

者の散乱線被曝は、LAO系が大である。その理由として、LAO系では、オート機構によるX線条件の増大⁷⁾、また、X線管装置の接近などの影響が考えられる。防護措置は、術者被曝低減に欠くことはできない。

現在、世界では年間100万人、アメリカでは50万人、日本においては10万人のPTCAが行われている。特に、多人数のPTCAを行っている施設の術者は、適切な防護措置を構じる必要がある⁸⁾。効果的な被曝低減を達成するためには、種々の被曝低減機能をもつという技術的アプローチと同時に、それらを十分理解したうえで、実際の臨床のうえでどのように使用していくかという臨床的アプローチの双方が非常に重要である。

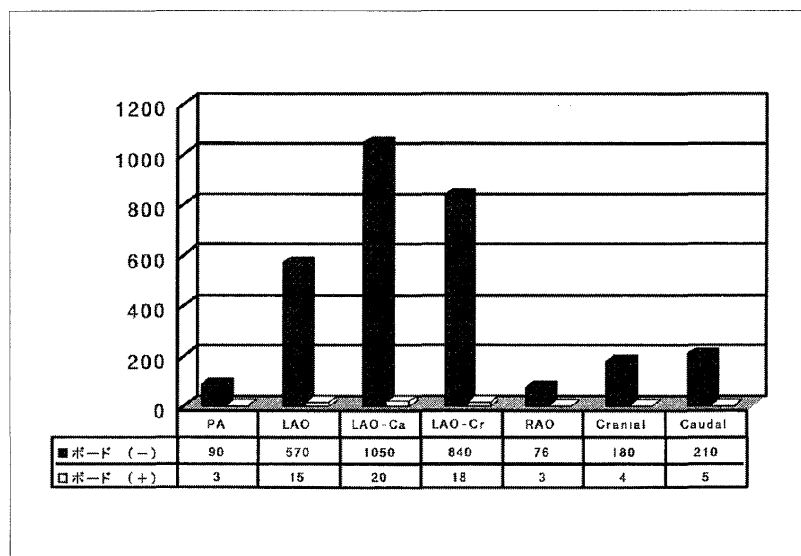


Fig. 6 透視時の散乱線測定($\mu\text{Sv/h}$)。術者位置でのX線入射角度による変化(150cm)。

参考文献

- 延吉正清, 光藤和明, 鈴木 紳: 冠動脈インターベンションの進歩. MEDICO, 28(12), (1997).
- 土屋 明, 横山博典, 水谷 宏, 他: 先端医用画像と被曝線量. 日放技学誌, 52(1), 27-47, (1997).
- 中澤靖夫, 加藤京一, 武 俊夫, 他: 機器管理と放射線被曝管理のあり方と取り組み. 全国シネ撮影技術研究会誌, 9, 65-69, (1997).
- 安見正幸, 河合益実, 古田 求, 他: 胸部領域に対する低線量パルス透視の改良. 日放技学誌予稿集, 54, (1998).
- 21 CFR PART 1020 Federal Performance Standard for Diagnostic X-Ray Systems and Their Major Components
- 斉藤義美, 松本邦博, 梅田和広, 他: 心臓カテーテル法施行時における従事者用散乱X線防護具. 九州循環器撮影研究会誌, 8, (1997).
- 堤 直葉: 医療従事者の放射線被曝と防護を考える. INNERVISION, 20-22, (1996).
- 草間朋子: あなたと患者のための放射線防護Q&A. 82-90, 医療科学社. (1997).

3. IVRの被曝線量と低減対策—腹部領域—

Symposium

才田壽一
奈良県立医科大学附属病院

1. はじめに

近年、血管撮影におけるIVR(interventional radiology)は、患者に対する治療効果が非常に大きく、デジタル画像技術の進歩に支えられ目覚ましく発達してきた。装置もIVRをメインターゲットとしたIVR-TV装置¹⁾が開発されるなど、IVRへの関心は日ごとに高まっている。しかし、FDA(Food and Drug Administration)のインターネットホームページ²⁾において、IVR時の長時間にわたる透視などによって起こった患者の皮膚障害が大きく取り上げられ、患者被曝が大きく問題視されている。また、検査に携わるわれわれにとっては、無駄な被曝をいかに低減していくかが最大の関心事である。今回のシンポジウムでは、腹部領域を中心に当院における被曝の現状とその低減対

