

研究目的:本研究は医療施設の従事者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。そのために令和4年度は、放射線防護機材の技術的課題等の情報調査・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、水晶体線量計等の改良等の研究、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。

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 術者初期臨床研究)」、「放射線業務における被ばく線量の実態調査」、「白内障の実態調査」について実施した。昨年に引き続き心臓 IVR 術者の手技中の水晶体と頸部の線量測定(臨床研究)をリアルタイム線量計 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長期間測定による水晶体被ばくの実態把握を行った。PET 検査における看護師の水晶体被ばくの実態調査を行った。第 51 回日本 IVR 学会において、日本白内障学会の協力体制のもとで眼科検診を実施した。視力検査、散瞳下での細隙灯顕微鏡検査、簡易型徹照カメラでの水晶体撮影を行い、白内障は 3 主病型および 2 副病型(Retrodots (RD)、Waterclefts (WC))、初期病変である微小混濁(Vacuoles (VC))の計 6 病型について検討した。

2. 放射線防護機材等の改良などに関する研究

「IVR 術者の水晶体被ばく低減用試作放射線防護具開発」、「最適な被ばく低減システム・放射線防護機器の提案」、「防護眼鏡等の改良研究」などについて実施した。IVR 術者の側方下方の散乱線から水晶体を防護することをコンセプトに、心血管 IVR 術者(医師)の水晶体被ばくを低減する試作放射線防護具(前方突出型)を開発し、装着方法と鉛当量の違いによる防護効果について検討した。主として眼の水晶体防護に関連する放射線防護機器として以下の 5 つを提示し、使用する意義や特徴について検討した。1.放射線防護眼鏡、2.天井懸架型放射線防護板、3.甲状腺プロテクタ、4.X 線 TV 装置散乱線防護クロス(ロングカーテン)、5. X 線透視装置用散乱線防護ショートカーテン。天吊り防護板(下縁鉛カーテン付属)の位置と遮蔽効果を、患者ファントムと術者ファントムを用いて測定した(防護板下縁との距離を変化、防護板下縁の鉛カーテン部分を折り返した状態)。新たな防護メガネのデザイン試作については、ガラス上縁は高さを抑制する一方できるだけ顔面から離すこと、ガラス下縁はできるだけ下方へ伸ばし顔面に近づけること、を念頭にデザインについて検討した。

3. 水晶体線量計等の改良等に関する研究

「水晶体線量計 DOSIRIS®の改良型ヘッドセットの初期検討」、「IVR 医師への術前ブリーフィングが個人線量計と個人保護装具の使用に与える影響」、「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」について実施した。DOSIRIS®の従来型と改良型ヘッドセットの装着時の使用感についてアンケート調査した。術前ブリーフィングを実施し、個人線量計と個人保護装具を適切に装着していない医師には装着を促し介入の効果を検証した(さらに個人線量計をラック保管ではなく主個人線量計と追加個人線量計を連結するストラップを用意して有用性を検討)。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ファントム実験によって評価した。

4. 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について主に実施した。これまでに作成した仮想現実(VR:virtual reality)放射線防護教材を、今年度は異なる職種での教育効果を明らかにするため、保健学科看護学専攻2年生に使用してもらい、教材の学習効果と有効性について比較評価した。

5. 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

国内外の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(ウェブ開催の国内外学会を含む)。インターネット上に公開された関連団体等のガイドライン等の情報収集や、PubMed 等により文献を検索した。

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

リアルタイム測定の結果、RAO-Caudal(右前斜位-尾頭)方向を含んだ X 線照射の場合に線量率が低くなる傾向にあった。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重要な結果が分かり、防護板の位置の重要

