

令和 3 年 5 月 24 日現在

機関番号：37116

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K09959

研究課題名(和文)CT検査における介助者被ばくの実態調査と院内多職種連携被ばく管理チームの構築

研究課題名(英文) Exposure dose to the lens of the eye of medical staff who assist in diagnostic CT scans and specific measures to reduce the exposure dose

研究代表者

二瓶 俊一 (Nihei, Shun-ichi)

産業医科大学・大学病院・講師

研究者番号：40441828

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：数十 $\mu$ Sv程度から線量測定が行える小型軽量の水晶体線量計を開発した。診断目的のCT撮影時の介助者が受ける眼の水晶体線量は、放射線防護眼鏡外側では、集中治療医師；0.47 mSv/検査、内側では0.23 mSv/検査であった。これらの測定結果から、放射線防護眼鏡を用いずCT撮影介助を実施すると、水晶体等価線量限度(20 mSv/年)を超える可能性があることが判明した。また、REMSTを構築し「労働衛生の3管理」の考え方を取り入れた「多重放射線防護」を実践することで、CT撮影介助者と医療施設の双方に過度な負担を課すことなく、年間水晶体等価線量限度を遵守の可能性が明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の放射線管理手法は、1ヶ月あたりの積算線量を用いてCT撮影介助者の被ばく線量管理を行っていた。しかしながら、従来手法では、CT撮影介助者が「いつ」「どのように」「どれくらい」被ばくをしているか詳細に知ることができず、最適な放射線防護方法の提案を行うことができなかった。本研究で開発した低線量領域の被ばく線量測定が可能な水晶体線量計とREMSTの組織力を用いて、CT撮影介助者の撮影時の行動と線量組み合わせた評価方法を確立したことにより、放射線診療に携わる医療従事者に対して具体的な放射線防護手法を提案おこなうことが出来るようになった。

研究成果の概要(英文)： We investigated radiation exposure to the lens of the eye for CT-assisting personnel for diagnostic purposes using a radio-photoluminescent glass dosimeter (RPLD) and evaluated potential compliance with the new equivalent-dose limit to the lens of the eye (20 mSv/year). Exposure dose was measured in medical staff (n=11) who assisted patients (n=99) during diagnostic CT. Without wearing radiation safety glasses, the equivalent dose to the lens of the eye was greatest for intensive care physicians (0.47 mSv/CT scan). The use of radiation safety glasses and bag-valve-mask extension tube reduced exposure doses to the lens of the eye by 51% and 29%, respectively. If radiation safety glasses are not worn, doses may exceed the equivalent dose limit to the lens of the eye. If “multiple radiation protection” is implemented, compliance with the equivalent dose limit to the lens of the eye (20 mSv/year) is achievable without placing significant burdens on physicians or medical institutions.

研究分野：放射線防護

キーワード：CT撮影 水晶体線量計 3mm線量当量 放射線防護 職業被ばく 眼の水晶体被ばく 白内障

## 1. 研究開始当初の背景

国際放射線防護委員会 (ICRP) が白内障のしきい値を 0.5 Gy へと大幅に引き下げる声明 (ソウル声明, 2011 年) を出したのを受け、我が国でも放射線業務従事者の水晶体被ばく線量管理が喫緊の課題になっている。申請者らの予備調査では、診断を目的とする CT 撮影介助者の眼の水晶体線量 (中央値 0.31 mGy/検査) は、これまで最も高いと思われていた IVR 術者のその約 1.5 倍と推計され、水晶体線量限度に係る法改正 (現行 150 mSv/年から 20 mSv/年へ引き下げ) に向けた対策の必要性を感じた。

## 2. 研究の目的

本研究は、(1) CT 撮影介助者の被ばくを測定するためのオリジナル線量計を製作し、これを用いて(2)CT 撮影介助者の精密な被ばく線量実態調査を実施し、病院に保管されている個人被ばく線量データと比較することで、(3) CT 撮影介助者に関する放射線被ばく管理上の問題点を抽出、最終的に(4) 病院内の産業医を軸とした放射線被ばく管理サポートチーム (REMST) の構築を行い、CT 撮影介助者被ばくに対する管理の徹底を実践することによる被ばくの低減効果を検証することを目的とする。