策について、われわれの開発した術者被曝防護具の紹介も含め報告する。

2. 腹部系のIVRにおける被曝の現状

2-1 検査、治療内容の変遷

従来より血管撮影といえばカットフィルム撮影が主流であったが、IVR検査の増加に伴いIVRに最も重要な即時性の面で有利なDSAが多用されるようになった。現在、当院ではほとんどDSAに置き換わっており、平成9年5月に設置されたIVR-TV装置(島津製C-vision α^1 : 以下、C-vision)は、C型アームによる回転DSA・下肢ステッピングDSA等が可能であることから、この装置の導入後はvascular・non-vascularを問わずDSA機能の充実した本装置がフル活用されるよ

うになった。Fig.1に当院における過去5年間の腹部系血管撮影検査数およびIVRの推移を示す。近年全般的に増加傾向にはあるが、1997年度は検査が急増しており、これはIVR-TV装置の導入に伴う緊急検査の増加および検査の見直しを行った結果と考える。

2-2 撮影モードの選択と患者被曝線量

Fig.2に、腹腔動脈造影を想定した場合の各撮影モードと患者被曝線量(皮膚線量)の関係を示す。カットフィルム撮影(16枚)に比べ、DSA(12インチ・10秒撮影)は全般的に被曝が多い。撮影モードは、コンティニアスおよびパルス共、基本的に同じ撮像方法(30f/s収集・リカーシブフィルタ処理)で行われており、当院ではノイズは少し目立つが、時間分解能が良く被曝

も少ない(約半分)パルスモードを多用している。

装置別の比較では、ER-1000の方が同社のC-visionに比べ1.5倍程度被曝が多い。これは、最大視野が12インチと口径が小さく明るさの点で有利であるにもかかわらず、I.I.交換後4年が経過し、輝度劣化とステレオX線管による焦点外X線の影響および固有フィルタの影響が考えられる。

2-3 患者の検査歴と被曝線量シミュレーション

Fig.3は、腹部系IVRにおける患者の検査歴から、その時の被曝線量をシミュレーションしたものである。なお実験的に求めた基本的な被曝線量(表面線量)から、透視および撮影の回数を乗じて被曝線量とした。

HCCの症例は、65歳、男性。診断後数回の再発・治療が行われている。それぞれの検査における被曝線量は、透視とDSAがほぼ同程度の割合である。全般にIVR(TAE)の方が平均約1.6Gyと診断の2倍程度被曝が多く、次のIVRまでに回復がないとした場合計6回の検査・治療で一人の患者が受ける被曝は約9Gyにもなる。実際には今後も検査治療が続き、さらに関連検査としてCT-A、CT-Pなどの被曝も付随してくるため、より注意が必要である。

AAAの症例は、68歳、男性。腹部大動脈から両腸骨動脈にかけてカバードステントを留置した。診断はIVR-TV装置で行っており被曝も少ないが、98/1/29のステントグラフト時の治療時間は6時間・透視時間68分、DSA8回のうち6回が手注入によるDSAで、計算上の被曝線量は2Gyにも達す。術者被曝については、当然患者被曝の増加に応じて多くなる。後ほど詳しく述べるが、当院では1993年頃より腹部血管撮影装置に取り付ける放射線防護具を開発し、良好な結果が得られている。ちなみにこの時の術者放射線防護衣の表面での線量モニタリングの結果、術者腹部位置で $27\mu\text{Sv}$ ・術者頸部位置で $61\mu\text{Sv}$ となり、手注入も多く高線量にもかかわらず術者用放射線防護具の効果は十分であった。

ASOの症例は、77歳、男性。診断は9インチI.I.で行っている。下肢全体を撮影するのに7回の撮影が必要で被曝が多い。PTA施行3年後のフォローアップ時にCIA(総腸骨動脈)の動脈瘤に対しカバードステントの留置を行った。術後のフォローアップでは、IVR-TVの16インチI.I.によるステップングDSAにより一度に足先までの確認と、回転DSAによる立体把握も含めて2~3回の撮影で済み、また

