

令和4年度厚生労働科学研究費補助金（地域医療基盤開発推進研究事業）
「放射線診療の発展に対応する放射線防護の基準策定のための研究」
（研究代表者：細野 眞）

分担研究報告書

「放射線診断・IVRにおける放射線防護の基準策定」

研究分担者 赤羽 正章 国際医療福祉大学医学部 放射線医学
研究協力者 小林 育夫 福井大学附属国際原子力工学研究所
塚本 篤子 NTT 東日本関東病院放射線部

1. 研究目的

2011年4月に国際放射線防護委員会（ICRP）が発表したソウル声明では、水晶体のしきい線量が従来考えられていたよりも低いこと、職業被ばくについて水晶体の等価線量限度を5年間の平均で20mSv/年かつ年間最大50mSvまで引き下げること、が述べられている。これを受けて、2012年にはICRP Publication 118 “ICRP Statement on Tissue Reactions/ Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context”が発行され、我が国においても2021年4月から新たな水晶体等価線量限度への変更が実施された。これを受け、X線透視を用いた治療手技の術者については防護メガネ着用が推奨され、特に高い水晶体等価線量が懸念される術者の水晶体等価線量の算定に眼の近傍に配した線量計を用いる機会が増えている。その結果を正しく解釈し、適切な管理に反映させるためには、防護メガネの種類や線量計の位置によるばらつきの程度を知る必要がある。

昨年度までの検討で、X線防護メガネの種類により被ばく低減効果が異なること、頭部の方向が防護メガネの効果に影響を与えること、防護メガネ内面から水晶体にかけての線量分布が不均一となるため線量の実測値が線量計の位置に影響されること、実臨床における防護メガネの効果はばらつきが大きいこと、防護グラスと顔面の隙間が大きいと遮蔽効果が低下すること、防護グラスと顔面の隙間を減らすデザインは遮蔽効果を向上すること、サージカルマスクを着用すると防護メガネの遮蔽効果が損なわれる傾向にあること、小さな線量計を頭部ファントム周囲に配置することで防護メガネと顔面間の空間線量分布を実測できること、がわかった。今年度は、防護メガネと顔面間の空間線量分布のデータを更に蓄積～解析し取りまとめることとする。

2. 防護メガネと顔面との空間線量分布の測定

2.1. 方法

2.1.1. 人体ファントム、患者ファントム

頭部人体ファントムに防護メガネを取り付け、右大腿動脈経由の体幹部透視手技を模して配置した。透視時の術者医師の立ち位置（アイソセンターから患者尾側へ 72cm、患者右側へ 50cm）にアクリルの台を設置、身長 170cm 相当の位置に頭部人体ファントムを配置し、頸部プロテクタを装着した。患者を模したファントムとして、血管撮影装置の寝台に JIS 水ファントム（楕円）を置いた。術者から見て X 線管や患者ファントムは左側に位置する。防護メガネは、正面レンズに 0.75 mmPb のガラスを採用し側面と下方のシールドに 0.50 mmPb シールドを貼付したプロテック アイウェア PT-COMET (PT-CMT, 株式会社マエダ)、および正面レンズに 0.73 mmPb のガラス採用し側面シールドに 0.11 mmPb のタングステンシートを貼付した Dr.VIEW X-RAY タイプ FO (DRV-X31T, ユフ精器株式会社) を用いた。昨年度用いた防護メガネは、0.07 mmPb のガラスを用いたパノラマシールド HF-380 (東レ)、および 0.15 mmPb のガラスを用いたアイケアエックスレイ EC-10 XRAY (エリカオプチカル) で、これらのデータも合わせて集計した。HF-380 のテンプル角度調整は最大屈曲に設定するとともに、頭部ファントムに合わせて鼻当て部分も調整し、グラス下縁ができるだけ顔面に近接するように着用させた。

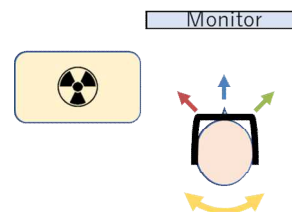


2.1.2. 線量計の配置

防護メガネ装着状態の測定における線量計は、左眼の周囲 10 箇所（目頭、眼窩上縁、眼球表面、眼窩下縁、目尻、こめかみ上、こめかみ、こめかみ下、こめかみ外側 1、こめかみ外側 2）に 4 層の nanoDot を積み上げた。加えて右眼球表面、グラス左下の内面、左頸部に 1 個の nanoDot を貼付した。合計 43 個の配置となった。

