

機関番号：15301

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20591476

研究課題名 (和文) I V Rにおける患者被曝低減に関する研究

研究課題名 (英文) Reduction in patient skin dose in interventional radiology

研究代表者

川辺 睦 (KAWABE ATSUSHI)

岡山大学・大学院保健学研究科・助教

研究者番号：30403471

研究成果の概要 (和文)：アンダーチューブ方式の I V R 診療では検査台から発生する散乱線が避けられない。本研究では検査台と患者の間にエアギャップを配することでこの不要な被曝を低減できると考えた。しかしながら、臥床する患者と検査台の間に空間を作り出すことは物理的に不可能であるため、低密度発泡材をエアギャップの代用とする方法を考案した。低密度発泡材は患者皮膚線量低減に有効であることが示され、6 cm の低密度発泡材で 9 % の表面線量を減らすことに成功した。

研究成果の概要 (英文)：Scattered radiation is inevitably generated in the patient couch during interventional radiology (IVR) procedures that use an under-couch tube system. We considered that this unnecessary exposure could be reduced by the addition of an air gap between the couch and the patient. Because it is physically impossible to place an air gap on top of the couch and under the patient, we devised a new process in which an expanded polystyrene (EPS) board is used as a substitute for the air gap. The results show that the EPS board played an effective role in reducing the skin dose to the patient. Using an EPS board 6 cm thick as an air gap substitute resulted in skin dose savings of approximately 9%.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：医歯薬学

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：インターベンショナル・ラジオロジー、医療被曝、皮膚線量、検査台、エアギャップ、サポートマットレス、モンテカルロ・シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

| エックス線透視を用いたインターベンシヨ

ナル・ラジオロジー（IVR）診療は、脳や心臓の血管系疾患や癌に対する非侵襲的治療法として大きな成果をあげているが、手技が高度になるほど透視時間が長くなる傾向があり、患者の皮膚に潰瘍や瘢痕などの傷害をもたらす事例が散見された。1994年、米国食品医薬品局（FDA）は、長時間にわたるエックス線透視による患者皮膚被曝について警告を発し、IVR診療後の患者に対する照射部位の観察を要求するとともに、照射総線量低減のために適切な措置を講ずるよう求めた。これを受けてわが国でも日本医学放射線学会らが対策を検討し、「IVRに伴う放射線皮膚障害の防止に関するガイドライン」を作成した。その内容は、装置、線量、患者の管理に加えて従事者への教育訓練や情報の共有に至るまで多岐にわたる。

国際放射線防護委員会（ICRP）では、2000年に「IVRにおける放射線傷害の回避」を刊行し、従事者への啓発を行った。その中で、患者線量の低減に寄与する方策として10項目をあげており、技術的な介入が可能な項目は、高管電圧化および付加フィルタなどの挿入による線質硬化による低エネルギー領域のエックス線の除去である。しかしながら、このような方法は画質の低下を伴う場合があり、そのトレードオフの適正化が求められている。

## 2. 研究の目的

被曝低減と画質の維持というトレードオフを達成するためには、エックス線質を変えずに低エネルギーエックス線の成分を少なくする必要があり、本研究ではIVR診療のジオメトリに着目した。長時間にわたりエックス線透視画像を確認しながら行うため、患者は検査台に臥床して手技が行われるが、このとき、術者である医師の職業被曝を低減する目

的でエックス線を床側から天井方向に向けて照射することが一般的である。したがって、エックス線が患者の皮膚に入射する直前に検査台とサポートマットレスを透過することになり、そこでエックス線と物質の相互作用すなわち散乱線が発生していることになる。つまり、IVR患者の背部は必要な放射線ばかりでなく、不要な散乱線によって被曝が増大していることになる。しかも、散乱線は低エネルギーであるため、多くのエネルギーが患者の皮膚に吸収されてしまう。すなわち、検査台からの散乱線は診断画像にまったく寄与しないうえに、入射面の皮膚に大きなダメージを与えている。このようなジオメトリのもとでは、患者に入射する検査台やサポートマットレスからの散乱線を減らすという技術的介入が可能であると考えた。