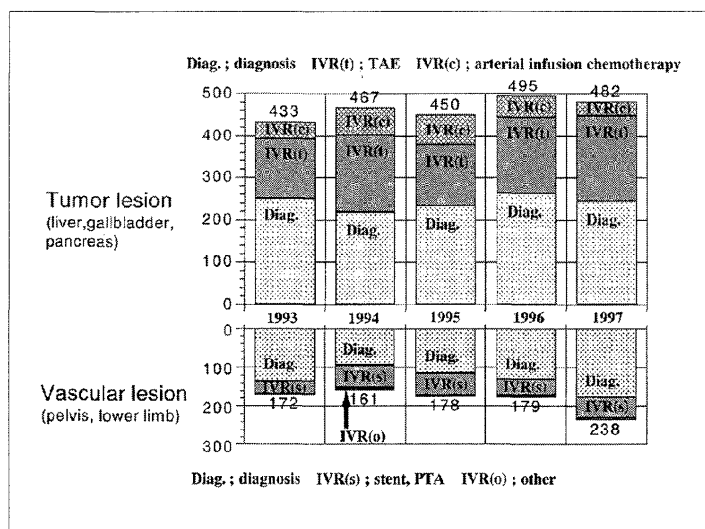


Fig. 1 当院における腹部系血管撮影(IVR)件数の推移。

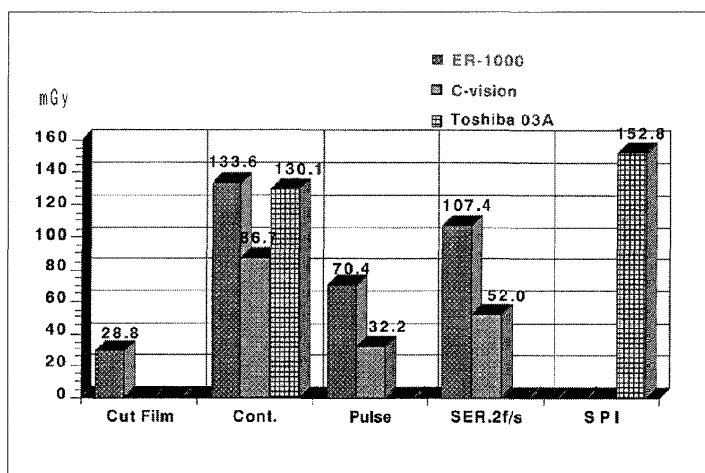


Fig. 2 DSAの撮影モードと患者被曝線量(表面線量).
cut film : 75kV 500mA 50ms × 16
cont. (continuous mode) : 75kV 100mA × 10sec
pulse (pulse mode) : 75kV 320mA × 5msec × 30pulse × 10sec
ser. 2f/s (serial mode) : 75kV 320mA × 100msec × 2f/s × 10sec

検査時間も10分程度となり被曝を大幅に抑えることが可能となった。

2-4 フィルタ効果と患者および術者被曝

患者被曝低減に有効とされる可動絞りの放射口に設置された各種フィルタ³⁾(全く何も置かない状態・表面保護用アクリル板・アルミニウム板・希土類増感紙・濃度補償用粘土フィルタ)が術者被曝に及ぼす影響(散乱線の方向性とその割合)を測定した。Fig.4にその測定環境および結果を示す。I.I.入射線量を一定とした場合、フィルタを挿入することで患者被曝(表面線量)は減少する。しかし、可動絞り表面を保護しているアクリライト板一枚でも散乱線分布に影響を与え、例えば、アルミニウム板(1mm)を可動絞り表面に置いた場合患者被曝線量は7%減弱するが、50cm離れた術者位置(A)の被曝線量は1.3倍に増加し、その増加分のほとんどがアルミニウム板からの散乱線(b)によるものである。特に希土類増感紙や濃度補償用粘土フィルタ(5mm厚)などを可動絞りの放射口に置いた場合、患者からの散乱線よりフィルタからの散乱線の方が多くなる場合があり、より注意が必要である。

3. 被曝低減化対策

3-1 X線装置および検査の見直し

被曝低減の第1の基本は、まず「被曝発生源を断つ」ことである。前述した被曝の現状の把握とともに、具体的な被曝低減策を講ずる必要がある。

まず、無用なX線(軟X線)を根本的に減らす目的で付加フィルタは有効であるが、2-4に示したように散乱線が増加し術者被曝に注意が必要となる。

X線検出器であるI.I.の基本性能は透視およびDSAのX線被曝に大きく影響する。大口径I.I.を利用した下肢ステップングDSAなどの場合は撮影回数の減少により被曝低減に有用であるが、マイクロカテーテルのように小さなものを見る場合には、小口径I.I.に比べ変換係数(GX値)が低く暗いI.I.による視野拡大が必要になってくる。このことは患者および術者被曝を増大

