では線量限度に近い、あるいは、線量限度を超える被ばくのものがあり、しかも、それらの平均線量が増加する傾向にある。この原因は、主として IVR 手技の普及であると考えられる。

線量限度は、十分な安全係数を見込んでいるため、それを越えたからと言って、その個人における放射線障害のリスクが容認できないレベルに達したとは考えられない。また、線量限度に対する 1 回あたりの線量の比を線量限度の種類毎に見ると、手指及び眼の水晶体はむしろ小さい傾向にあった。このため、線量限度を考慮すると不均等被ばくモニタリ

ングにそれほどコストをかけなくても多くの場合には、従事者の放射線曝露量を放射線防護上必要な精度で推定できるとも考えられた。しかし、従事する具体的な手技によって、曝露量は大きく変動する。また、手技においては防護衣外側の線量から、手指や眼の水晶体等価線量の推定が困難であるとも考えられた。このため、放射線防護に万全を期すために、これらの手技のうち放射線曝露量が多くなることが予想される場合には、不均等被ばくモニタリングを実施することが重要である。ただし、リングバッジは、IVR 手技の特性上、手袋の損傷の原因になったり指の運動を妨げるなど必ずしも好ましいとは言えない可能性がある。一方、DIS-100 ポケット線量計は時系列で線量変化の追跡が可能であり、トレンドデータを分析することにより詳細な作業分析が可能であった。線量モニタリングによる放射線防護効果を上げるには、手技毎に、しかも、手技中の被ばく線量率の変動が把握できるような線量推定法の採用が望ましいと考えられる。このため、より手技の妨げとならず、手技毎に線量が読みとれるようなシンチレータなど小型検出器と光ファイバを組み合わせたタイプのような小型で直読可能な装置の開発と普及が期待される。

(4) 術者被ばく低減方法

ICRP（国際放射線防護委員会）は、Pub85 において、術者被曝を低減させるための具体的な行動として、以下を勧告している。

- X 線ビーム出す時間を最小にする（患者被曝と術者被曝を低減させる基本原則）。
- 必ず、防護エプロンを着用し、遮蔽体を使い、被ばく線量をモニターし、線量を最小にするためにどこに位置すべきかを知らなければならぬ。
- X 線ビームが水平方向ないしそれに近い方向である場合には、I.I. 側に位置する。
- 垂直な X 線ビームを利用する場合には、X 線管を患者の下側に持つてくる。

遮蔽体として利用可能なものとしては、防護エプロン、甲状腺防護具、防護めがね、防護手袋、防護アクリルグラス、防護ラバーシールドなどがあり、術者を散乱体や X 線ビームから遠ざけるものとして各種のフォルダーがある。

これらのツールを用いることにより、術者の被ばく線量率は低減することができるが、いずれも円滑な手技には多少であれ支障を来す可能性

がある。また、その大小はあるがコストもかかり環境負荷を増やすことになる。このため、手技に応じて防護の最適化を図るように留意する必要がある。さらに将来的には手技の自動化による医療従事者の放射線被曝によるリスク低減も期待されよう。

透視時の X 線装置の照射の条件は、自動照射条件制御装置により、選択したモードごとに、画像分解能と患者被ばくのバランスを取り、最適化が達成されていると考えられている。術者被ばくを決定する要因として、患者に照射される X 線の総エネルギー量や各光子のエネルギー分布が考えられる。これらの要因を放射線診療の最適化の視点から患者防護も考慮して適切に設定することが必要である。このため、手技のそれぞれの段階において適切なモードを選択する必要がある、その意志決定を支援するための情報の整備が望まれる。さらに、自動照射条件制御が適切なアルゴリズムとなっているか、あるいは、その機構が正しく作動しているかの確認も必要である。今回の調査では、照射野を絞った際の自動照射条件制御に課題が残されていることが示唆された。

その他に考慮すべき術者被ばくを決定する要因として、IVR 手技中、とりわけ放射線照射中の医師の位置

があげられる。血管系 IVR では、撮影時に患者の近傍で造影剤を手圧で注入することにより医師の被ばくが増大することが知られており、可能な限り自動注入器を用いることが推奨されている。

E. 結論

IVR では比較的高い線量を術者にも与えうる。特に一次線錐に近接した位置での操作における手指や X 線管が患者テーブルの上にある場合の眼の水晶体の線量が高くなる可能性がある。しかし、これらの術者の被ばくは適切な防護策を講じれば、リスクを容認できる範囲内に低減することができる。各医療機関では IVR における作業環境管理および作業管理を行い、適切な防護策を講じる必要がある。

