

平成 30 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）
「新たな治療手法に対応する医療放射線防護に関する研究」
（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に関する研究」

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	長瀬ランダウア株式会社
	塚本 篤子	NTT 東日本関東病院放射線部
	高橋 優	さいたま市立病院中央放射線科
	橋本 雪乃	国際医療福祉大学三田病院放射線室

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、国際原子力機関や欧州連合の新しい安全基準にも、新たな水晶体等価線量限度が盛り込まれる流れとなっている。

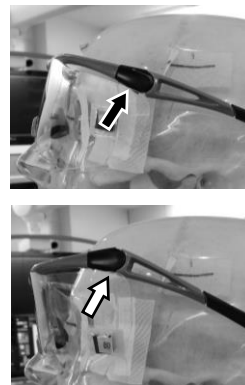
我が国においても新たな水晶体等価線量限度を法令へ取り入れるため、実務レベルでの検討を進める必要があり、特に水晶体等価線量の高さが懸念される X 線透視を用いた治療手技の術者について、水晶体等価線量を推測する手段について基礎的データの集積が望まれている。現在、水晶体の等価線量は、頭頸部に装着した個人線量計から得られる測定値に基づき算定されているが、この算定は X 線防護メガネによる被ばく低減効果を計算に入れていないため、実態を必ずしも反映していない。防護メガネ着用時の水晶体線量実態調査が国内で進められているが、その結果を正しく解釈し、防護メガネ着用を前提とした水晶体等価線量推定に利用するためには、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、がわかった。今年度は、防護グラスと顔面の隙間を減らす新しいデザインの防護メガネが複数登場したので、これらの効果を検討する。あわせて、防護メガネの効果を反映した水晶体等価線量算定への活用が期待されている目尻と防護グラス内面の線量について、眼の線量との相関を評価する。

2. 研究方法

2.1. 防護メガネ

昨年度も用いたパノラマシールド HF-350、HF-400（東レ）に加えて、新しい製品から AADCO フィットオーバー-LG-N190（ミハマメディカル）、プロテックアイウェア PT-COMET（マエダ）、Dr.B-Go（ドクタージャパン）、の3種類を選択した。また、テンプル角度調整機能を有する試作品3サイズ（Normal, Over, Small, 東レ）も対象に含めた。



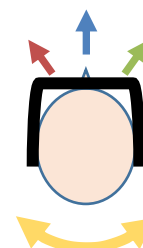
2.2. 術者ファントムと患者ファントム

頭部人体ファントムに防護メガネを取り付け、線量計を配置した状態で右大腿動脈経由の体幹部透視手技を模して配置する方針とした。透視時の術者医師の立ち位置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。



2.3. 術者ファントムの向き

頭部の方向はモニター正面を向いた状態と、その±45度の3方向の条件を設定し、測定した。ただし線量計の個数に限度があったため、HF-400については正面のみ測定した。



2.4. 線量の測定、配置の記録

線量計には nanoDot（OSL 線量計：長瀬ダングダウア株式会社）を用いた。線量計取り付け位置は、左右眼球表面、左目尻（DOSIRIS（仏国 IRSN 開発の水晶体用線量計）を装着する位置と同じ位置）、頸部プロテクタ左前面、グラス左側面の内面と外面。

