

**【総合 全研究期間】令和2～4年度 研究結果の概要** (200701-01) 研究代表者: 千田浩一  
研究課題名: 眼の水晶体の放射線防護に資する機材開発推進および被ばく低減のための多角的研究

**研究目的:** 医療従事者の眼の水晶体被ばくの防護状況の実態を詳細に把握すること、医療従事者の水晶体被ばく低減を図るため放射線防護機材に求められるニーズ等の情報を収集し、今後の防護機材開発に資する検討、放射線防護機材開発の推進のための課題整理を行うことが目的である。そのために、放射線防護機材の技術的課題等の情報調査・収集の臨床研究、放射線防護機材改良等に関する研究、水晶体線量計等の改良等の研究、放射線防護教育研究、関係学会及び団体との連携及び国内外の開発上の技術的課題等の情報の調査・収集などを行う。分析結果を踏まえ多角的視点から、放射線防護機材の開発等に資する検討を行い取り纏める。

**研究方法**

**1. 千田担当研究(リアルタイム線量評価、水晶体被ばく実態調査、放射線防護機材の改良等に関する研究、水晶体線量計等の改良等に関する研究)**

リアルタイム線量計(RaySafe i2 および i3)の基本性能評価を行い新型 i3 の有用性を評価した。心臓 IVR 術者(医師)の IVR 手技中の水晶体と頸部の線量の測定を、RaySafe i3 を用いてリアルタイム初期臨床研究を行った。IVR 看護師および PET 看護師について水晶体被ばくの実態調査を調査した。放射線防護機材の改良等に関する研究に関して、0.07mmPb メガネ改良に関する基礎臨床検討、放射線シールドドレープ改良研究、IVR 医師の無鉛エプロン放射線防護効果臨床研究、IVR 術者用の新しい頭頸部用放射線防護具(フェイスシールド)の試作、IVR 術者水晶体被ばく低減用試作放射線防護具(突出型)開発について実施した。水晶体線量計等の改良等に関して、水晶体用線量計 DOSIRIS®の改良試作型ヘッドセットに関する初期検討を実施した。また頭部から発生する後方散乱線が水晶体被ばくに及ぼす影響について、蛍光ガラス線量計と各種ファントムを用いて調査した。

**2. 盛武分担研究(水晶体被ばく実態調査、放射線防護機材の改良等に関する研究、放射線防護教育研究)**

水晶体等価線量が定常的に 20 mSv/年を超える医師について、過去 4 年間(2016-2019 年)の水晶体等価線量、血管造影検査・IVR 件数、および透視時間の推移を調査した。放射線防護機材の改良等に関する研究については、オーバーテーブル透視装置用の放射線防護カーテン(ショートカーテン)の開発と効果の検証を行った。放射線防護教育研究について、Augmented Reality (AR)を利用し、血管造影検査室の天井懸架型防護板の正しい使い方を学習するためのアプリケーションの開発と評価を行った。また、インターベンショナルラジオロジー医師に対する術前ブリーフィングが個人線量計および個人保護装具の使用に与える影響について調査した。

**3. 佐々木、雑賀、黒坂分担研究(水晶体被ばく実態調査:白内障の実態調査研究)**

白内障学会の全面的協力のもと、国内の診療放射線従事者(医師・診療放射線技師・看護師)の水晶体被ばくの実態を把握するために、対象者らが集う学会において詳細な白内障検診を行い、放射線被ばくと各種白内障混濁病型の関連を調査した。眼科医による散瞳下での細隙灯顕微鏡検査のほか、Scheimpflug slit カメラおよび徹照カメラを用いた水晶体撮影画像による画像診断や Optical Coherence Tomography(光干渉断層撮影;以下 OCT)も含めた調査とした。白内障は進行例において視機能低下を生じる 3 主病型(皮質、核、後囊下)と 2 副病型 Retrodots、Waterclefts、放射線白内障の初期病変である微小混濁 Vacuoles の 6 病型について検討した。

**4. 赤羽正章分担研究(放射線防護機材の改良等に関する研究)**

血管撮影室で用いられる防護デバイスの遮蔽効果や臨床使用における課題を取り纏め、新たなデバイス開発へ向けたデザインの検討を行った。例として ZERO-GRAVITY の散乱線遮蔽効果および周囲の線量分布をファントム実験にて明らかにし、さらに臨床使用経験をまとめた。血管撮影室で用いられている防護デバイスの中で最も有用なもののひとつである天吊り遮蔽板(下縁鉛カーテン付属)について、ファントム実験にて知見を収集した。

**5. 藤淵分担研究(放射線防護教育研究:放射線防護教育コンテンツ開発)**

ウェブブラウザ上で散乱線分布をクロスリアリティ(X-reality:XR)により観察できる放射線防護教材を作成し、実際の使用方法の構築および有効性を評価した。仰臥位で寝台に寝ている患者に対して X 線を照射した際のモンテカルロシミュレーションに基づくデータから、スマートフォンや PC で使用できる散乱線可視化教材を作成した。放射線技術科学または看護学を専攻する学部学生を対象とした授業で使用し、教材評価モデルを基としたアンケートでモチベーションへの影響を評価した。またテキストマイニングを用いて感想を解析した。

**6. 赤羽恵一分担研究(国内外の開発上の技術的課題等の情報について調査・収集)**

国際機関、国内及び世界各国における状況を調査した。規制内容・被ばく線量測定機器・測定方法・校正方

法・被ばくの実態・防護手法等についてインターネット上に公開されたガイドライン等の情報を収集した。また、PubMed 等により文献検索した。更に、ウェブ開催された国内外の国際学会に参加し、発表内容の情報を得た。