## 3. 研究の方法

診断を目的とした CT 撮影時 (n = 99) に患者介助に従事した医療従事者 (n = 11; 集中治療医 6 名, 小児科医 2 名, 診療放射線技師 3 名) の眼の水晶体線量を調査した。

測定対象者は全員、放射線防護衣 (MSA-25L, 0.25-mm-Pb 厚相当, 株式会社マエダ製, 東京, 日本) と放射線防護眼鏡 (Panorama shield® ultra-light 0.07-mm-Pb 厚相当, 東レ製, 東京, 日本) を着用して CT 撮影介助に従事した。CT 撮影に用いた装置は、320 列マルチスライス CT 装置 (Aquilion ONE, キヤノンメディカルシステムズ株式会社製, 栃木, 日本) と 80 列マルチスライス CT 装置 (Aquilion PRIME, キヤノンメディカルシステムズ株式会社製, 栃木, 日本) であり、自動露出機構 (AEC) と逐次近似画像再構成法を用いて CT 撮影を行った。

CT 撮影介助者の職業上の眼の水晶体線量を測定するために製作したクリップ方式水晶体線量計 (図 1) を用い、放射線防護眼鏡のレンズ内外の定位置に左右各 1 本の GD-352M を地面に対して L 字に 4 本の GD-352M を配置した (図 2)。また、空気カーマ ( $K_{air}$ ) から眼の水晶体線量  $H_p(3)$  への変換には、CT 装置の平均実効エネルギー 56.47 keV から、既知のレポートにおける入射角度 0° (安全側に評価) の変換係数を内挿し、空気カーマ 3 mm 線量当量変換係数 C [Sv/Gy] を 1.650 と定めた。

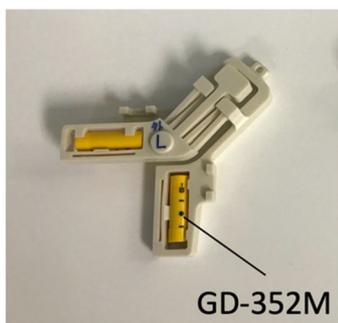


図 1 製作した水晶体線量計



図 2 放射線防護眼鏡に水晶体線量計を装着

CT 撮影介助者の被ばく状況の把握のために、CT 装置の撮影条件 (管電圧, 管電流, 曝射時間), CT 線量指標である CTDI<sub>vol</sub> と DLP, CT 撮影介助者の立ち位置, 介助方法, 放射線防護方法を診断 CT 検査ごとに記録した。

さらに、院内の産業医を軸とした REMST を構築し、CT 撮影介助者の被ばく線量低減の画策のため、放射線防護眼鏡やバッグバルブマスク用延長チューブの線量低減率を算出した。

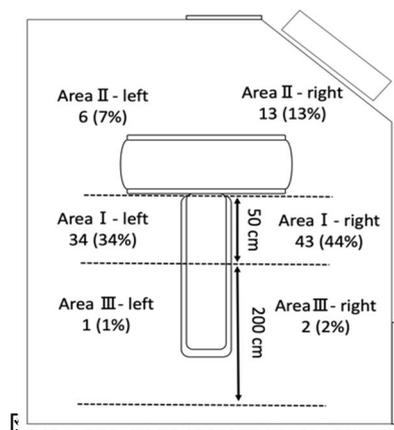
## 4. 研究成果

### (1) CT 撮影条件の最適化

診断を目的とした CT 撮影は、AEC と逐次近似画像再構成法を用いて検査を実施しているため、当院の CT 線量指標を日本の診断参考レベル 2015 (Japan DRLs 2015) と比較したところ、ほぼ全ての CT 線量指標の中央値が診断参考レベル 2015 より低かったため、十分に最適化がなされていると判断した。