散乱線の線源となる患者ファントム照射野付近の方向から術者の頭部の写真を撮影し、グラスと眼球の位置関係の記録とした。

2.5. 照射条件

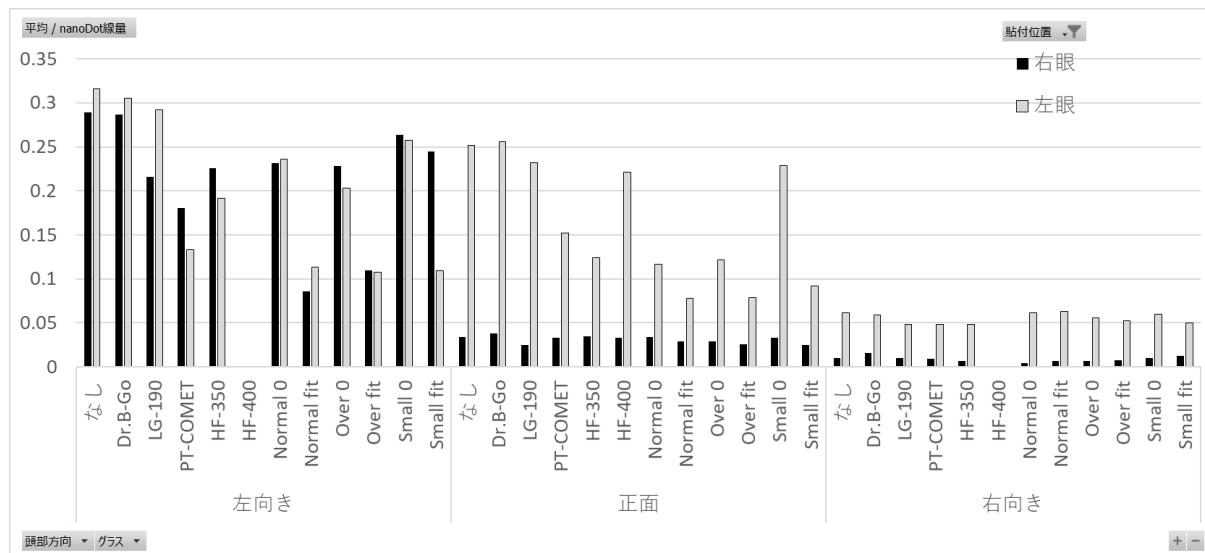
使用装置は シーメンス社 Artis Q TA、Cアーム位置 頭側、線源検出器間距離 110cm、照射野サイズ 42cm、患者ファントムの中心を撮像範囲中心に設定、ベッドの高さ アイソセンターから X線管側へ 15cm（患者照射基準点）、管電圧 81kV、管電流 135mA、1パルスの曝射時間 3.4ms、毎秒 30 フレーム、付加フィルタ無し、焦点サイズ Large、1回 20 秒の撮影 空気カーマ値の計算値 45mGy、撮影回数 8回。

nanoDot の線量測定は 3 回読み取りの平均とし、バックグラウンドを差し引いた。

3. 結果

3.1. 遮蔽効果

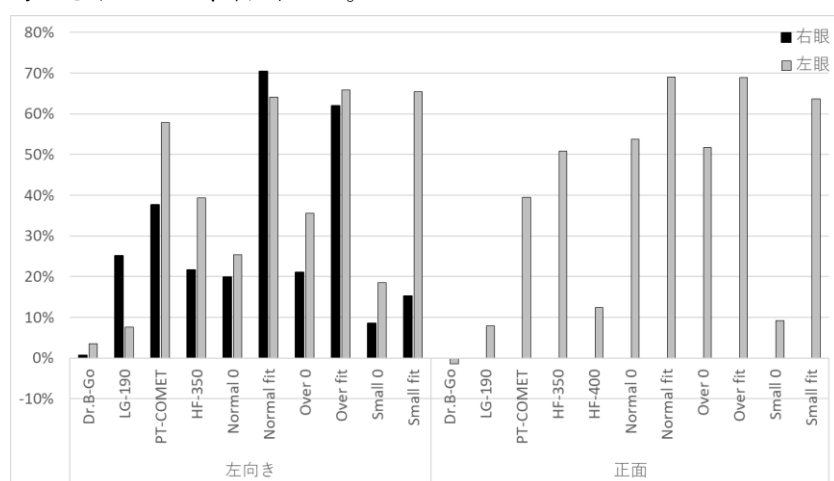
3.1.1. 左右眼球表面線量、3方向、製品毎



防護メガネなしの線量は、左向きでは左右差がほとんど無かったが、正面や右向きでは左眼の方が高線量であった。左向きの両眼、および正面の左眼は、防護メガネの有無により線量の変動した。正面の右眼、および右向きの両眼は、線量が低く、防護メガネの有無による変動も少ない。