性を再認識することができた。術者、助手の双方において水晶体線量が頸部線量を上回る傾向が見られており、術者の水晶体線量と頸部線量との相関係数は 0.51 であった。長期間測定による IVR 看護師の水晶体被ばくに関する検討結果から、看護師により線量差が認められ看護師間の手技中の意識や行動の差が明らかになり、よって看護師への放射線防護に関する教育が重要であると考えられる。PET 検査における看護師の水晶体被ばくに関する基礎検討結果から、PET 検査を担当する看護師が水晶体等価線量限度を超過する可能性は低いと考えられ、また水晶体線量と担当検査数および薬剤投与量には相関が認められた。白内障の実態調査から、白内障有病率は主病型の皮質白内障(右眼:1.8%、左眼:3.0%)、核白内障(1.2%、0.0%)、後囊下白内障(1.8%、1.2%)、副病型の Retrodots(1.2%、1.8%)、Waterclefts(2.4%、1.8%)であり、左右眼で差はなかった。微小混濁 Vacuoles は(11.0%、15.2%)であり、後囊下白内障に移行する可能性が高い後囊下中心の Vacuoles は(7.3%、11.0%)とやや左眼で高くなる傾向を示した。今回の対象者では視力低下を生じる白内障眼はほとんど確認されなかった。個人被ばく線量の提供があった51名の直近 5 年の線量平均は、実効線量:5.4±6.8mSv、水晶体:18.2±21.5mSv、直近 1 年の線量平均は実効線量:1.6±2.1mSv、水晶体:5.6±7.6mSv であった。被ばく線量と白内障各病型との関連を検討した結果、左右眼とも線量との有意な関連は認められなかった。

2. 放射線防護機材等の改良などに関する研究

試作放射線防護具(前方突出型)は、顔面から前方へ 4cm 以上突出させることによって 80%以上の防護効果が確認でき、さらに特許出願を行った。東レのパノラマシールドは、適切な遮蔽効果を有しながらも軽量で、眼鏡の角度を任意に調節でき、隙間なく顔にフィット。天井懸架型放射線防護板は特に頭頸部では散乱線を 2~10 分の 1 に低減できるが、適切に使用されないために効果が得られていない事例がある。甲状腺機能影響について調査した結果、線量と有意に関連し甲状腺機能低下症のリスクが高まる可能性があり、IVR 時は年齢に関係なく甲状腺防護プロテクタを使用するべきである。X 線透視装置(オーバーチューブ)用ロングカーテンは立位や座位で作業する場合、照射野に鉛カーテンが入り込み視野の妨げになる。この点でショートカーテンが有効である。天吊り防護板(下縁鉛カーテン付属)は、下縁鉛カーテン付属と患者の隙間が小さいほど遮蔽効果が高いこと、防護板を更に下げる場合に弛んだ鉛カーテンを患者頭側に配置すると遮蔽効果が低下すること、隙間が空いてしまう場合はそれに応じて防護板を術者側に移動することで遮蔽効果が高まること示された。新たな防護メガネのデザイン試作については、市販の防護シールドの改造や、針金等を用いて、既存の防護メガネと併用するアタッチメント、目の下で支えるタイプ、鼻の下で支えるタイプ、自分のメガネに装着するタイプ、などを試作できた。

3. 水晶体線量計等の改良等に関する研究

DOSIRIS®改良型ヘッドセットのアンケート調査結果から、従来型に比べ圧迫感や違和感が少ない構造へと改善していることが分かったが、少数ではあるが改良点も挙げられた。IVR 医師への術前ブリーフィングにより、個人線量計装着率は顕著に改善され、さらに主個人線量計と追加線量計を連結するストラップの有用性が確認できた。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管電圧増大に伴い大きくなった。

4. 放射線防護教育研究

看護学生において、Web ブラウザ上で動作する WebVR を利用した放射線防護演習の前後で、外部放射線防護の原則に関する演習問題を実施したところ正答率が向上した。ARCS モデルを利用したアンケート 36 問で評価した結果、最大値5の全ての項目において平均値が 4 以上の高評価となり、教育が効果的であることが分かった。

5. 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

UNSCEAR が Report 2020/2021 を出し各国のデータが載っているが、職業被ばくサーベイで得られたデータは限られている。放射線診療・獣医学の眼の水晶体の平均等価線量は 20mSv 未満であり、診断では 7mSv、治療で 0.1mSv、獣医学で 1mSv 程度と報告されているが、一部の作業者が 20mSv を超える可能性がある。データ数が少なく、世界全般に外挿することは困難であるが、高い被ばくを受けている作業者がいることが推測された。

まとめ:令和 4 年度は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、水晶体線量計等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。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は多いが、それらの課題解決へ向け当研究班は多角的に計画実施することができた。今後も継続した検討が必要である。