

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K10426

研究課題名(和文)リアルタイム水晶体被ばく計測システム構築のための基礎的検討

研究課題名(英文)Fundamental study for real-time eye lens exposure measurement system

研究代表者

作原 祐介 (Sakuhara, Yusuke)

北海道大学・医学研究院・客員研究員

研究者番号：40374459

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、小型で持ち運びが可能で、被ばく防護メガネの任意の位置にシンチレータプローブを装着することで、線量をリアルタイムに測定できる計測器を使用し実験を行い、X線透視下の処置・治療中の術者被ばくをリアルタイムに計測できる可能性を示したが、現状では計測器本体の遮蔽を要することが課題である。

水晶体被ばくの測定に適した線量計の位置は、X線源側のレンズの裏面であることが判明した。一方で、メガネと水晶体の間隙、レンズの形状の違いにより、遮蔽物が無い部分からの被ばくの影響を受けるため、この結果は側方の遮蔽があるメガネを正しく装着した場合に限られる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、X線透視下での処置・治療における術者の水晶体被ばくを、正確かつリアルタイムで測定する方法を確立するための基礎実験を行ない、最適な線量測定部位、防護メガネの形状の違いによる遮蔽効果の差異などを検討した。また、防護メガネだけでなく、鉛入り遮蔽板などの併用が極めて有用であることも証明した。一方で、リアルタイムの測定は理想的だが、本研究で用いた線量計は高価で、現状では現場に広く普及させることは困難である。しかし、将来的には低コストでの線量計の供給や、他の手法の研究の発展により、術者だけでなく、検査室の看護師、技師、患者等の被ばく低減への貢献が期待される。

研究成果の概要(英文)：In this study, we used a compact, portable instrument that can measure radiation dose in real time by attaching a scintillator probe to any position of protection glasses, and the possibility of real-time measurement of operators' radiation exposure during procedures and treatments under X-ray fluoroscopy was demonstrated. However, the current problem is that the instrument itself needs to be shielded.

It was found that a suitable dosimeter position for measuring lens exposure is on the back side of the lens on the X-ray source side. On the other hand, the gap between the glasses and the eye lens and the shape of the glasses have an influence on exposure from the unshielded area, so this result is limited to cases where the glasses with lateral shielding are properly put on.

研究分野：放射線医学

キーワード：水晶体被ばく X線透視 線量測定

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

X線透視やCT透視を用いて行う画像下治療(IVR治療: Interventional Radiology)は、低侵襲、低コストで高い効果が得られることから、全身の幅広い疾患に対して施行されている。高齢化社会の到来によって、悪性腫瘍や成人病を有する患者が増加するに伴い、さらにその需要が増えると推測される。

一方で、難易度の高い治療や、冠動脈領域の治療では、X線透視時間が長くなる傾向があり、近年では患者のみならず術者の被ばくによる水晶体混濁が注目されている。特に冠動脈領域の画像下治療では、術者、看護師の水晶体混濁が高い頻度で発生しているというデータが公表され、学会主導での注意喚起が行われている。2011年のICRP声明(Pub.118)で水晶体の等価線量に関する線量限度に変更があり、従来声明と比較し、1年間の線量限度が150mSvから50mSvに、5年間の線量限度は「設定無し」から100mSvに、閾値は5Gyから0.5Gyと大幅に引き下げられた。

しかし、被ばく防護に関する知識が不十分なままX線透視を用いた処置を行っている医師が少なくないのが現状で、患者のみならず術者自身や立ち会う看護師への過剰な被ばく増加を引き起こしている。こうした現状を踏まえ、簡易な方法で術者被ばくをリアルタイムに測定するシステムを開発し、医療者の被ばくを管理し、医療被ばくへの注意喚起を推進することが望まれる。

2. 研究の目的

近年の調査研究で、画像下治療に従事する医療者の水晶体混濁が、従来考えられているよりも低い線量被ばくで生じていることが示唆され、国内外で注意喚起が行われ関心が高まっている。

本研究の目的は、放射線業務従事者の職業被ばくの低減、および職業被ばくによる健康被害を防ぐ環境整備の一環として、リアルタイムにX線量を計測できる1mmのファイバー形状の線量計(SOF線量計: Scintillator with Optical Fiber Dosimeter)を用いて、X線透視下およびCT透視下での画像下治療手技における術者の水晶体被ばく線量を、簡易な方法でリアルタイムに計測する線量管理システムを構築することである。

3. 研究の方法

水晶体被ばくの計測実験に用いる、術者を想定した人体頭部ファントムを作成する。このファントムの眼球の水晶体の位置に線量計を装着する。

人体頭部ファントムを用いた水晶体のX線被ばく線量計測: X線透視室で、頭部ファントムを、術者を想定した位置に配置し、X線を発生し、水晶体の被ばく線量を計測する。

X線防護用メガネを頭部ファントムに装着した状態で、同様にX線透視装置でX線を発生し、水晶体の被ばく線量を計測する。被ばく線量は、X線源(X線管球)の位置によるX線入射角の違い、X線管球と術者・水晶体との距離により変化しうるため、X線透視装置はオーバーチューブ、アンダーチューブの両方を用いて線量計測を行う。管球との距離も複数箇所を設定して計測し、得られたデータとモンテカルロ法による空間線量率分布推定を比較し、これらの一致性を検証する。