3.1.2. 線量低減率

左向きの両眼と正面の左眼について線量低減率をグラフで示した。線量低減率 = $1 - (\text{防護メガネありの線量}) \div (\text{防護メガネなしの線量})$ とした。右向きの両眼と正面の右眼については、線量が低く、防護メガネの有無による変動も少ないので、線量低減率を議論する意義が乏しいと考えられたため、除外した。

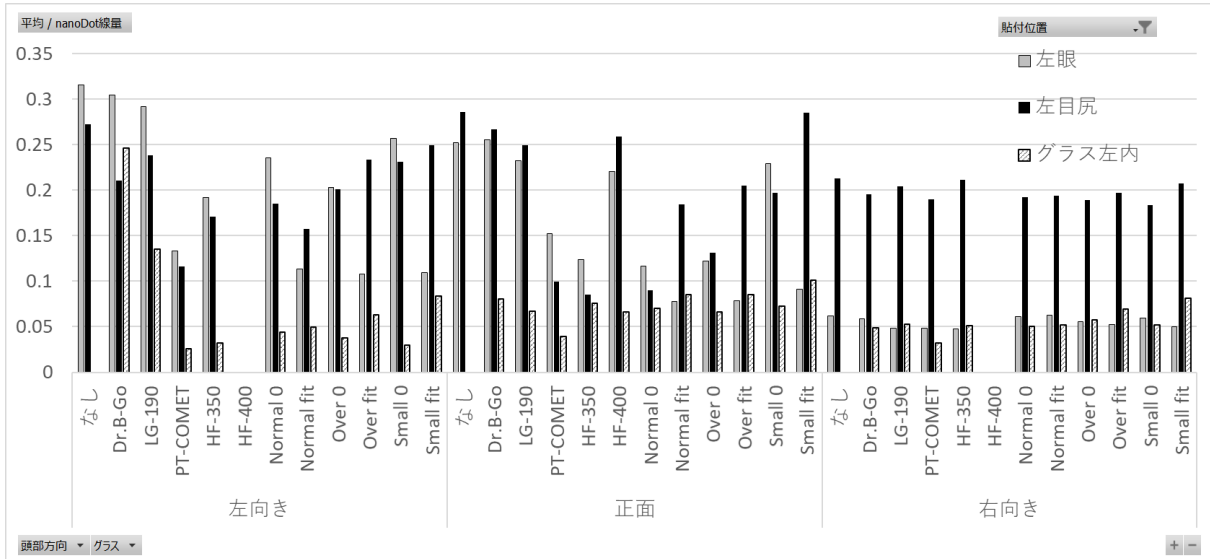


線量低減率は、-1%から70%までばらついた。新製品の中では、PT-COMETが比較的良好な線量低減率を示した。試作品3タイプは、 templesに角度をつけてガラス下縁を顔面に近付けると、左眼の線量低減率がそれぞれ向上した。右眼についても、normalとoverの2タイプではテン

