

平成 21 年 5 月 27 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007～2008

課題番号：19591398

研究課題名 (和文) I V R 術者のための新しい放射線防護衣の開発

研究課題名 (英文) PROTECTIVE APRON FOR IVR PHYSICIANS

研究代表者

洞口 正之 (ZUGUCHI MASAYUKI)

東北大学・大学院医学系研究科・名誉教授

研究者番号：20172075

研究成果の概要：放射線防護衣素材等の基礎検討結果から、散乱 X 線においては無鉛シートの防護効果比は管電圧 60～120kV の条件でほぼ 100%であった。つまり直接 X 線と異なり、管電圧 100kV を超えても、無鉛シートの遮蔽率および防護効果は、鉛タイプと同等であることを明らかにした。IVR 術者被曝の原因は、ほとんどが患者からの散乱 X 線であり、さらに無鉛タイプは軽量であるので、IVR の術者被曝防護に適している。また初期臨床的検討結果からも、IVR 術者防護における無鉛タイプの放射線防護衣 (プロテクター) の有用性が確認されつつある。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：放射線科学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・放射線科学

キーワード：医療・福祉、放射線、循環器・高血圧、被曝防護

1. 研究開始当初の背景

(1) IVR は特定の医師により施行されることが殆どであり、すなわち特定医師 (IVR 術者) のみに多くの放射線量が蓄積される傾向にあるため、IVR 術者は放射線被曝に対してより注意が必要である。

国内の事例では、IVR に従事した医師の放射線被曝線量限度超過報告があった。また海外では、IVR 従事者の放射線障害例 (白内障等の放射線による確定的影響) がいくつか報告されている。

よって、最適な IVR 術者被曝防護対策を、早急に講じる必要がある。

(2) 手技の難易度の高い IVR は検査時間が長くなる傾向にあり、また IVR 術者は患者の傍でその手技を行うため放射線源からの距離は近い。よって IVR 術者は、外部放射線被曝防護の 3 原則の「時間、距離、遮蔽」のうち、「時間」と「距離」について不利な状況にある。つまり IVR 術者被曝防護としては「遮蔽」が重要である。

(3) 一般に、放射線防護衣 (プロテクター) の防護効果とその重量はトレードオフの関係にあり、防護能力を向上させるためには

ロテクターは重くなる。

しかし長時間に及ぶことが多い IVR において、重いプロテクターを着用した状態では IVR 術者の負担が極めて大きくなる。よって、IVR 術者被曝防護対策として、鉛当量の大きな、重いプロテクターの着用することは困難である。

(4) 近年、無鉛タイプの重金属多元素型物質を用いたプロテクターが注目されている。無鉛タイプ多元素型プロテクターは、鉛タイプに比べ軽量ではあるが、IVR 領域での防護効果は不明である。

また、IVR 領域において、適切なプロテクター、つまり最適な鉛当量や材質に関しては明らかになっていない。

2. 研究の目的

(1) 無鉛タイプの重金属多元素型物質プロテクターの IVR 領域での防護効果を明らかにする。

(2) IVR 領域において、最適な鉛当量や防護素材について検討する。

(3) 以上を踏まえて、IVR 術者のための最適なプロテクターを開発する。

3. 研究の方法

(1) 基礎的検討：無鉛タイプ重金属多元素型物質プロテクターの防護効果(鉛タイプとの比較検討)

①直接 X 線での比較

インバータ式 X 線装置を使用し、X 線管電圧は 60 kV, 70kV, 80kV, 90kV, 100kV, 110kV そして 120kV で測定した。原則として、管電流は 200mA、X 線照射時間は 0.5 秒とした。X 線検出器として、電離箱式線量計(ラドカル 1015 型、60 c c チェンバ)を使用し、X 線管焦点-検出器間距離は、原則として 100 cm とした。

タングステンとスズを主材料とした、無鉛タイプ重金属多元素型物質プロテクターを使用し、鉛タイプを比較した。無鉛タイプと鉛タイプ共に、防護シートの鉛当量は、0.25mmPb 当量, 0.35mmPb 当量, 0.475mmPb 当量そして 0.6mmPb 当量について評価した。

それぞれの鉛当量の防護シート(無鉛タイプと鉛タイプ)を X 線検出器(線量計)の前面に配置し、X 線量を測定した。X 線照射野は防護シート入射面で 13cm×13cm とした。