**結果:**リアルタイム線量計 i3 の IVR 臨床での有用性を確認でき、本検討により天吊り防護板の不適切使用例が 8 割程度もあることなどが分かり、天吊り防護板の位置の重要性を再認識することができた。心血管 IVR 看護師の水晶体の被曝線量を安全側に評価するためには、PCI では左眼近傍、ABL では右眼近傍に線量計を装着して測定することが適切であると思われた。PET 看護師が線量限度の 1 年平均値である 20mSv/年を超過する可能性は低いと考えられた。改良新型 0.07mmPb 当量防護眼鏡の遮蔽率は向上したが、まだ十分な防護効果を有しているとは言えずさらなる改良を行う必要がある。試作した X 線防護壁付放射線シールドドレープの有効性が確認でき特許出願も行ったが、透視や撮影の角度によって十分な遮蔽効果が得られないことがあるため、さらなる改良や天吊り防護板など他の防護具との併用が重要である。IVR 医師の放射線防護には 0.35mmPb 当量の無鉛防護エプロンがより適していると思われた。IVR 術者用の新しい頭頸部用放射線防護具(フェイスシールド)は、十分に実用可能であると思われた。IVR 術者の水晶体被ばくを低減するために開発した試作放射線防護具(突出型)は、効果的に水晶体を防護できることが確認でき、さらに特許を出願した。DOSIRIS の改良試作型ヘッドセットに関する初期アンケート調査を行った結果、改善点はあるものの使用感の向上が見られ有用性が示された。頭部から発生する後方散乱線が水晶体被ばくに及ぼす影響は無視できず、また管電圧の増大に伴いその影響は増加した。

水晶体等価線量が定常的に 20 mSv/年を超える医師の実態調査結果から、経験年数に応じて水晶体等価線量は下がっておらず、むしろ難しい放射線診療に従事することから、さらに高くなる可能性が明らかとなった。開発したオーバーテーブル透視装置用ショートカーテン単体では水晶体線量低減率は低いが、汎用性の高さからショートカーテンは全ての透視手技における集団水晶体等価線量を低減することが期待できた。放射線防護教育研究に関して、血管造影検査室の散乱線を AR アプリケーションで可視化し、医療スタッフに対して天井懸架型防護板の適切な使用方法を理解させる教材を開発し評価したところ、医師・看護師・診療放射線技師・臨床工学技士全てのスタッフから高い評価を得ることができた。IVR 開始直前のブリーフィングにて、個人線量計と個人保護装具を正しく装着されているかを確認(含む連結ストラップ利用)すると、それらの装着率は劇的に上昇した。

令和 2 年度～令和 4 年度において、脳神経血管造影検査・血管内治療の従事者および IVR 従事者を対象にした白内障調査を行い、放射線被ばく量との関連を検討した。全対象者のうち 9 割以上は視力良好であり、顕著な視力低下をともなう白内障は認められなかった。放射線白内障の初期病変とされる後囊中心の Vacuoles の有病率は左右眼とも 15%程度であるが、左眼の有病率がやや高くなる傾向を示した。これらが今後視力低下をともなう放射線白内障につながる可能性も考えられるため、引き続き長期での詳細な観察研究が必要である。

ZERO-GRAVITY の遮蔽効果は従来の防護デバイスより高く、使用感などの課題は残るものの、次世代のデバイス開発の参考になる特長を有していた。天吊り防護板(下縁鉛カーテン付属)の遮蔽効果は、防護板下縁と患者との隙間が小さいほど高まった。防護板を更に下げる場合、弛んだ鉛カーテンの下縁を患者頭側に折り返すと遮蔽効果が低下するので、患者尾側へ折り返すべきである。防護板下縁と患者との隙間の大きさに応じて防護板をやや術者寄りに配置することで、遮蔽効果を高められる可能性がある。

WebXR を用いた新たな放射線防護教育手法を開発した。WebXR により仰臥位での X 線照射時の散乱線の広がりを視覚的に観察し、理解することができ、利用者の放射線防護に対する興味、理解、自信が向上することを確認した。よって効果的な教育が可能であることが分った。今後は、より良い教育効果を得るために、利用者の放射線防護の習熟度や使用目的に合わせて、より効果的な放射線防護教育教材を開発することが望まれる。

国内外の開発上の技術的課題等の情報について調査・収集に関して、各種防護具の有用性だけでなく、課題も示されており、状況に応じて包括的に選択し、合理的低減を図ることが重要である。防護と線量評価が業務で求められるようになってきており、実務的・効果的な防護方法及び線量評価法への関心が高いと言える。

**まとめ:**成果の一部については学術論文掲載や特許出願をすることができた。工学的アプローチにより臨床現場での水晶体被ばくの実態とその低減策が提示できたところは防護機材開発に繋がり、さらに放射線防護に資する新しい機材開発が着実に進行していると考えられる。常に被ばく低減に意識をしながら放射線手技に臨むことが必要である。だが唯一絶対的な放射線防護具は無いため、様々な防護具を併用することで、術者の被ばく低減に繋がると考える。引き続き IVR 術者等のリアルタイム測定および行動解析による防護戦略立案、白内障の実態調査、新発想の放射線防護具開発や改良、そしてラインナップした防護具についてどのような用途環境下での使用(ど

のような防護具の組み合わせ)を推奨するのかなどについて、今後も継続した研究が重要である。