### (2) CT 撮影介助者の立ち位置と介助内容

CT 撮影介助者の患者介助方法を、バッグバルブマスクを用いた換気補助, 頭部を固定する患者介助, CT 検査室内で患者を観察する患者介助とした。また, CT 撮影介助者の立ち



位置を3つのAreaに定義した。Area IはCTガントリーの近傍で寝台側。Area IIはCTガントリーの近傍で寝台がない側。Area IIIはCTガントリーから離れた寝台側とした。

CT撮影介助者の作業内容は、主にバックバルブマスクを用いた患者の呼吸補助(67/98, 68%)で、そのほとんど(96/99, 97%)がCTガントリー近傍のArea I(34+43=77)とArea II(6+13=19)(図3)で行われていた。

また、最も多くCT撮影介助を行ったのは集中治療医(74/99, 76%)で、その介助内容のほとんどがバックバルブマスクを用いた呼吸補助(67/74, 91%)であった。集中治療医師について多かったのは診療放射線技師(19/99, 19%)で、頭部固定(12/19, 63%)がその介助内容の多くを占めていた。

### (3) 職種の違いによる眼の水晶体線量について

放射線防護眼鏡レンズの外側( $P = 0.634$ , Kruskal-Wallis)(図4a)と内側( $P = 0.581$ , Kruskal-Wallis)(図4b)の被ばく線量に、職種の違いによる有意差は認められなかった。最も線量が多かったのは集中治療医師であり、放射線防護眼鏡外側の眼の水晶体線量  $H_p(3)$ (中央値)が0.47 mSv/検査、放射線防護眼鏡内側の眼の水晶体線量  $H_p(3)$ (中央値)が0.23 mSv/検査であった。

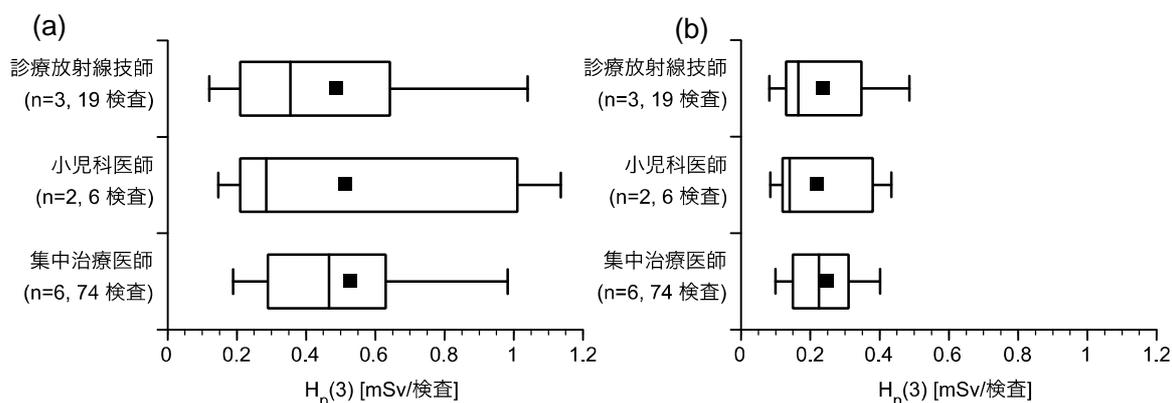


図4 CT撮影介助者の職種別被ばく線量(n=99)。(a)放射線防護眼鏡レンズ外側、(b)放射線防護眼鏡レンズ内側。ANOVA(Kruskal-Wallis)は(a) $P = 0.633$ 、(b) $P = 0.585$ であった。Dunn's test(Bonferroni補正有り)による多重比較で有意差を示した組み合わせはなかった。

### (4) 放射線防護眼鏡による眼の水晶体線量低減効果

放射線防護眼鏡レンズの外側と内側の線量比(外側/内側)の中央値は2.05[1.07-3.73]となった。これにより、放射線防護眼鏡を用いることで51%線量低減できることが示された。