謝辞

長瀬ランダウア社に、線量素子の読みとりを行って頂くとともに、小林育夫技術部長より、指示値の補正法について技術的なご助言を頂いた。

F. 健康危険情報

G. 研究発表

1. 論文発表 なし

2. 学会発表

諸澄邦彦，山口一郎．IVR

(interventional radiology) における従事者被ばく線量の測定．第 1 回日本放射線安全管理学会．2002. 12 (大阪)

諸澄邦彦、山口一郎、小林育夫．ア
ンギオ-CT における術者の被曝線量

測定と評価．日本保健物理学会第 37
回研究発表会．2003.6 (千葉)

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予
定を含む。)

1. 特許取得 なし

2. 実用新案登録 なし

3. その他 特記事項なし

表 1. 脳神経領域の塞栓術に従事した医師の被ばく線量

測定部位	集計項目	第一術者	第二術者	全体
眉間 $H(0.07) \mu Sv$	平均	260	210	240
	標準偏差	180	360	270
	第一術者 12 人 第二術者 12 人	550	1300	1300
	最小値	36	30	30
防護外 $H(0.07) \mu Sv$	平均	130	100	110
	標準偏差	110	170	140
	第一術者 11 人 第二術者 12 人	340	610	610
	最小値	N.D.	N.D.	N.D.
防護内 $H(0.07) \mu Sv$	平均	46	26	36
	標準偏差	40	24	30
	第一術者 12 人 第二術者 12 人	150	80	150
	最小値	N.D.	N.D.	N.D.
手指 $H(0.07) \mu Sv$	平均	230	180	210
	標準偏差	270	280	270
	第一術者 12 人 第二術者 11 人	910	1010	1010
	最小値	36	18	18
実効線量 μSv	平均	90	65	80
	標準偏差	65	100	80
	第一術者 12 人 第二術者 12 人	210	390	390
	最小値	14	2	2

表 2. 循環器領域の PTCA に従事した医師の被ばく線量($H(0.07) \mu Sv$)

測定部位	集計項目	第一術者	第二術者	全体
眉間 $H(0.07) \mu Sv$	平均	440	160	300
	標準偏差	620	230	450
	最大値	2200	830	2200
	最小値	45	27	27
防護外 $H(0.07) \mu Sv$	平均	570	100	340
	標準偏差	1400	150	960
	最大値	4700	550	4700
	最小値	36	N.D.	N.D.
防護内 $H(0.07) \mu Sv$	平均	32	20	30
	標準偏差	43	21	30
	最大値	140	50	140
	最小値	N.D.	N.D.	N.D.
手指 $H(0.07) \mu Sv$	平均	1300	140	700
	標準偏差	3700	260	2500
	最大値	12300	900	12300
	最小値	27	N.D.	N.D.
実効線量 μSv	平均	330	66	200
	標準偏差	780	100	540
	最大値	2700	350	2700
	最小値	20	3	3

表 3. 消化器領域のリザーバー埋込み術に従事した医師の被ばく線量($H(0.07)$ μSv)

測定部位	集計項目	第一術者	第二術者	全体	
眉間 $H(0.07)$ μSv	平均	130	120	130	
	標準偏差	77	70	74	
	第一術者 14 人 第二術者 13 人	最大値	350	290	350
	最小値	N.D.	21	N.D.	
防護外 $H(0.07)$ μSv	平均	220	160	180	
	標準偏差	340	170	260	
	第一術者 15 人 第二術者 12 人	最大値	1400	620	1400
	最小値	N.D.	36	N.D.	
防護内 $H(0.07)$ μSv	平均	110	83	90	
	標準偏差	130	70	100	
	第一術者 15 人 第二術者 12 人	最大値	510	220	510
	最小値	N.D.	3	N.D.	
手指 $H(0.07)$ μSv	平均	350	290	330	
	標準偏差	180	190	170	
	第一術者 11 人 第二術者 8 人	最大値	690	290	690
	最小値	N.D.	120	N.D.	
実効線量 μSv	平均	80	50	70	
	標準偏差	60	33	50	
	第一術者 15 人 第二術者 12 人	最大値	250	110	250
	最小値	N.D.	10	10	

表 4. DIS 術者被ばく H(10): DIS による計測(μSv)