2.1.3. X線照射

使用した血管撮影装置は シーメンス社 Artis Q TA、照射条件は透視 30 パルス/秒 × 60 秒 + 撮影 30 フレーム/秒 × 20 秒 × 8 回（総装置表示空気カーマ 345.3 mGy）。頭部ファントムの方向は、モニターを正面視する方向に加えて左右 45 度、計 3 方向とした。



2.1.4. 集計

昨年度のデータも合わせて集計し評価した。防護メガネの遮蔽効果を(1-メガネあり線量/なし線量)×100%と定義して、頭部ファントム 3 方向と防護メガネ 4 種について、左眼球表面、こめかみ、こめかみ上、こめかみ下、こめかみ外側、の遮蔽効果を算出した。こめ

かみ位置における上下の位置ずれの影響、グラス内面とこめかみの線量の関係、について散布図で評価した。

2.2. 結果

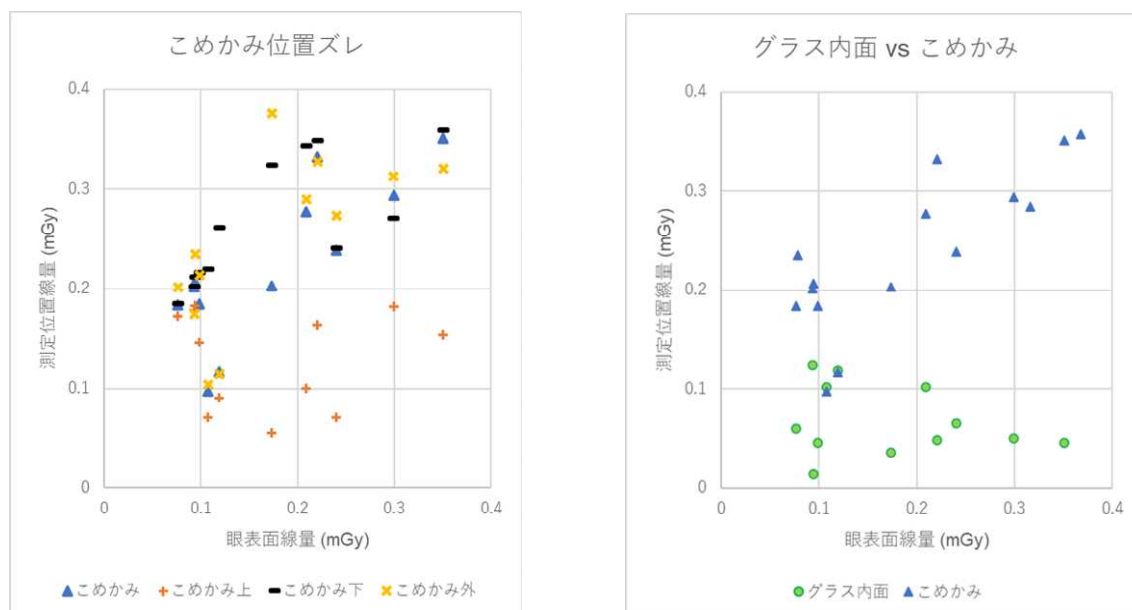
2.2.1. 防護メガネの遮蔽効果

各防護メガネの遮蔽効果を表に示す。HF-380 と PT-COMET において、比較的良好な遮蔽効果が得られている。

	眼	こめかみ	こめかみ上	こめかみ下	こめかみ外
ひだり					
EC-10	37.5%	16.0%	67.3%	2.5%	17.4%
HF-380	64.4%	64.7%	70.2%	25.9%	67.2%
PT-COMET	40.1%	6.8%	51.3%	0.1%	-9.8%
DRV-X31T	4.8%	1.6%	54.3%	-3.0%	-7.5%
正面					
EC-10	14.9%	-0.8%	71.1%	11.5%	13.1%
HF-380	61.9%	58.8%	71.0%	19.3%	67.0%
PT-COMET	45.1%	28.7%	81.5%	7.8%	-17.1%
DRV-X31T	5.1%	-3.1%	39.5%	23.1%	2.6%
みぎ					
EC-10	-24.9%	3.4%	-3.0%	-0.5%	5.2%
HF-380	-61.5%	3.1%	12.7%	-17.3%	-0.9%
PT-COMET	-20.1%	12.0%	12.0%	10.5%	8.0%
DRV-X31T	-19.4%	14.2%	14.1%	14.6%	31.2%