ルに角度をつけることで線量低減率が向上したが、small についてはそれほど向上しなかった。

3.2. 目尻とガラス内面における測定

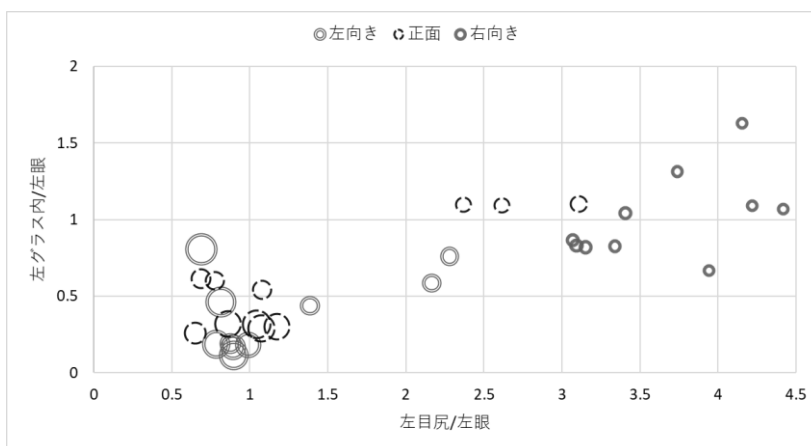
3.2.1. 左眼と左目尻と左ガラス内面の線量の比較



防護メガネなしの左目尻の線量は、左向きと正面では概ね左眼と同程度であったが、右向きでは左眼の3倍以上となった。防護メガネを着用すると、左向きのDr.B-Goを除く全例で、左目尻よりも左ガラス内面の線量が低かった。試作品3タイプで、テンプルに角度をつけてガラス下縁を顔面に近付けると、左眼の線量は低下し、逆に左目尻の線量は上昇した。

3.2.2. 左目尻と左ガラス内面の線量計の正確度

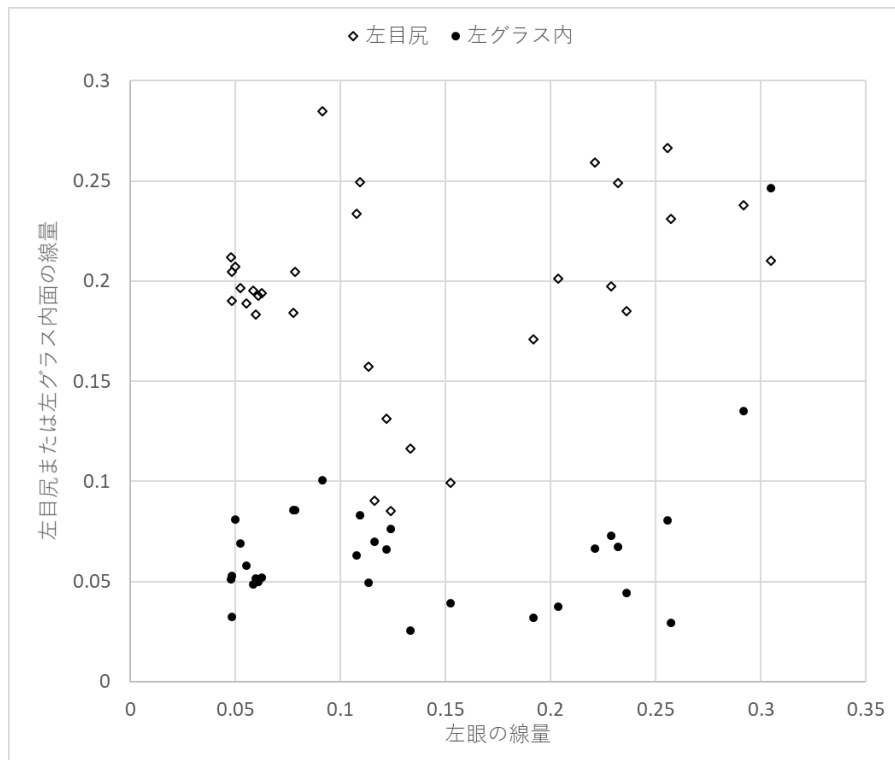
過大評価/過小評価の傾向を評価するため、左目尻と左眼の線量の比率と、左ガラス内面と左眼の線量の比率との散布図を示す。左眼の線量を正解とみなせば、比率が1より大きければ過大評価、1より小さければ過小評価を意味する。グラフの円の面積が、左眼の線量に比例している。