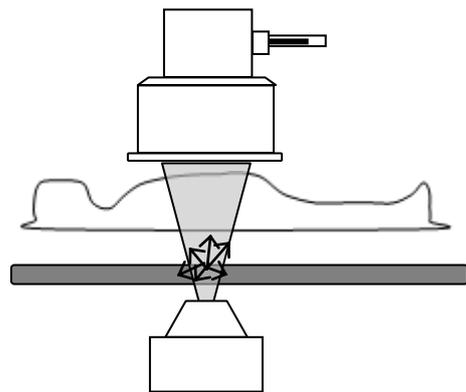


図1 エアギャップ法による散乱線除去

本研究では、散乱線を発生させる検査台と患者背面の間にエアギャップ（空間）を作ることによって散乱線を除去し、患者皮膚被曝を低減させることを目的とした。低エネルギーの散乱線は、空気のような低密度媒質であっても相互作用して多くのエネルギーを喪失する。よって、エアギャップの構築により除去されるのは診断画像生成に不必要な散乱線に限られ画質低下は生じない。

具体的なエアギャップ構築を図1に示す。  
この技術を応用すれば、患者皮膚被曝を低減する I V R 検査台を開発できると考えた。

### 3. 研究の方法

- (1) エックス線スペクトルの評価… I V R ジオメトリで患者に入射するエックス線スペクトルを評価する。計算によるシミュレーションを中心に実測で補完する。
- (2) モンテカルロ・シミュレーションによる被曝の実態解明…モンテカルロ光子輸送計算モデルEGS5を用いて、実測との照合を行う。
- (3) 低密度発泡材質の作成…基礎実験に用いるエアギャップ代用発泡材質を汎用品から作成する。汎用品を用いるのは、研究成果を広く採用してもらうため。並行して材質メーカーに硬度を維持できる密度を検討してもらう。
- (4) 模擬患者の作成…表面線量を高精度に測定するために並行平板型電離箱を隙間無く埋め込めるアクリル製ファントムを作成する。
- (5) 電離箱とファントムを用いた基礎的実験… I V R 診療ジオメトリに低密度発泡材を組み込んで模擬患者の表面（皮膚）線量の変化を測定する。モンテカルロ・シミュレーション結果と照合する。
- (6) 臨床 I V R 装置を用いた測定…基礎実験の結果と照合する。
- (7) 臨床 I V R 実測定データの分析…画像を生成する受光系のレンジの確認を行う。
- (8) 低被曝 I V R 検査台の設計と試作…エアギャップを用いなくても検査台自体が低密度であれば患者皮膚線量の低減は達成できるため、検査台強度を維持したまま低密度化をはかる。

### 4. 研究成果

#### (1) 基礎実験の結果

ファントムおよび検査台の間にエアギャップおよび低密度発泡材を挿入し、その厚みを変化させて測定した結果を図2に示す。

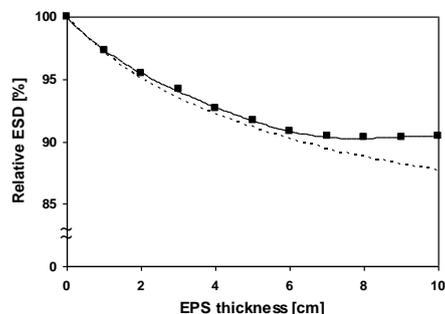


図2 低密度発泡材の厚さによる表面線量の変化

点線が空間エアギャップによる表面線量低減効果を示しており、実線が低密度発泡材を用いたエアギャップ代用法での表面線量低減効果である。いずれも検査台とファントム間の距離が大きくなるほど低減効果が高くなり、エアギャップ代用法では約6cmの低密度発泡材を挿入することで、表面線量が9%低減することが分かった。

#### (2) モンテカルロ・シミュレーションによる被曝実態の解明

表面線量低減効果については、実測定による結果と同等であったが、点線で示したエアギャップによる表面線量低減については測定値と計算結果で大きく異なり、モンテカルロ計算ではEPSによる代用法の方が、わずかに被曝低減効果が高い結果となった(図3)。