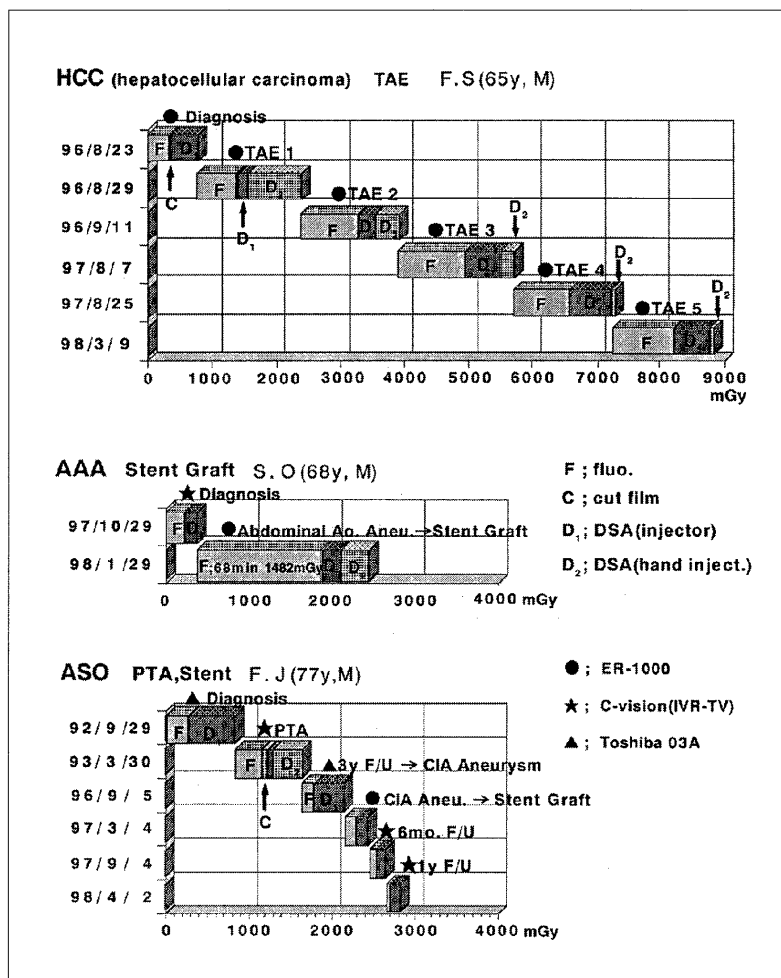


Fig. 3 腹部系IVRにおける患者被曝線量シミュレーション。

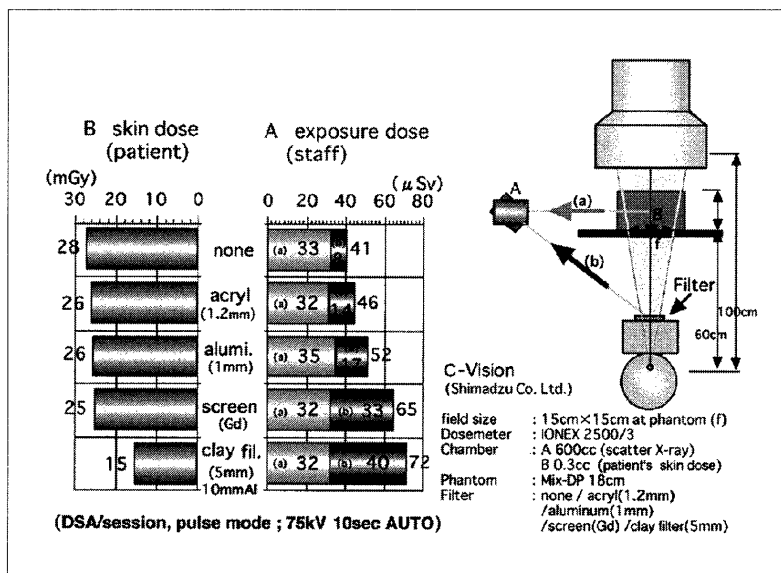


Fig. 4 付加フィルタとその効果(患者および術者被曝線量)。

させる大きな要因となる。GX値の低下に注意しTVカメラの最適な調整など機器管理が重要となる。また最適なI.I.サイズの見直しとしてデジタルズーム(IVR-マスターの活用⁴⁾)がある。これは、線量の少ない大き

