

## 令和3年度研究結果の概要（200701-01）

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  
研究代表者： 千田浩一

**研究目的:**本研究は医療施設の従事者(トップランナー医師を含む)が受けている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、さらに医療施設の労働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、すなわち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を目的とする。そのために、放射線防護機材の技術的課題等の情報について調査・収集に関する臨床研究、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、そして関係学会及び団体との連携研究及び国内外の開発上の技術的課題等の情報について調査・収集などを行う。最終的には、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、体系的に取り纏め、同時に産業保健的なアプローチ、すなわち上流側である X 線発生源の低減対策についても提案する予定である。

### 研究方法

#### 1. 放射線防護機材の技術的課題等の情報について調査・収集

「リアルタイム線量評価(IVR 術者の初期臨床研究)」、「水晶体等価線量の実態調査(看護師の水晶体被ばくの基礎的評価検討)」、「白内障の実態調査」について実施した。心臓 IVR での術者(医師)の IVR 手技中の水晶体と頸部の線量の測定(初期臨床研究)を、リアルタイム個人線量計 RaySafe i3 を用いて行った。心血管 IVR に従事する看護師の水晶体被ばくの実態把握、水晶体用線量計装着位置の検討および看護師の水晶体線量と患者線量パラメータ(透視時間、Air Kerma(AK)等)の相関を検討した。2020 年に引き続き 2021 年日本脳神経血管内治療学会(以下、「JSNET」という。)において、水晶体混濁調査を日本白内障学会の協力体制のもとで実施した。本調査では、視力検査、散瞳下での細隙灯顕微鏡検査ならびに簡易型徹照カメラでの水晶体撮影を行った。それらの所見から放射線白内障の初期病変である Vacuoles、視機能低下の要因として重要な核、皮質、後囊下の白内障 3 主病型、および Retrodots、Water clefts の 2 副病型に関する解析、判定を行った。

#### 2. 放射線防護機材等の改良などに関する研究

「ZERO-GRAVITY に関する検討および感染防護用フェースシールドの検討」、「オーバーテーブル透視装置用の放射線防護カーテンの開発」、「無鉛エプロンの放射線防護効果検討」、「放射線シールドドレープ改良に関する検討」、「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」について実施した。ZERO-GRAVITY 周囲の散乱線分布をファントム実験にて測定した。感染防護用フェースシールドを装着した状態で、副腎静脈サンプリングを施行し、使用経験を記録した。汎用性の低さを改善する目的で丈の短い放射線防護カーテン(Short curtain)を開発し、その水晶体線量低減効果を検証した。0.25mmPb 当量と 0.35mmPb 当量の無鉛エプロンについて、IVR 臨床での遮蔽効果を評価した。橈骨動脈アプローチを想定した X 線防護壁付放射線シールドドレープを試作改良し、その遮蔽効果について検討した。従来に無いユニークな発想の 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)を試行錯誤を重ね試作した。

#### 3. 放射線防護教育研究

「放射線診療従事者向け放射線防護教育コンテンツの開発」、「Augmented Reality Technology を活用した血管造影検査室の天吊り式防護板の正しい使い方教育アプリケーションの開発」について実施した。昨年度試作した仮想現実(VR:virtual reality)放射線防護教材の改善および教育効果の評価を実施した。これまで iPad アプリを公開し、広く活用できるようにした。次に、iPad 以外のタブレットや PC でも教材を使用できるように、web ブラウザで動作するよう webVR および、webAR の教育システムを開発した。血管造影検査室の散乱線分布を AR (Augmented Reality) 技術で可視化させ、天吊り式防護板を効果的に使用する技術を学習するための AR アプリケーションを作成し、その有用性について検証した。

#### 4. 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

国内外における眼の水晶体の防護および科学的知見等に関する情報を収集した。具体的には次の通りである。第 77 回日本放射線技術学会総会学術大会、第 49 回日本放射線技術学会秋季学術大会、第 3 回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会、第 9 回韓日医学物理学会学術合同大会(KJMP)、UNSCEAR の今後の計画、OECD/NEA の眼の水晶体の線量限度に関する NEA 専門家グループ(EGDLE)活動、EU の MEDIRAD レポート(Report on effectiveness of protective devices for staff in interventional procedures)。