それぞれの鉛当量の防護シート(無鉛タイプと鉛タイプ)の遮蔽率(%)は以下のように求めた。

$$\text{遮蔽率}(\%) = [(A-B) / A] \times 100$$

A: 防護シート無しの X 線量

B: 防護シート有りの X 線量

また、無鉛シートの鉛シートに対する防護効果比を以下のように定義し、それぞれの鉛当量の防護シート(無鉛タイプ)についてそれを求めた。

$$\text{防護効果比}(\%) = (C/D) \times 100$$

C: 無鉛タイプ防護シートの遮蔽率

D: 鉛タイプ防護シートの遮蔽率

②散乱 X 線での比較

上記と同じインバータ式 X 線装置を使用し、X 線管電圧は 60 kV, 80kV, 100kV そして 120kV で測定した。透視条件(連続透視)で測定を行い、原則として、管電流は 1mA とした。X 線検出器として、電離箱式サーベイメーター(MODEL ICS-321、アロカ株式会社)を使用し、20cm の厚さのアクリル板(30cm×30cm, 厚さ 1cm のアクリルファントム 20 枚)からの散乱 X 線を測定した。

X 線管焦点からアクリルファントムの中心までの距離を 100cm とし、さらにファントムの中心から、直角で真横方向に 45cm の距離に検出器(電離箱式サーベイメーター)を固定し、散乱 X 線量を測定した。

上記(直接 X 線での比較)と同じ防護シートを使用し、それぞれの鉛当量の防護シート(無鉛タイプと鉛タイプ)を検出器(サーベイメーター)の前面に配置し、X 線量を測定した。X 線照射野はアクリルファントム入射面で 30cm×30cm とした。

また上記と同様に、遮蔽率と防護効果比を求めた。

(2) 臨床的検討：無鉛タイプ重金属多元素型物質プロテクターの IVR での検討(鉛タイププロテクターとの比較検討)

上記の基礎検討と同様に、タングステンとスズを主材料とした、無鉛タイプ重金属多元素型物質プロテクターを使用し、鉛タイプのプロテクターと比較した。

無鉛タイプと鉛タイプ共に、防護シート(プロテクター)の鉛当量は、0.25mmPb 当量と 0.35mmPb 当量について評価した(計 4 種類について検討した)。

IVR(カテーテルによる冠動脈形成術:PCI)および冠動脈造影心臓カテーテル検査において臨床検討を行った。担当医師に、上記 4 つのプロテクターを無作為に装着してもらい、検討を行った。線量計は、半導体式ポケット線量計(PDM-117、アロカ株式会社)を用いた。担当医師の胸部と大腿部位置の、プロテクターの外側と内側に、計 4 個の線量計を配置し、測定評価した。

4. 研究成果

(1) 基礎的検討：無鉛タイプ重金属多元素

型物質プロテクターの防護効果比較結果(鉛タイプとの比較検討結果)