左目尻は0.5未満の極端な過小評価を生じなかった一方で、2倍以上の極端な過大評価が目立った。左向きや正面の左目尻については、概ね0.5~1.5の間に収まっているが、2倍を超える過大評価となったのはいずれも試作品でテンプルに角度をつけた場合であった。右向きの左目尻に

については、いずれの防護メガネでも 3 倍以上の過大評価となった。左グラス内面は、遮蔽が不十分で高線量な状況において 0.5 未満の過小評価が生じやすかった一方、2 倍以上の極端な過大評価はなかった。

3.2.3. 左眼線量との相関



左目尻も左グラス内面も、左眼の線量との相関は不良であった。

4. 考察

4.1. 左右差

左眼の線量は右眼の線量より高く、特に頭部を正面へ向けたときに差が大きかった。右大腿動脈経路の手技では、正面を向いている時間が長くなるものと考えられるので、左眼の線量を減らすことがより重要であろう。

4.2. 角度調節機能の有効性

角度調節機能によって防護グラス下縁と顔面の隙間を最小限にすると、左眼の線量低減率は向上することが示された。防護グラス下縁と顔面の隙間には個人差が生じやすく、隙間が大きい術者では期待通りの線量低減が得られない恐れがある。調節機能を備えた防護メガネが製品として登場すれば、個人差の影響を減らすことができるだろう。small について、左向きにおける右眼の線量低減率が、 temples に角度を付けても他のサイズほど向上しなかった原因としては、グラスの上下幅が小さめであったことや、鼻の切れ込み形状の違いが考え得る。

4.3. 目尻とガラス内面における測定

目尻の線量もガラス内面の線量も、眼の線量との相関は不良であった。目尻の線量はガラス内面の線量より高い傾向があった。どちらの方法を用いても水晶体線量を正確に測定することは困難である。

頭頸部用の線量計から算定された水晶体等価線量が線量限度を超過する恐れがある場合、防護メガネの遮蔽効果を反映した算定方法を用いて、より実態に近い水晶体等価線量を推測する必要がある。目尻やガラス内面の線量計を追加して測定することの有効性が期待される場所であるが、本研究の結果からはいずれの位置の線量計も、水晶体等価線量をより正確に推測できるとは言いがたい。目尻の線量は過小評価が少ないこと、ガラス内面の線量は過大評価が少ないこと、を利用して、防護の上で役割を与えることはできるかもしれない。より正確に水晶体等価線量を推定する方法の確立が望まれる。

目尻やガラス内面の線量を用いて、防護メガネの遮蔽効果の良し悪しを評価してはならないだろう。防護メガネの遮蔽効果は、眼球表面ないしは水晶体の位置で測定した線量で評価されるべきである。

4.4. 本研究の限界

本研究において頭部ファントムの向きは2方向のみに固定されているが、実際の臨床においては術者の頭部の方向は様々に変化するので、本研究の被ばく状況は臨床のそれと乖離している可能性がある。しかしX線透視を使用する際にはモニター上の透視画像をみていることが多いはずで、そのうちの大半の時間において頭部は正面を向いているであろうと期待することは、妥当と考えている。

本研究で用いた頭部ファントムは1種類のみである。防護メガネの遮蔽効果は頭部や顔面の形状によって変化するはずである。しかし、サイズ不適合な小型モデルにおいても角度調節機能を利用することで他のモデルと同等の遮蔽効果が得られたことは、ある程度のサイズ不適合は角度調節機能で対応可能であろうことを示唆する。

5. まとめ

防護ガラス下縁と顔面の隙間を減らすよう調節する機能は、個人差を解消し、防護メガネの遮蔽効果を向上する。調節機能を有する製品の登場が待たれる。

目尻の線量もガラス内面の線量も、眼の線量との相関は不良であり、水晶体等価線量をより正確に測定する目的で役立つことは難しい。目尻の線量は過小評価が少ないこと、ガラス内面の線量は過大評価が少ないこと、を利用して、防護の上で役割を与えることはできるかもしれない。

6. 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).