な視野サイズのままで、透視画像およびDSA参照画像をそれぞれデジタル拡大とパンニングを行うことで、画像を見やすく、しかも被曝低減も可能となる。ちなみに16インチのデジタルズーム8インチ相当は、9インチ視野拡大の40%程度で透視が可能である。

次に不要な透視操作およびDSAをなくすこと、術者のカテーテル操作の向上・照射野制限・フィルタ操作などがあり、加えて、検査内容に適した透視(パルス透視など)や撮影のモードの選択(2-2 参照)・撮影タイミング操作(開始および終了)も重要である。また、透視によるポジショニングもできるだけ短時間でしかも正確に行えるよう技術力が問われる。当院では、テーブル位置メモリ機構を開発(直前のDSA撮影時のテーブルおよびアーム等の位置メモリを行うことで、カテーテル操作でテーブルを動かした後も容易に元の撮影位置に戻すことが可能で再度の透視による位置合わせとDSAが不要になる)、この機構による被曝低減効果

は大きい。その他、被写体(患者)-I.I.間を極限まで密着するよう心がけることや適切なX線グリッドの選択なども重要な因子である。

また、当院では血管撮影に携わる医師、技師、看護婦の三者による早朝カンファレンスを毎日行っており、その日の検査の流れの説明・検査内容やカテーテルなどの準備物の指示・それぞれの部署での問題点などを話し合うことにより検査がスムーズに流れ、検査時間の短縮および不要な検査をなくすことが可能となり、しいては患者の被曝低減につながっている。

3-2 術者用放射線防護具の開発⁵⁾

腹部および下肢血管撮影の場合は、穿刺位置と検査部位が近いこと十分な距離が取れず術者被曝は多くなる。Fig.5aにアンダーテーブル型装置で行われる腹部血管撮影時の散乱線分布を示す。放射線防護具は、できるだけ散乱線発生源に近い方が、邪魔にならず広範囲を効率よく防護できる。そこで、このことを考慮し、装置に取り付ける図のABC三つの基本的な防護具を開発(Fig.5b)⁵⁾した。

3-3 術者用放射線防護具の効果

腹部血管撮影P-A方向(DSA 1 回当たり)においてこの防護具を用いた場合の防護効果を被曝線量水平および垂直方向分布により示す(Fig.6)。防護具の効果は大きく、術者位置を被検者体軸に45°、X線中心から50cmと仮定した場合、各防護具取り付け時の術者被曝線量は、水平方向および垂直方向ともに大幅に減弱できた(術者頭頸部位置で1/27、腹部位置で1/73、生殖腺位置で1/241)。Fig.7aは、この術者用放射線防護具の基本構造を基に、心臓カテーテル検査用にも使えるように改造した防護具を示す。このAのひさし型防護具は、Fig.7bに示すようにRAO 30°~LAO 60°、cran~cawdと、アームを動かしてもひさし型の防護具部分を常に水平に維持できる。腹部IVRにおいて、このAのひさし型防護具をB、Cの防護具と組み合わせることにより、通常使用されるRAO 30°~LAO 30°のアーム角度範囲において被検者に密着させた有効な防護が可能である(Fig.7c)。また、Bの防護具がそれ以上の角度で障害となる場合、簡単な操作で待避が可能であり、被検者の乗せ変え操作にも支障を来さない。

われわれが開発したABCの防護具は、頭部および腹部・下肢および心臓カテーテル検査領域を含めたIVRに対して、いったんセットすれば、検査中はほとんど何も操作する必要がなく、効果的な防護が可能となった。