①直接 X 線での比較結果

各鉛当量での無鉛タイプと鉛タイプの防護シートの遮蔽率を Fig. 1 に示す。

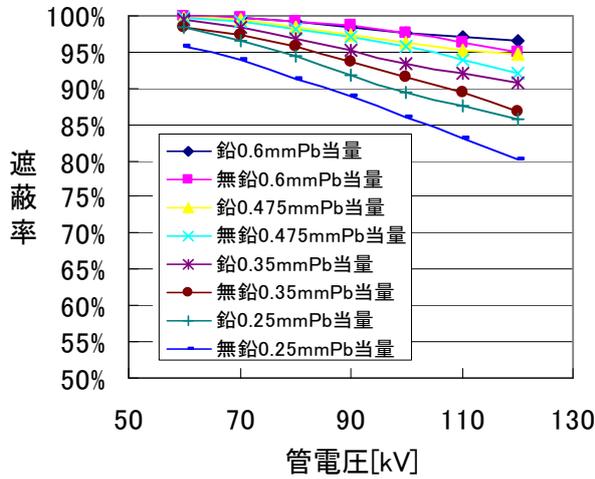


Fig. 1 直接 X 線における遮蔽率

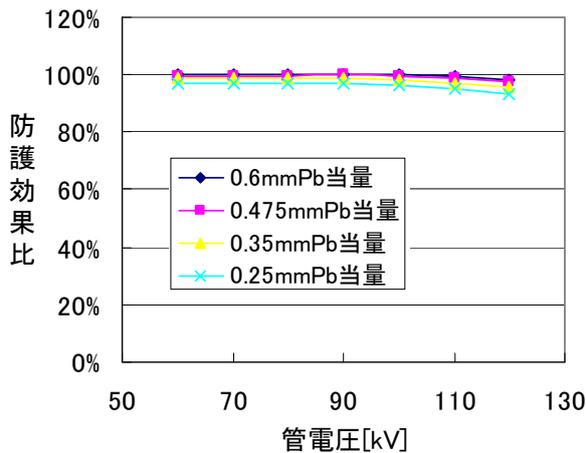


Fig. 2 直接 X 線における防護効果比

Fig. 2 は、各鉛当量での無鉛シートの鉛シートに対する防護効果比である。以上の結果から、直接 X 線においては、特に 0.25mmPb 当量の無鉛タイプの遮蔽率および防護効果が、少し劣ることが明らかになった。また、管電圧 100kV を超えるといずれの鉛当量でも、無鉛シートの遮蔽率および防護効果がやや劣ることが分かった。

言い換えれば、直接 X 線では管電圧 60~90kV において、無鉛タイプは鉛タイプとほぼ同等の防護効果比が得られているものの、管電圧 100kV を超えるにつれて、無鉛タイプの防護効果比が少し低下している。これは、鉛の K 吸収端は 88.0keV であり、スズやタンク

ステンンのそれよりも高く、100 kV を超える管電圧の領域では、鉛における X 線の選択吸収が顕著になるためである。よって、高電圧(高エネルギー)領域においては、鉛タイプの遮蔽効果が優れていると考えられる。

②散乱 X 線での比較結果

各鉛当量での無鉛タイプと鉛タイプの防護シートの遮蔽率を Fig. 3 に示す。

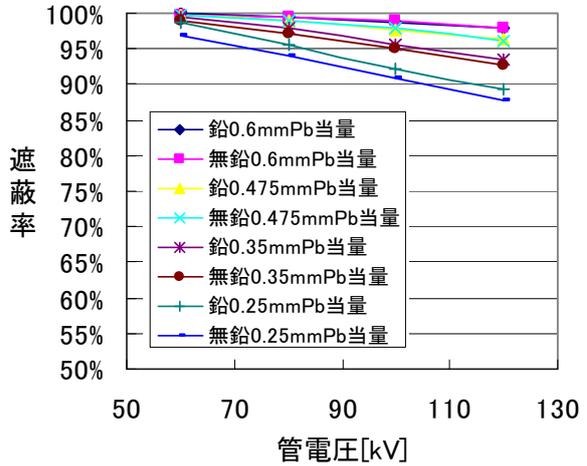


Fig. 3 散乱 X 線における遮蔽率

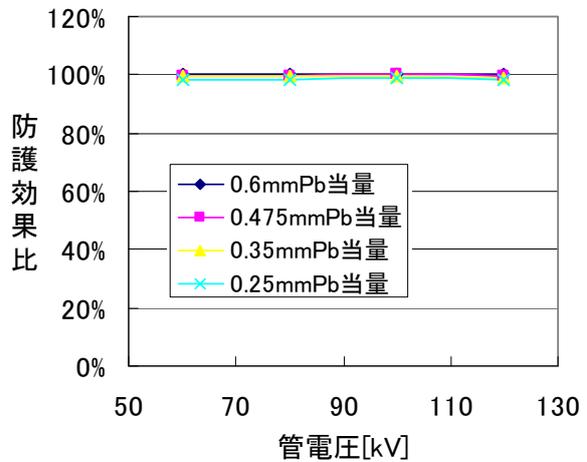


Fig. 4 散乱 X 線における防護効果比

Fig. 4 は、散乱 X 線における各鉛当量での無鉛シートの鉛シートに対する防護効果比である。以上の結果から散乱 X 線においては、無鉛タイプの 0.25mmPb 当量の遮蔽率および防護効果が、僅かに劣るものの、無鉛シートの鉛シートに対する防護効果比は管電圧 60~120kV の条件でほぼ 100%であった。つまり直接 X 線と異なり、管電圧 100kV を超えても、無鉛シートの遮蔽率および防護効果は、鉛タイプと同等であることが明らかになった。

