

# IVR術者のための新型水晶体防護具の開発

一般財団法人厚生会 仙台厚生病院 放射線部 ○芳賀 喜裕(Haga Yoshihiro)  
曾田 真宏 加賀 勇治 齋藤 和久 笠原 梓司 加藤 聖規 阿部 美津也  
東北大学大学院医学系研究科 放射線検査学分野 千田 浩一

## 【はじめに】

水晶体の等価線量限度は、1991年の国際放射線防護委員会 (ICRP) 勧告により年間150 mSvとされてきたが、2011年のICRP声明で、年間50 mSvかつ5年で100 mSvに引き下げられた。我国でも、2021年より勧告を取り入れ法令改正が行われた。このような大幅な線量限度の引き下げに伴い、透視時間が長く被曝線量の高いインターベンションラジオロジー (IVR) 領域においては、術者が線量限度を超過する危険性があると多く報告されてきている。そのため、術者は放射線防護具の防護効果を知ったうえで、適切な防護方法を選択する必要がある。水晶体の防護に関しては、放射線防護眼鏡が推奨されており、需要が増大している。特に、鉛当量が0.07 mmの放射線防護眼鏡は約60%、鉛当量が0.75 mmでは約80%程度の防護効果であり、形状や鉛当量に違いによって防護効果に違いがあることが様々報告されている。しかし、放射線防護眼鏡を使用すると、構造によるレンズの歪みや曇りで視野が低下する場合や、重さにより手技に負担かける場合がある。加えて、外科用拡大鏡を併用して使うことが難しい。

また、インターベンションラジオロジー (IVR) は、患者等に入射したX線が散乱し術者の身体 (水晶体) に影響を及ぼす。一般的にIVRは、術者の左前下方の患者照射野から散乱X線が発生することが多いとされている。

そこで我々は、左前下方から水晶体に入射する散乱X線を防護するため、ヘッドギア型の新型水晶体防護具 (0.175 mmPb) を試作した。本研究は、ヘッドギア型の新型水晶体防護具の防護効果について評価した。

## 【方法】

### 1. ヘッドセット型の新型放射線防護具の概要

ヘッドセット型の新型放射線防護具をFig.1に示す。頭部固定部と防護部から構成する。頭部固定部は、VR用ヘッドセット (Oculus Quest 2 専用ヘッドセット) を利用した。防護部は、外側にプラスチック (治療用シェル) を内側に0.175 mmの含鉛シートを使用した。防護部の下面は、術者の顔に近づけるため、内巻きにカーブさせ



Fig.1 新型放射線防護具

た。重量は310gである。

### 2. 使用機器

血管撮影装置は、ファントム検討ではAlphenix INFX-8000V Biplane (キヤノンメディカル株式会社) を、臨床検討ではInfinix Celeve-i INFX-8000V (東芝メディカル株式会社) を使用した。また、ファントム検討では、人体を模擬するため、術者頭部に頭部ファントム (京都科学) と患者体幹部に体幹部ファントム (京都科学) を使用した。水晶体の被ばくを測定するため、線量計としてDOSIRIS® (千代田テクノル) を使用した。

### 3. Cアーム角度変更による評価

頭部ファントムの左側水晶体位置 (地上160 cm) にDOSIRIS®を装着し、新型水晶体防護具の有無における防護効果を検討した。撮影条件を管電圧80 kV、管電流320 mA、撮影時間20 sec×4回、フレームレート30 f/s、照射野6インチ、SID95 cmとしてDA撮影を行った。頭部ファントムの左水晶体位置は、手技中の立ち位置を考慮し、被写体中心から尾側に50 cm、右側に50 cmとした (Fig.2)。測定は、Cアームの角度で、PA、LAO30°-CAU30°、RAO30°-CRA30°の3方向とし、それぞれ3回ずつ行なった。

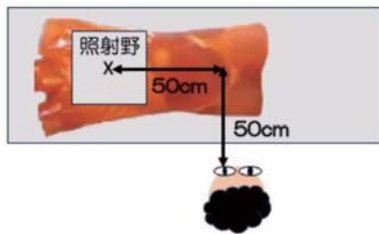


Fig.2 平面配置図

#### 4. 測定位置変更による評価

左水晶体の位置を変更し、新型水晶体防護具の有無における防護効果を検討した。測定位置は、被写体中心から尾側30 cm、50 cm、80 cm（右側50 cmは固定）に変更し、高さは150 cm、160 cm、170 cmで評価した（Fig.3）。撮影条件は方法2と同様とし、撮影方向はPA方向でそれぞれ3回ずつ行なった。

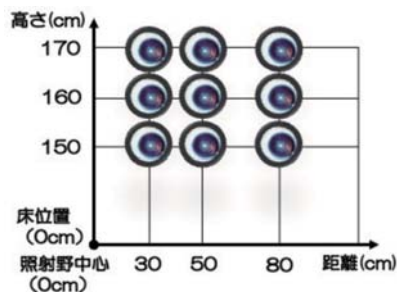


Fig.3 配置図（距離と高さ）

#### 5. 臨床評価

経カテーテル末梢動脈形成術（EVT）に従事する医師1名に対し、新型水晶体防護具の防護部外側と内側にDOSIRIS®を取り付け、防護効果を検討した。透視条件と撮影条件は自動とし、術者の立ち位置は手技等により変更した。測定期間は、2022年6月～2023年5月までの1年間で、DOSIRIS®は1ヶ月ごとに交換して評価した。