X線防護用メガネのフレーム、レンズの形状は製品により多彩で、これらの形状の違いにより被ばく線量に差が出る可能性があり、後に検証を予定している空間線量率分布推定の基礎データを得るために、各製品について同じ方法で線量計測を行う。

X線防護用メガネの様々な部位(防護レンズの下面・側面、眉間部分、等)にSOF線量計を装着し、水晶体の線量との相関関係を検証し、SOF線量計の測定結果を水晶体の被ばく線量に換算する方法を確立する。実用化を見据えて計測部位の数を最小限とするために、水晶体被ばく線量と最も相関関係が高く、正確に計測ができるSOF線量計の最適な装着部位を検証する。

4. 研究成果

X線透視装置を用い、実際の臨床における様々な状況を想定した条件設定における、X線透視下の手技における術者被ばく線量の計測実験を、患者ファントム、術者ファントム、リアルタイム線量計、熱ルミネッセンス線量計を使用して行ってきた。

天吊型の遮蔽板やカーテン型といった、面積が比較的広い遮蔽物の防護効果は高いが、顔面の一部を覆う被ばく防護メガネの遮蔽効果は、当初の想定よりも低い結果が判明した。過去に公表されている学会発表や論文データでは、防護メガネの高い有効性が報告されているが、我々の実験結果はこれらを下回り、レンズの鉛含有量に加え、防護メガネの形状、メガネの装着位置が影響することを証明した。同等の鉛含有量のレンズを使用した防護メガネにおいて、側面の遮蔽がないメガネは、あるものと比較して遮蔽効果が低かった。顔面とレンズとの間隔が広い形状のメガネも、狭いものと比較して遮蔽効果が低かった。さらに、遮蔽効果が高い防護メガネであっても、レンズと顔面が離れた状態など、正しい位置で装着されていない場合は、遮蔽効果が大幅に低下することも証明された。

これらの結果は、上・下顎方向や側頭部方向からのX線が水晶体被ばくに大きく影響するという、我々の推測を証明するものとなった。水晶体被ばく測定に適切な線量計の位置については、側面に遮蔽物を有する形状の防護メガネでは、X線の線源がある方向のレンズの裏面が最も良い相関を示した。

一方で、術者と線原の位置関係が変わった場合にはその限りではない。また、リアルタイムでの計測の試みでは、使用したリアルタイム線量計本体の遮蔽が必要で、普及に向けてはそれらの問題の解決が必要である。また、途中から同時に行った推定空間線量との比較で、実測値との相関が比較的良好だったことから、簡易な方法で、フィルムバッジよりも正確に推定できる可能性が示唆された。さらには、術者のみならず、同室の医療従事者(看護師、技師、等)の位置情報がわかれば、推定空間線量との比較により、全員の被ばく線量が、臓器を問わず推定・計測できる可能性がある。現状でSOF線量計は高価で普及しにくいことから、この方法が簡易にできれば、より早期に普及させ、医療従事者の職業被ばく低減に貢献することが期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Yusuke Sakuhara, Takeshi Takata, Jun'ichi Kotoku, Hiroshi Kondo
2. 発表標題 Occupational radiation dose reduction of the operators' hands by the X-ray protection shield in the forearm approach procedures: experimental phantom study
3. 学会等名 CardioVascular and Interventional Radiological Society of Europe 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 作原祐介、高田剛志、古徳純一、石川正純、近藤浩史
2. 発表標題 X線透視下手技における水晶体のリアルタイム被ばく計測の試み：ファントム実験での検証
3. 学会等名 第49回日本インターベンショナルラジオロジー学会総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yusuke Sakuhara, et al.
2. 発表標題 Real-time eye lens dose rate monitoring with a scintillator with optical fiber dosimeter
3. 学会等名 CardioVascular and Interventional Radiological Society of Europe 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 作原 祐介、他
2. 発表標題 X線防護シールドによる術者被ばく低減効果の検証
3. 学会等名 第49回日本インターベンショナルラジオロジー学会総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 作原祐介、中村友亮、清水匡、石川正純、高田剛志、古徳純一、近藤浩史
2. 発表標題 リアルタイム被ばく計測の試み：ファントム実験での検証
3. 学会等名 北日本IVR研究会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	石川 正純 (Ishikawa Masayori) (80314772)	北海道大学・保健科学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	曾山 武士 (Soyama Takeshi) (00794059)	北海道大学・大学病院・助教 (10101)	
研究分担者	阿保 大介 (Abo Daisuke) (30399844)	北海道大学・大学病院・准教授 (10101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------