これは同一の管電圧においては、散乱 X 線エネルギーは、直接 X 線エネルギーよりも低

くなるためである。よって直接 X 線のとき起きた鉛の X 線選択吸収はほとんど見られず、そのため散乱 X 線においては、管電圧 100 kV 以上においても鉛タイプの遮蔽効果は向上せず、無鉛タイプと同等の防護効果を示したものと考えられる。

IVR 術者被曝の原因は、ほとんどが患者からの散乱 X 線である。今回の結果から、散乱 X 線においては測定した管電圧 60~120kV の条件では、無鉛シートは鉛シートとほぼ同等の遮蔽能力を示した。さらに無鉛タイプは軽量であるので、無鉛タイプのプロテクターは、IVR の術者被曝防護に適していると言える。なお、以上の基礎的検討の研究成果は、欧文誌に掲載された。(Zuguchi M, et al. Usefulness of non-lead aprons in radiation protection for physicians performing interventional procedures. *Radiat Prot Dosimetry*. 131:531-4. 2009)

(2) 臨床的検討：無鉛タイプ重金属多元素型物質プロテクターの IVR での検討結果(鉛タイププロテクターとの臨床的比較結果)

臨床的検討は、測定評価を行うことが出来た症例はまだ少なく、初期の検討段階ではあるが、現時点での主な結果について、以下に列挙する。

- ・大腿部位置での線量は、胸部位置に比べ約 3 倍程度多い傾向にあった。
- ・評価した 4 つのプロテクターの中では、鉛タイプの 0.35mmPb 当量が最も遮蔽効果が高かった。しかし、無鉛タイプの 0.35mmPb 当量も、それとほぼ同等の遮蔽効果を示す傾向にあった。
- ・無鉛タイプの 0.25mmPb 当量でも、約 95% の遮蔽効果を示す傾向にあった。
- ・無鉛プロテクターは、IVR 術者の主観的評価(着心地や重量感)が良好であった。

今後更に IVR での臨床検討を進め、IVR 術者に適したプロテクター素材および鉛当量を明らかにして、IVR 術者用プロテクターの開発・最適化を達成したい。また成果について学会発表・論文投稿を行う予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Zuguchi M, Chida K, Taura M, Inaba Y, Ebata A, Yamada S. Usefulness of non-lead aprons in radiation protection for physicians performing interventional procedures. *Radiat Prot Dosimetry*. 131(4):531-4. 2009 年. 査読有

[学会発表] (計 1 件)

- ① Chida K, Taura M, Inaba Y, Ebata A, Masuyama H, Zuguchi M, Morishima Y, Takahashi S, Yamada S, Ishibashi T, Saito H, Maruoka S. Radiation protection basics for IVR staff: Usefulness of non-lead aprons. Radiological Society of North America (94th RSNA) (Chicago). 2008 年 11 月 30 日. (Exhibit Award, "CERTIFICATE of MERIT" 受賞)

[その他]

研究成果の一部を、放射線医学系国際学会の中で最も権威あるものの一つである北米放射線学会(Radiological Society of North America: RSNA)で発表した。そして、RSNA の Exhibit Award, である "CERTIFICATE of MERIT" を受賞することができた。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

洞口 正之 (ZUGUCHI MASAYUKI)
東北大学・大学院医学系研究科・名誉教授
研究者番号：20172075

(2) 研究分担者 (2007 年度)

千田 浩一 (CHIDA KOICHI)
東北大学・大学院医学系研究科・准教授
研究者番号：20323123
山田 章吾 (YAMADA SHOGO)
東北大学・病院・教授
研究者番号：60158194

(3) 連携研究者 (2008 年度)

千田 浩一 (CHIDA KOICHI)
東北大学・大学院医学系研究科・准教授
研究者番号：20323123
山田 章吾 (YAMADA SHOGO)
東北大学・病院・教授
研究者番号：60158194

(4) 研究者協力者

中村 正明 (NAKAMURA MASAOKI)
(株)化成オプトニクス・スクリーン部・課長
佐藤 匡也 (SATO TADAYA)
秋田県成人病医療センター・循環器科・診療部長
加藤 守 (KATO MAMORU)
秋田県成人病医療センター・医療技術部・診療放射線技師
稲葉 洋平 (INABA YOHEI)
東北大学・大学病院・診療放射線技師
田浦 将明 (TAURA MASAOKI)
宮城県立がんセンター・放射線技術部・診療放射線技師