##### 【結果】

##### 1. Cアーム角度変更による評価

Cアームの角度がPA、LAO30°-CAU30°、RAO30°-CRA30°の全てに関して、新型水晶体防護具の防護効果が80%以上となった。

##### 2. 測定位置変更による評価

照射野中心から尾側に50 cmの位置では、全ての高さ（150 cm、160 cm、170 cm）で80%以上で、尾側に80 cmの位置では、全ての高さで90%以上の防護効果を認めた。尾側に30 cmの位置では、高さ150 cmで75%以上、高さ160 cm

で80%以上の防護効果を認め、高さ170 cmでは40%程度であった。

#### 3. 臨床評価

EVTに従事する医師の水晶体の防護効果に関しては、平均77.7%（最大83.3%、最小71.9%）であった。1ヶ月平均の線量は、新型水晶体防護具の外側で4.7 mSvに対し、内側は1.0 mSvであった。

##### 【考察】

通常IVRの手技を行う立ち位置では、Cアームの角度を変更しても80%以上の防護効果を認めた。これに関しては、Cアーム角度を変更しても散乱X線の発生場所からの距離と入射角度がほぼ一定であったためと考える。

術者の立ち位置に関しては、照射野中心から離れることで、散乱X線の発生源からの入射角度が浅くなり、防護効果が良好になった。しかし、長身の術者においては、散乱X線の入射角度が深くなり防護効果が低くなるため、患者の尾側方向に距離をとることで、効果的に防護が期待できる。

臨床においては、手技の状況に応じて術者の立ち位置や姿勢が変化するが、新型水晶体防護具を使用することで70%以上の防護効果が期待できると考える。加えて、1ヶ月平均1.0 mSv程度に被曝を抑えることができたことより、新型水晶体防護具の形状である左前下方防護は十分に効果を示したと言える。

##### 【おわりに】

我々は、IVRに従事する術者のためのヘッドセット型の新型水晶体防護具を試作した。術者の左前下方から散乱X線が発生するような一般的なIVRでは、新型水晶体防護具を使うことで、術者の水晶体被曝を低減できる。手技ごとの散乱X線の方向や術者の立ち位置を詳細に調査し、防護部の大きさを再検討することで、さらに効果的な水晶体防護が可能となると考える。また、ヘッドセット型の新型水晶体防護具は、放射線防護眼鏡と併用できるため、防護が不十分なスタッフには追加防護として利用できる。

以上より、本研究で試作したヘッドセット型の新型水晶体防護具は、効果的にIVR術者の水晶体を防護できることが示唆された。

##### 【参考文献】

1) Chida K, Kaga Y, Haga Y, et al. Occupational

- Dose in Interventional Radiology Procedures. AMERICAN JOURNAL OF ROENTGENOLOGY, 200 (1), 138-141, 2013
- 2) Ishii H, et al. Performance of the DOSIRIS™ eye lens dosimeter. J Radiol Prot, 39(3), N19-N26, 2019
- 3) 曾田真宏, 他. X線防護壁付掛布による心臓IVR術者の被ばく低減に関する基礎的検討. 臨床放射線, 66(5), 501-507, 2021
- 4) 遠藤美芽, 他. 心臓IVR手技における0.75 mmPb当量防護眼鏡の遮蔽効果に関する臨床的検討. 臨床放射線, 65(1), 71-75, 2020
- 5) Endo M, et al. Evaluation of novel X-ray protective eyewear in reducing the eye dose to interventional radiology physicians. Journal of radiation research, 62(3), 414-419, 2021
- 6) 大友一輝, 他. 心臓・血管系IVRに従事する医師の水晶体被ばく線量の左右差に関する検討. 臨床放射線, 66(9), 903-913, 2021,
- 7) Haga Y, et al. Occupational eye dose in interventional cardiology procedures. SCIENTIFIC REPORTS, 7(569), 1-7, 2017
- 8) Haga Y, et al. Radiation eye dose to medical staff during respiratory endoscopy under X-ray fluoroscopy. J Radiat Res, 61(5), 691-696, 2020
- 9) Haga Y, et al. Hybrid Operating Room System for the Treatment of Thoracic and Abdominal Aortic Aneurysms: Evaluation of the Radiation Dose Received by Patients. Diagnostics, 10(846), 1-11, 2020
- 10) Koichi Chida. What are useful methods to reduce occupational radiation exposure among radiological medical workers, especially for interventional radiology personnel? Radiol Phys Technol, 15(2), 101-115, 2022
- 11) Mamoru K, et al. OCCUPATIONAL RADIATION EXPOSURE OF THE EYE IN NEUROVASCULAR INTERVENTIONAL PHYSICIAN, 23, 185(2), 151-156, 2019
- 12) Yoshiaki M et al. New Radioprotective Device that can be Used for Fluoroscopic Exam: Possibility to Contribute to Staff Exposure Protection During VFSS. Dysphagia, 37(6), 1519-1524, 2022
- 13) Yohei I, et al. Occupational Radiation Dose to Eye Lenses in CT-Guided Interventions Using MDCT-Fluoroscopy. Diagnostics (Basel), 2, 11(4), 646, 2021
- 14) Ayumi Y, et al. Eye Lens Radiation Dose to Nurses during Cardiac Interventional Radiology: An Initial Study. Diagnostics (Basel), 20, 13(18), 3003, 2023
- 15) Kazuki O, et al. Spatial Scattering Radiation to the Radiological Technologist during Medical Mobile Radiography. Bioengineering (Basel), 16, 10(2), 259, 2023