IVR専用装置(IVR-TV)における術者用防護具の基本構造は、Fig.5bと同様の構造で可能と考えている。

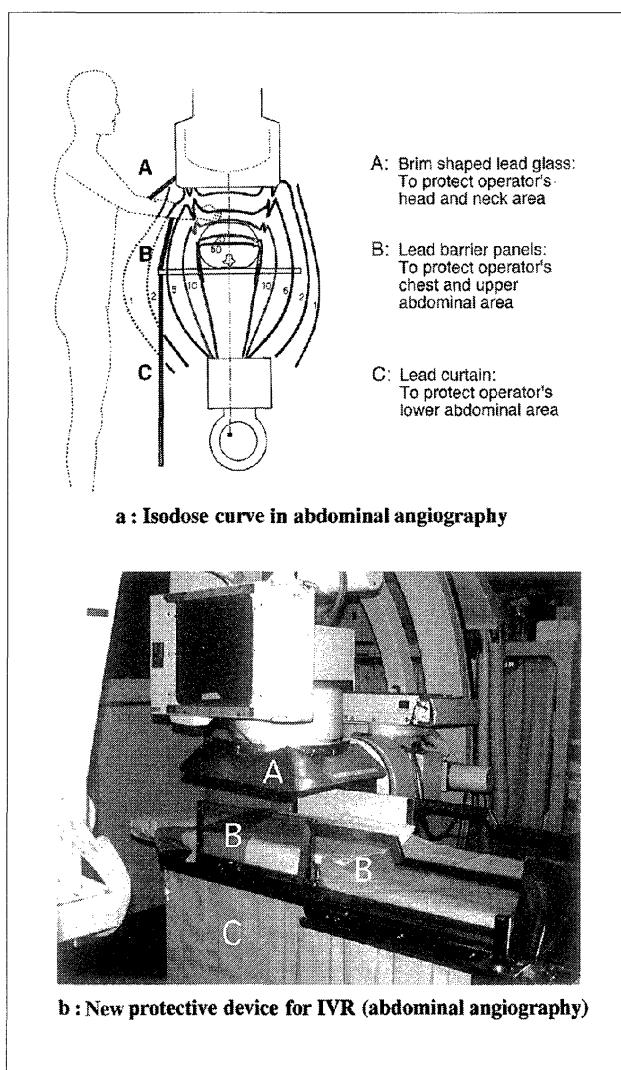


Fig. 5 新しいIVR用放射線防護具の開発。
(a) 腹部血管撮影時の散乱線分布。
(b) 腹部IVR用放射線防護具。

しかし、non-vascular IVRを行う場合、目的部位と施術位置が近接し、アンダーテーブル方式であるがゆえI.I.を密着できない。そのために幾何学的な拡大を強いられ画質の低下と線量増加の必要性による患者皮膚線量の増加、I.I.-被検者表面間が大きく開くことで術者被曝、特に眼窩領域の被曝に対し不利となる。これらを十分に考慮した術者頭頸部用防護具が必要となり、大口径視野を有するI.I.にI.I.サイズをあまり越えない大きさの防護具を上下にスライドさせる機構を考えている。

3-4 検査部位別の被曝線量モニタリング

Fig.8に、半導体検出器を利用したポケット線量計(alokaマイドーズミニ)を術者の腹部位置と頸部位置のプロテクタ表面に2カ所取り付け、実際の検査において防護具を使用しない場合と使用した場合のモニタリング結果を示した。なお、測定値には管電圧75kVとした時のエネルギー補正係数を乗じている。実際の検査では撮影内容・撮影方向・透視時間・照射野の大きさなど変動する要素が多岐にわたっており、また術者位置も常に定位置とは限らない。しかし、このことを考慮に入れても腹部血管撮影では、術者腹部位置で約1/100、頭頸部位置においても約半分に減弱で