手技	集計項目	第一術者	第二術者	全体
腹部	平均	110(10)		110(10)
	最大値	380		380
	最小値	4		4
	標準偏差	100		100
頭部	平均	22(2)		22
	最大値	23		23
	最小値	21		21
	標準偏差	1.4		1.4
PTCA	平均	610(11)	120(7)	400
	最大値	4600	250	4600
	最小値	40	0	0
	標準偏差	1300	100	1100
平均		340	120	290
最大値		4600	250	4600
最小値		4	0	0
標準偏差		1000	100	830

() 測定数

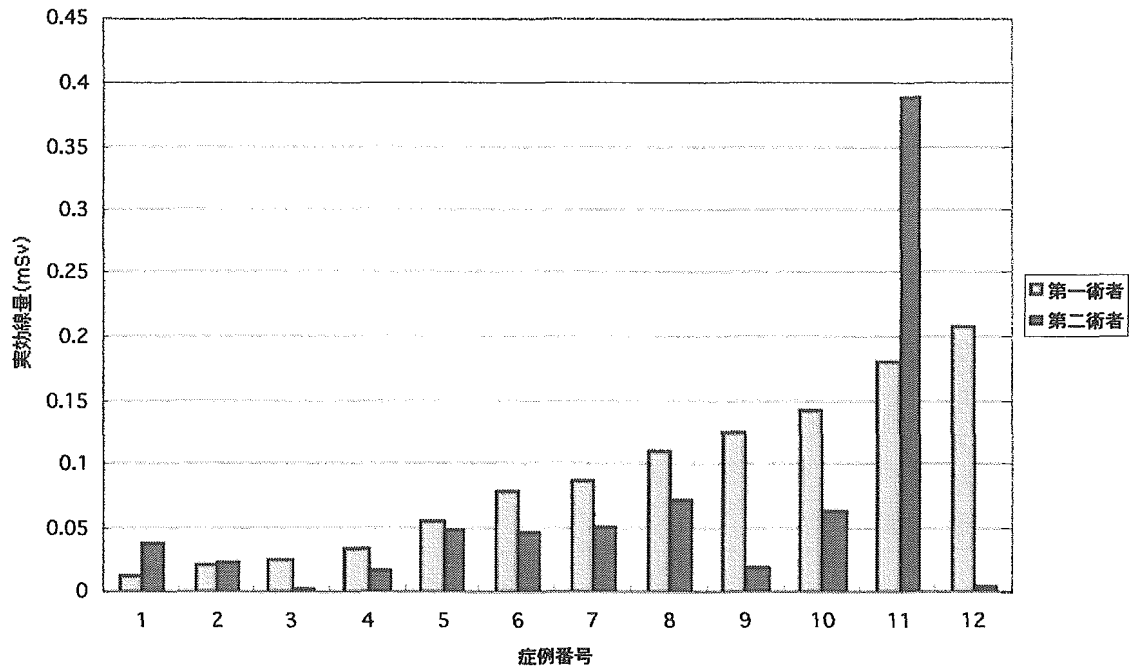


図 1. 脳神経領域の塞栓術に従事した医師の実効線量

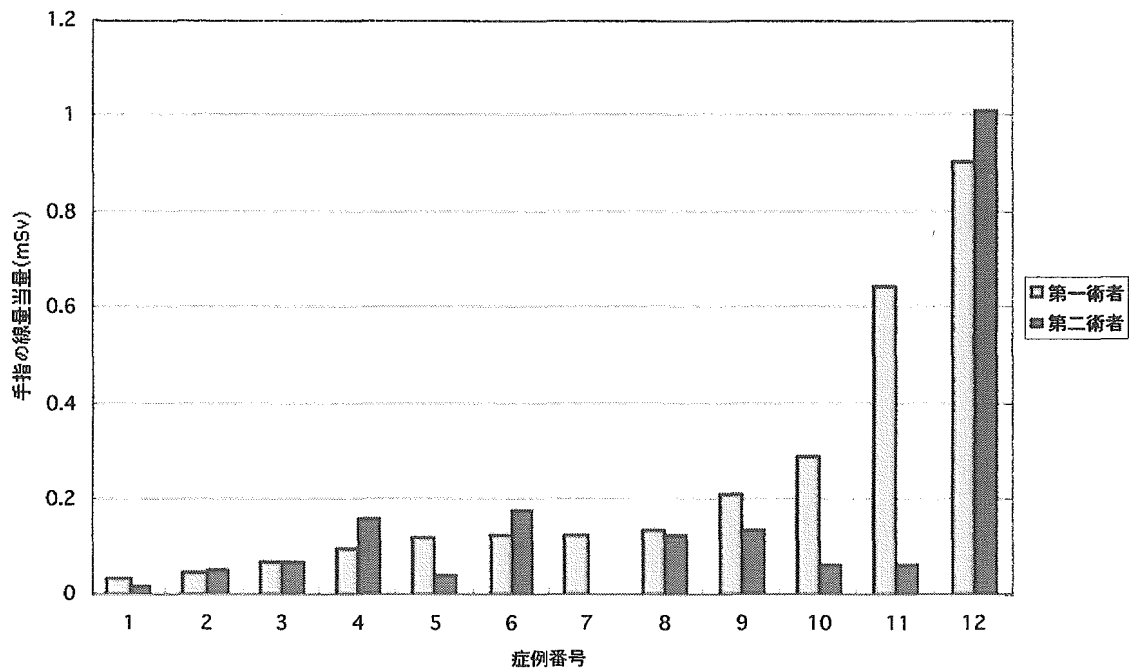


図 2. 脳神経領域の塞栓術に従事した医師の手指吸収線量

