

研究目的:放射線医療従事者において、皮膚がんや白内障などの労災認定事例が散見されている。電離放射線障害防止規則に定める線量測定や放射線業務従事者の被ばく限度等の遵守が不十分であることが医療機関で認められている。これら原因として、放射線被ばくについての教育の不足が一因として挙げられる。そこで医療機関における放射線業務管理及び教育等の状況を調査するとともに、放射線業務従事者教育の具体的な内容を含め、医療機関における放射線被ばくについての必要な教育内容を取り纏める。さらには皮膚等の有所見事例集を作成し今後の教育に活用することにより、医療機関における放射線業務従事者の労災疾病となる放射線障害の防止に寄与する。そのために、医療機関における放射線被ばく防護教育等に関する包括的研究を行う。

研究方法

1. 放射線被ばく管理と防護教育の現状調査

「医療施設における放射線防護の管理と教育に関するアンケート調査」、「看護専門学校における放射線被ばく防護教育等に関する予備調査」について主に実施した。全国の医療施設の診療放射線技師を対象に日本診療放射線技師会、47 都道府県診療放射線技師会、診療放射線技師職域団体の協力を得てオンラインフォーム (Google フォーム) よりアンケート調査を実施した。主なアンケート項目の内容は、施設概要、放射線防護管理体制、放射線防護教育、個人線量計、放射線業務従事者の防護備品とした。

2. 職業被ばくにおける放射線障害の実状調査

「脊椎外科医を対象とした被ばく管理・防護状況と放射線障害に関する実態調査」、「整形外科医らの職業被ばくの実態」、「医療従事者の逆行性線量評価推定における推定モデルの検討」について主に実施した。調査では、個人線量計や防護具の使用実態をアンケートで確認し、皮膚科専門医による診察と皮膚写真撮影を実施して皮膚障害の発生を評価した。第 38 回日本脊髄外科学会および第 31 回日本腰痛学会で放射線被ばく検診 (白内障と手部慢性炎症)を行った。

3. 被ばく線量の実測評価

「気管支鏡検査に従事する医師の水晶体被ばくの評価」、「線量限度引き下げ前後の心臓血管カテーテル手技における医師の水晶体被ばく線量」、「病床規模が心血管系 IR 看護師の立ち位置に及ぼす影響」、「整形外科領域における被ばく線量実測調査」について主に実施した。気管支鏡検査に従事する医師の水晶体被ばく線量を測定し年間積算線量を評価した。心臓血管カテーテル手技に携わる医師の眼の水晶体の被ばく線量について線量限度引き下げ前後でどの程度変化したのかについて調査した。3 つの救急指定病院を対象にした IR 看護師の職業被ばくに関する質問票による調査を主に行った。整形外科における X 線透視下手技に従事する術者・助手・器械出し看護師を対象に、OSL 線量計を用いて各身体部位の実測線量を評価した。

4. 教材開発

「放射線防護板の適切な使用に関する教材の開発」、「放射線防護のためのゲーミフィケーションプロダクトとデジタルプロテクションツールの開発」について主に実施した。光線追跡技術 (ray tracing) を用いて、散乱線を可視光のように扱い、瞬時に分布を計算する手法を導入した。模擬線源とスマートフォンを用いた疑似的な教育セッションを実施し、放射線に対する心理的抵抗感の軽減や防護行動の理解促進に資する可能性を確認した。

5. 被ばく低減対策の技術的検討

「Mixed Reality 技術を活用した放射線防護教育ツールの開発」、「末梢血管治療 (EVT) を行う医師のリアルタイム線量測定」について主に実施した。MR ゴーグルで散乱線の空間線量分布の実測値を可視化するコンテンツを作成し、医師・看護師・診療放射線技師・臨床工学技士を対象に、学習効果を比較した。EVT に従事する術者の被ばく状況を詳細に評価するため、リアルタイム線量測定システムを用いて被ばく要因の分析を行った。

6. 放射線マネジメントシステム (MS) による被ばく管理と教育

放射線 MS のシステムマニュアルに含まれる職種を、放射線 MS において必要な知識でグループ化した。教育グループごとに、放射線 MS を運用するために必要な知識・技術、学生時代に学習・習得する知識・技術、職場の教育で学習・習得する知識・技術を整理し、教育すべき事項を抽出し、研修プログラムをデザインした。

結果

1. 放射線被ばく管理と防護教育の現状調査

580 施設からの回答の分析の結果、放射線防護管理は診療放射線技師が 98.6%、放射線科医師 24.3%で担っていた。労働安全衛生マネジメントシステムの認識度は 55.3%であった。放射線防護研修は 91%の施設で定期的実施され、方法は院内イントラネット配信 51.9%、集合型 22.9%、外部インターネット 19.8%が中心だった。研修における課題は、受講率の低さ 41.6%、講義内容 23.4%、講師不在 17.6%であった。放射線管理区域への立入り措置は、ポケット線量計装着 77.4%、台帳記録 47.2%、措置無し 16.6%だった。