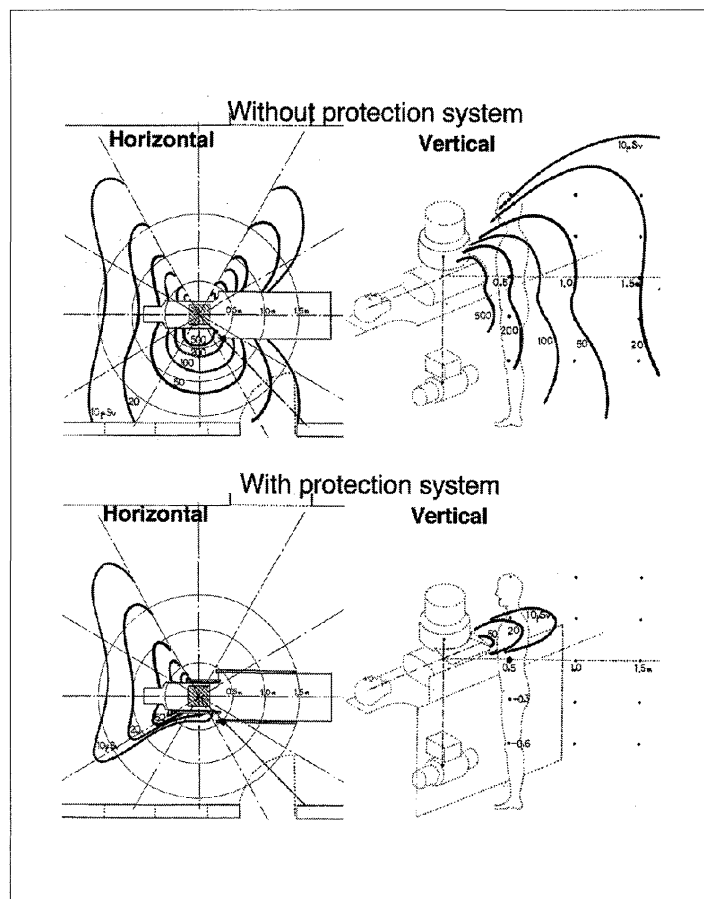


Fig. 6 IVR用放射線防護具の効果(腹部血管撮影: DSA 1 回当たり 75kV 200mA 5msec 30pulse 20sec)

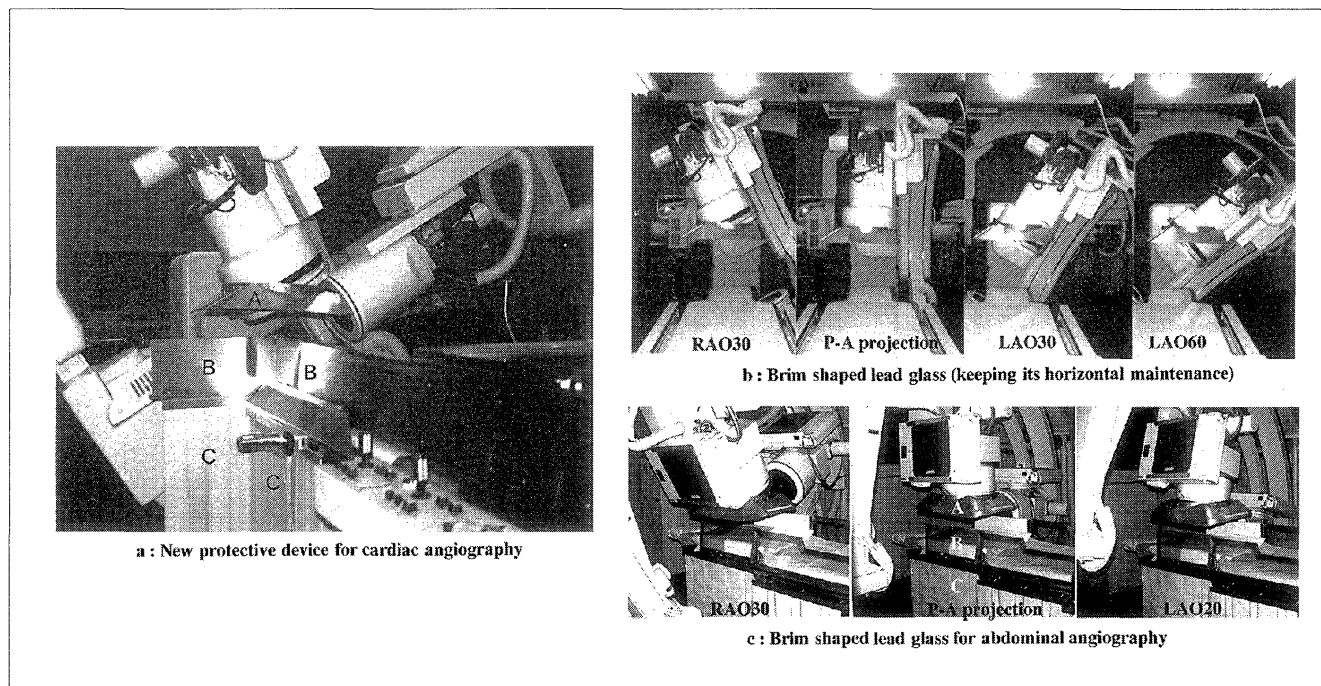


Fig. 7 新しいIVR用放射線防護具.