## 結果

### 1. 放射線防護機材の技術的課題等の情報について調査・収集

リアルタイム線量計 i3 の IVR 臨床おいての有用性を確認できた。本検討により、防護板の位置の重要性を再認識することができた。また、モニターの確認のために前かがみになるといった無意識下の行動であっても、被ばく線量の増加につながる事が分かった。よって意識的に防護板を遮蔽ができる位置に移動させる必要がある。また、Lateral 管の使用と被ばく線量に関係があることが示唆されており、Lateral 管使用時は、より被ばくに意識を向ける必要があること等を明らかにできた。看護師の水晶体被ばくについて、PCI では装着位置によりあまり差はなかったが左眼近傍で最も高い線量、ABL では右眼近傍において最も高線量の傾向を示した。また、PCI において各装着位置における水晶体線量と各患者線量パラメータに相関が認められた。ABL では AK および KAP において、PCI より弱い相関が認められた。白内障の実態調査について、今年度の検診参加者は 3 日間で 85 名であり、うち 13 名は昨年度から継続して 2 回目の検診となった。対象者の平均年齢は  $45.0 \pm 9.5$  歳 (20 代:6 名、30 代:18 名、40 代:34 名、50 代:23 名、60 代:4 名)、男性 68 名、女性 17 名であった。矯正視力は全参加者において右眼 1.2 以上、左眼 1.0 以上と良好であった。皮質白内障 (2.4%, 0.0%)、核白内障 (2.4%, 2.4%)、後囊下白内障 (4.7%, 5.9%)、RD (2.4%, 2.4%)、WC (1.2%, 1.2%)、VC (20.0%, 11.8%)、後囊下中心にある VC (16.5%, 8.2%) となった。VC においては昨年度の結果と異なり今回は右眼の有病率が高かったが、左右で有意差はなかった。

### 2. 放射線防護機材等の改良などに関する研究

ZERO-GRAVITY 周囲の散乱線分布は、術者水晶体に相当する位置の線量率は  $0.21 \mu\text{Gy/s}$  で 1/10 程度となっていることが確認できた。感染防護用フェイスシールドは、シールドの左右方向の動きは下縁と前胸部の摩擦、および前胸部に沿った形状によって制限され、手技中にやや前傾した状態で体を捻ると左右のズレが生じる傾向はあったが、顔の前から大きく外れるほどのズレは生じなかった。防護メガネとの干渉が問題となることはなかった。オーバーテーブル透視装置用の放射線防護カーテンについて、集団水晶体等価線量低減率は、Long curtain と Short curtain でそれぞれ 0.098 と 0.177 となり、Short curtain の方が高くなった。IVR 医師における無鉛エプロンの放射線防護効果は、0.35mmPb 当量の無鉛防護エプロンの性能 (遮蔽率 98.5%、快適度良好) が優れていた。また、0.35mmPb 当量の無鉛防護エプロンと鉛防護エプロンの放射線防護効果は同等であった。放射線シールドドレープ改良に関する検討結果から、防護壁の使用により遮蔽効果が上昇することが確かめられた。しかし撮影方向や防護壁の設置位置によっては手技の妨げになること、十分な遮蔽効果が得られないことが予想された。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、甲状腺プロテクタを上下逆にしたような形状のフェイスシールドを、甲状腺プロテクタの左側に付加し、被写体から発生する散乱 X 線を効果的に防護するように試作した。試作品は、十分な遮蔽効果を有していることが初期測定結果から明らかになった。試作品の着用に関しては、全く問題無く、十分に実用可能であると思われた。

### 3. 放射線防護教育研究

開発したアプリの使用を含む放射線防護教育を放射線技術科学専攻の学生実習で使用し、その効果と有効性を評価した結果、特に初学者に対して防護の原則を理解する上で本システムが有用であることが確認できた。散乱線を AR 画像として表示させることで、天吊り式防護板の下縁と患者との間に隙間があると、散乱線がその隙間を通過して漏れ出ている事が視覚的に確認できた。

### 4. 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

IVR 術者のリアルタイム線量計算システムについての発表が韓国からなされ実用化が期待された。ICRP が「獣医療における放射線防護」の Task Group 110 を作っており、獣医療に関する防護活動も今後増えていくことと思われる。眼の水晶体の職業被ばく (及び医療被ばく) の実態把握、被ばく線量が高いグループの同定、より効果が高く放射線診療に支障を与えない防護用具及び手法の開発と実践が求められていると言える。

**まとめ:** 眼の水晶体の新しい等価線量限度取入れ運用に際し医療分野は特に課題が多い。放射線防護機材の技術的課題等の情報について調査・収集に関する臨床研究、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、そして関係学会及び団体との連携研究および国内外の開発上の技術的課題等の情報について調査・収集を行い、成果の一部については、学術論文として掲載することができた。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る場所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。また、多角的に計画されて今後の詳細実施に向けて準備が整ったと考える。成果を活かして、当研究課題の本格的な活動推進を継続実施する予定である。