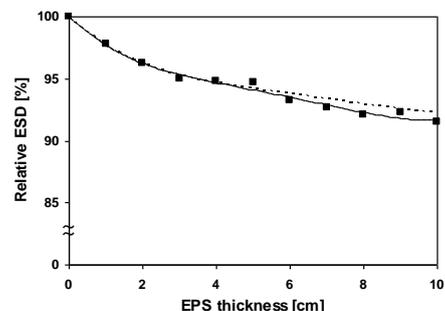


図3 モンテカルロ計算による表面線量シミュレーション

### (3) サポートマットレスの影響について

評価したサポートマットレスには、IVR装置用にメーカーから提供されているもの(マットA)に加えて、患者の安楽に配慮して用いられることが多くなってきている低反発マット(マットB)の2種類とした。それぞれのスポンジ材の密度は、 $0.03\text{ g/cm}^3$ 、 $0.085\text{ g/cm}^3$ であり、荷重のかからない状態でのサポートマットレス厚は、それぞれ3cm、7cmである。また、設定したX線質における吸収当量はマットカバーを含めてそれぞれ $0.3\text{ mmAl}$ 、 $1.0\text{ mmAl}$ であった。それらを検査台とファントムの間に挟んだ場合のファントム表面線量への影響は、低反発マットレス(マットB)を使用した場合、従来の一般的なマットレス(マットA)に比べて透視線量率が約106%となり患者皮膚線量の増加が示唆された。低密度発泡材の単独使用はエアギャップ効果により検査台からの散乱線を減衰させ約11%の線量低減効果を示したが、マットAと組み合わせて使用してもほぼ同等の透視線量率となった。これらの結果から、表面線量は線量計と接する媒質の構成元素や密度に依存していると考えられる。すなわち、IVR検査ベッドより低密度であるサポートマットレスの使用は患者皮膚線量を低減させ、サポートマットレスより低密度である低密度発泡材と組み合わせることで低減効果を高めることができる。しかしながら、患者の安楽を目的とした低反発マットレスの使用は、従来のマットレスより表面線量を増大させる結果が示されており、安楽と皮膚線量増加のトレードオフを検討する必要があるだろう。

### (4) 低被曝IVR検査台の設計と試作

IVR検査台を解体して、構造を分析した結果、押出發泡材をカーボン板で包み込んで

いることがわかった。同様の材料を入手して、模擬的な検査台を作成し、散乱線を低減させるための方法を実験的に試行した結果、おおきな患者皮膚線量低減効果は得られないことが分かった。このことから、検査台の構造を変えるという大きな改造を伴わない低密度発泡材を検査台の上に敷くという方法が、最も安価で高い効果が得られるとの結論に達した。

## 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3件)

- ① 川辺睦、佐藤斉、迫田晃弘、片岡隆造、花元克巳、深井喜代子、三村秀文、山岡聖典、AIR GAP代用法によるIVR患者被ばく低減のモンテカルロ検証、医学物理30、査読無、2010、351—352
- ② 川辺睦、花元克巳、三村秀文、郷原英夫、若狭弘之、金澤右、IVRにおいてサポートマットレスの使用が患者皮膚線量に及ぼす影響、医学物理29、査読無、2009、342—343
- ③ Kawabe A、Takeda Y、Nakagiri Y、Reduction in patient skin dose during interventional radiology with the use of an air gap substitute, British Journal of Radiology, 81、査読有、2008、474—478

[学会発表] (計3件)

- ① 川辺睦、IVR患者皮膚線量低減のための技術的検討、第26回放射線技師総合学術大会、2010.7.4、東京
- ② 川辺睦、IVRにおいてサポートマットレスの使用が患者皮膚線量に及ぼす影響、第97回日本医学物理学会学術大会、2009.4.18、横浜

③ Kawabe A, Low-density board placed on the couch leads to significant lowering of patient skin doses during interventional radiology, The 9<sup>th</sup> Japan, Korea and Republic of China International Joint Conference of Radiological Technologists, 2008. 7. 11, Sapporo

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

川辺 睦 (KAWABE ATSUSHI)  
岡山大学・大学院保健学研究科・助教  
研究者番号：30403471

### (2) 研究分担者

花元 克巳 (HANAMOTO KATSUMI)  
岡山大学・大学院保健学研究科・助教  
研究者番号：20335590  
三村 秀文 (MIMURA HIDEFUMI)  
岡山大学・大学院医歯薬学総合研究科・准教授  
研究者番号：10304362  
深井 喜代子 (FUKAI KIYOKO)  
岡山大学・大学院保健学研究科・教授  
研究者番号：70104809  
片岡 隆浩 (KATAOKA TAKAHIRO)  
岡山大学・大学院保健学研究科・助教  
研究者番号：40509832 (H21～H22)