- (a) 心臓カテーテル検査用.
- (b) ひさし型放射線防護具の水平保持機構(RAO 30~LAO 60).
- (c) 腹部IVR時のアーム角度とひさし型放射線防護具の水平保持機構(RAO 30~LAO 20).

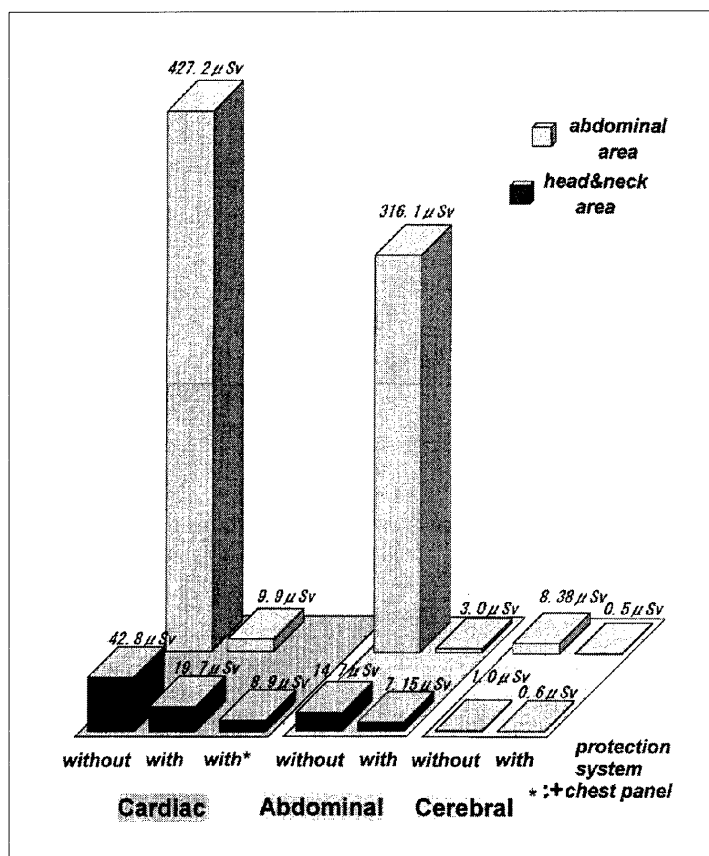


Fig. 8 ポケット線量計による被曝線量モニタリング。

きた。また他の血管撮影時でも防護効果は大きく臨床
上においても有用であった。

参考文献

- 1) 宮本 渉, 中山 徹, 福澤亮太, 増尾克裕, 他: Cアーム
テーブルIVS-100の開発. 島津評論, 53(2), 89-94,
(1996).
- 2) Shope TB: Radiation-induced skin injuries from fluoroscopy.
Radiology, 197, 449, (1996).
- 3) 小田敍弘, 寺田邦広, 田中幸枝, : 血管造影に用いる適正
な付加フィルタ. 日放技学誌, 44(12), 1668-1674,
(1988).
- 4) 後藤宏之: DIGITEX 2400 CX IVR マスターの開発と使用
経験, 日放技学誌, 50(8), 945, (1994).
- 5) 才田壽一, 吉岡孝之, 奥西孝弘, 宇都文昭, 他: 新しい血
管撮影用放射線防護具の開発. 日放技学誌, 53(1), 1-7,
(1997).
- 6) 医学において使用される体外線源からの電離放射線に対す
る防護(ICRP publication 33). 線量制限体系, pp.10-16,
丸善, 東京, (1986)

4. IVRにおける被曝低減教育について

Symposium

木野村豊
藤田保健衛生大学病院

1. はじめに

メスを持たない手術と提言する医師もいるIVRに
は, PTCA・TAEといった血管性のもの, PTCDのよ
うに以前から施行されている非血管性のものがあり,
使用される装置も多種多様である。また, 高度先進医
療でありながら, 日常的医療へと変化しつつあるた

め, 治療を受けた患者の放射線障害が報告され, 何十
回と携わるスタッフの被曝線量の管理が重要である。
IVRは, 医師が重度の難治性疾患を取り扱う際, 唯一
の選択肢になりえる治療法であり, また長時間透視・
高線量透視が特徴であることから, 今回は術者の透視
被曝に重点をおいた。