「放射線被ばく防止の実施」に関する教育(講義・演習のいずれか)を行っている施設は 25 校(89.3%)であり、3 校(10.7%)は実施していなかった。教育内容のうち演習の実施率は講義に比べて大幅に低かった。

2. 職業被ばくにおける放射線障害の実状調査

個人線量計の配布はされているものの、特に手指被ばく線量計の未配布や鉛手袋の低い使用率が確認された。また、皮膚写真撮影を通じて、放射線障害が疑われる症例も複数確認された。

162 人が検診に参加し、水晶体微小混濁が 32 人(20%)、白内障が 32 人(20%)にみられ、合計 64 人(40%)が白内障性変化を有していた。爪甲色素線条もしくは手荒れの有病は 62 人(38%)であった。手を直接被ばくし得る手技件数は手術室で中央値 70 件(四分位範囲 20-123)、透視室で 20 件(0-60)であった。

3. 被ばく線量の実測評価

水晶体被ばく線量が 20mSv/年を超える気管支鏡医師がいることや、10mSv/年に近い医師も多くいることが明らかになった。また手技件数、透視時間、撮影回数、患者の BMI すべてにおいて、水晶体被ばく線量と正の相関が見られた。特に、手技件数、透視時間、の相関が強く、水晶体被ばく線量の予測に使える可能性が示唆された。

水晶体用線量計を用いて計測した、防護メガネの遮蔽効果を考慮した 3mm 線量当量において線量限度引き下げ前後ともに年間 20mSv を超過する医師を確認した。手技1件当たりの線量は有意差は確認できなかった。

病床規模が小さい病院ほど X 線照射野と IR 看護師の立ち位置との間の距離は短くなり、水晶体等価線量が高かったことを明らかにした。そして 病床規模が X 線照射野と IR 看護師との間の距離に影響を及ぼすという仮説を提唱した。脊椎手術および大腿骨手術では、側面透視による散乱線の影響で水晶体・甲状腺部の被ばくが高値を示した。一方、神経根ブロックおよび手外科手術では、直接 X 線による示指部の被ばくが顕著であった。

4. 教材開発

開発したアプリケーションでは患者の断面画像や術者の影響による散乱線の減弱を視覚的に確認できた。しかし、モンテカルロシミュレーションと比較すると、線量プロファイルが完全には一致せず、特に寝台や X 線管、ヘッド部分からの散乱線の影響を正確に考慮する必要があることが分かった。

模擬線源とスマートフォンを用いた疑似的な教育セッションを実施し、放射線に対する心理的抵抗感の軽減や防護行動の理解促進に資する可能性を確認した。

5. 被ばく低減対策の技術的検討

血管撮影室における散乱線の空間線量分布について、MR ゴーグルで可視化するツールを作成した。看護師や若手医師において散乱線の分布に対する理解が向上したことが示された。

EVT 対象症例では、天吊り防護板が術者の背後に位置していた場面や、DSA 実施時に処置室内で撮影を行っていた場面で線量率が顕著に上昇し、術者の行動様式や装置との相対位置が大きく影響することが示された。

6. 放射線マネジメントシステム(MS)による被ばく管理と教育

G1 研修は、リーダーシップを発揮するために必要な事項にしぼり、30 分を想定した。G2-1 研修は、運用の要となる者が対象の研修で、概念編 30 分、実践編 30 分の構成とした。G2-2 は G2-1 の補助的な役割を果たすため、G2-2 研修は G2-1 研修を 30 分に凝縮した構成とした。G3 研修は、システムマニュアルで示される手順を理解し現場の管理者・管理の実務者の指示に従い行動することに必要な事項とし、20~30 分を想定した。G4 研修は、独立した助言者としての役割を果たすために放射線 MS の理解を深める事項を中心に 30 分を想定した。

まとめ:令和6年度は、放射線被ばく管理と防護教育の現状調査、職業被ばくにおける放射線障害の実状調査、被ばく線量の実測評価、教材開発、被ばく低減対策の技術的検討、そして放射線 MS による被ばく管理と教育を行い、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。各分担研究者の専門性を生かした研究実施内容であり、全体として、初年度計画を着実に進めることができた。放射線防護に関する、医療機関、看護教育での教育や実況状況調査への準備が進展しており、実際の被ばく線量の測定等も進展し、防護のためのデバイス開発も順調に進行した。職業被ばく低減・放射線防護について、線量測定での裏付けをおこない、実際の医療現場の現状調査を行うことができた。今後も継続した検討が必要である。