2.2.2. こめかみの位置ズレの影響

眼球表面を正解とみなして横軸に配置し、縦軸にこめかみ付近の線量計の測定値を配置した散布図を示す。こめかみの上方では線量を過小評価する傾向が観察される。こめかみの下方や外方ではやや過大評価する傾向があるかもしれない。



2.2.3. グラス内面とこめかみの線量比較

眼球表面を正解とみなして横軸に配置し、縦軸にこめかみおよびグラス内面の線量計の測定値を配置した散布図を示す。グラス内面の線量は、高線量時すなわち防護メガネの遮蔽効果が低い状況で過小評価する傾向が、こめかみの線量は、低線量時すなわち防護メガネの遮蔽効果が高い状況で過大評価する傾向が、それぞれ観察された。

2.3. 考察

今回検討した4種類の防護メガネのなかでは、HF-380とPT-COMETが比較的良好な遮蔽効果を示した。HF-380については着用時にグラス下縁と顔面の隙間を減らす角度調節機構を用いたこと、PT-COMETについてはグラス下縁と顔面の隙間を減らすシールドが付与されていること、によりグラス下縁から入り込む散乱線を減らすことができたものと考えられる。防護メガネによる効果的な遮蔽には、グラスと顔面の隙間を減らすための何らかの工夫が必要と考えられる。解剖学的配置の個人差を勘案すれば、一種類の頭部ファントムのみでの検討で製品の優劣を論ずることはできないが、個人差に対応する何らかの調整機構が備わっていれば遮蔽効果の大幅な低下は避けられるのかもしれない。

こめかみ付近で測定した線量について、線量計の位置の上下移動による変動がされた。側面の遮蔽板は水晶体と概ね同じ高さにあるので、斜め下から入射する散乱線が最も効果的に遮蔽される領域は水晶体よりやや上方に位置する結果となり、線量計の上方偏位による線量低下を招いたものと考えられる。今回の4製品ではいずれもこめかみ上方で水晶体線量を過小評価する結果となったが、水晶体線量と比較して過小評価になるかどうかは正面と側面のバランスによるので、製品によって異なる可能性があり、側面の防護がより弱い製品では過小評価にまではならないかもしれない。

グラス内面での測定は防護メガネの遮蔽効果が低い状況で過小評価する傾向が、こめかみでの測定は防護メガネの遮蔽効果が高い状況で過大評価する傾向が、それぞれ観察された。しかし既存の線量計では真の水晶体線量を測定できないので、防護メガネの遮蔽効果が高いか低いかを知ることができないため、どちらの測定位置が適切な状況なのか判明しない。安全側で測定するという観点からはこめかみが有利だが、過大評価による業務制限が医療に影響を与えかねない現状を勘案すると、安全側ならよいというものでもないだろう。グラスと顔面の隙間が十分に小さいことを毎回確認することを前提としてグラス内面で測定する、という運用も検討に値する。

3. まとめ

防護メガネ着用時の空間線量分布を測定し、眼近傍に線量計を配置して測定する際の留意点を、防護メガネの種類を増やして検討した。こめかみでの測定結果は上方への位置ズレで過小評価となる傾向や、グラス内面での測定結果は防護メガネの遮蔽効果が低い場合に過小評価となる傾向が観察された。過小評価を避けるためには、防護メガネのグラスと顔面の隙間を減らすこと、こめかみの線量計では目の高さと同揃えること、が役立つかもしれない。

4. 参考文献

1. ICRP Statement on Tissue Reactions. <http://www.icrp.org/page.asp?id=123>
2. ICRP, 2012. ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. ICRP Publication 118. Ann. ICRP 41(1/2).