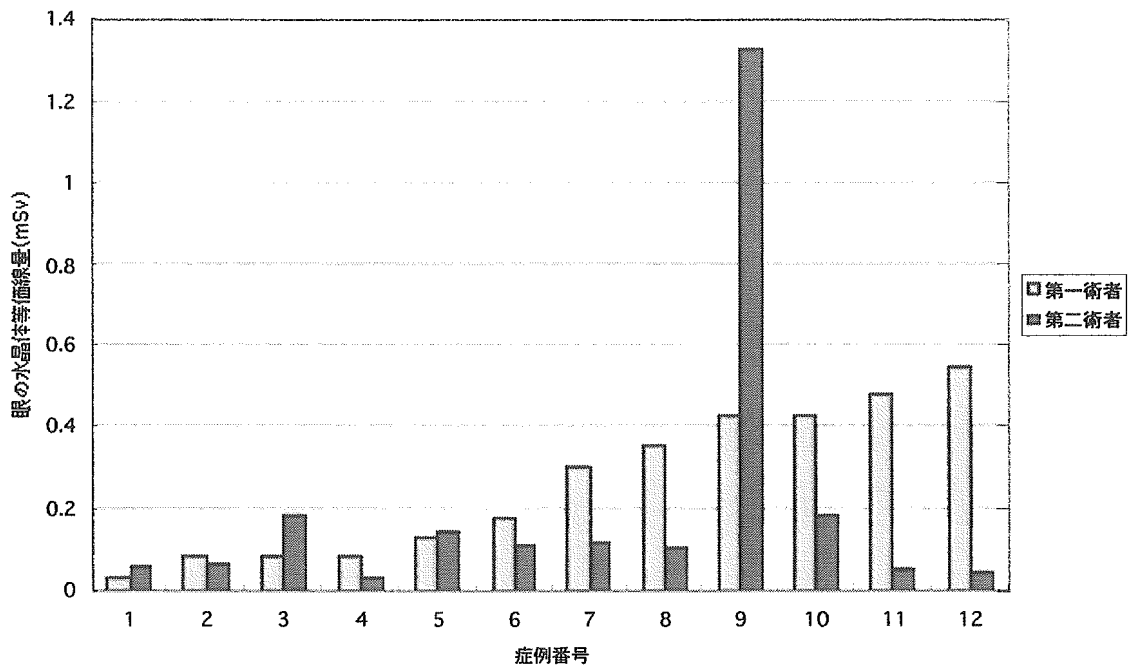


図 3. 脳神経領域の塞栓術に従事した医師の眼の結晶体等価線量

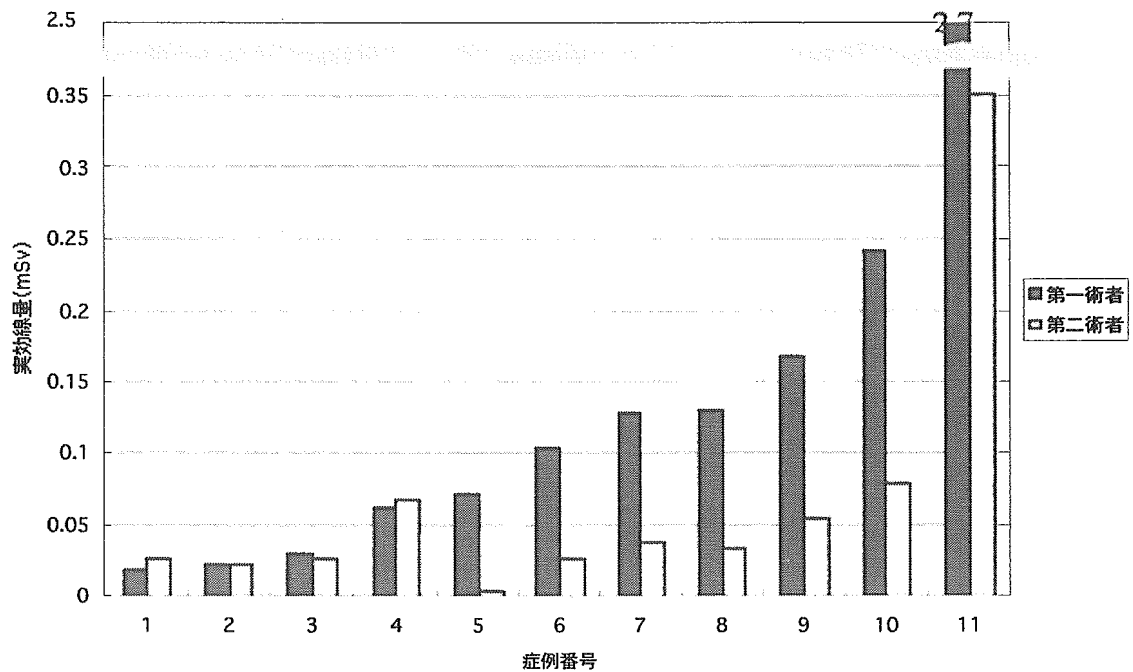


図 4. 循環器領域の PTCA に従事した医師の実効線量

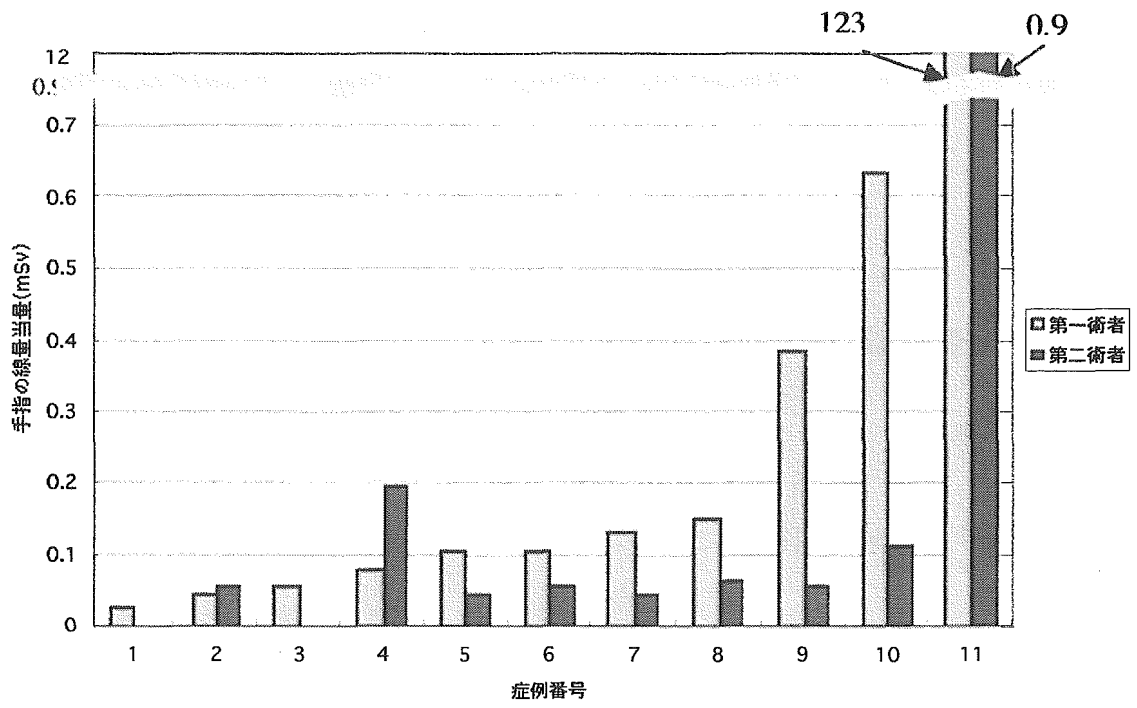


図 5. 循環器領域の PTCA に従事した医師の手指吸収線量