### (5) バックバルブマスク用延長チューブによる眼の水晶体線量低減効果

バックバルブマスクを用いた換気補助時(n=67)に、長さ20cmのバックバルブマスク用延長チューブを用いることにより、放射線防護眼鏡レンズ外側では43%、内側では32%の線量が低減された。

本研究で製作した水晶体線量計は、数十 $\mu$ Gy/手技の低線量測定が可能であり、放射線防護眼鏡に装着しても作業の妨げにならない小型軽量の線量計である。これにより、医療従事者の身体に無理な負担をかけることなく、眼の近傍での水晶体線量  $H_p(3)$  測定が可能となった。

診断を目的のCT撮影時の介助者が受ける眼の水晶体線量  $H_p(3)$  を1症例ごとに調査したところ、放射線防護眼鏡外側の測定値(中央値)は、集中治療医師が0.47 mSv/検査、小児科医師が0.30 mSv/検査、診療放射線技師が0.37 mSv/検査となった。また、内側の測定値(中央値)は、集中治療医師が0.23 mSv/検査、小児科医師が0.14 mSv/検査、診療放射線技師が0.17 mSv/検査となった。これらの測定結果から、放射線防護眼鏡を用いずにCT撮影介助を行った場合、集中治療医師は4回/1ヶ月、小児科医師は6回/1ヶ月、診療放射線技師は5回/1ヶ月の介助で、新しい水晶体等価線量限度である20 mSv/年を超える可能性があることが判明した。また、REMSTを構築し「労働衛生の3管理」の考え方を取り入れたことで、CT撮影条件の最適化、バックバルブマスク用延長チューブの使用、放射線防護眼鏡の装着による「多重放射線防護」を提案することができた。このREMSTの活動により、CT撮影介助者と医療施設の双方に過度な負担を課すことなく、年間水晶体等価線量限度(20 mSv/年)を遵守の可能性が明らかになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Nagamoto Keisuke, Moritake Takashi, Nakagami Koichi, Morota Koichi, Matsuzaki Satoru, Nihei Shun-ichi, Kamochi Masayuki, Kunugita Naoki	4. 巻 7
2. 論文標題 Occupational radiation dose to the lens of the eye of medical staff who assist in diagnostic CT scans	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e06063 ~ e06063
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.heliyon.2021.e06063	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 永元啓介, 盛武敬, 二瓶俊一, 中上晃一, 茂呂田孝一, 松崎賢, 阿部利明, 孫略, 蒲地正幸, 岡崎龍史
2. 発表標題 CT検査時の患者介助者被ばく実態調査を行うための水晶体線量計クリップの開発
3. 学会等名 第92回日本産業衛生学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永元啓介, 盛武敬, 二瓶俊一, 茂呂田孝一, 松崎賢, 阿部利明, 孫略, 蒲地正幸, 櫻田尚樹
2. 発表標題 CT検査時の患者介助者被ばく実態調査を行うための水晶体線量計クリップの開発
3. 学会等名 2019年日本産業衛生学会九州地方会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永元啓介, 盛武敬, 二瓶俊一, 茂呂田孝一, 松崎賢, 中上晃一, 渡辺亮, 村上誠一, 蒲地正幸, 岡崎龍史
2. 発表標題 X線CT検査における患者介助方法の違いが医療従事者の被ばく線量に与える影響
3. 学会等名 日本集中治療医学会第3回九州支部学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永元啓介, 盛武敬, 茂呂田孝一, 松崎賢, 高山愛菜, 孫略, 渡辺亮, 村上誠一, 岡崎龍史
2. 発表標題 CT検査における患者介助の被ばく線量測定
3. 学会等名 第74回日本放射線技術学会総会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永元啓介, 盛武敬, 二瓶俊一, 茂呂田孝一, 松崎賢, 高山愛菜, 孫略, 渡辺亮, 村上誠一, 蒲地正幸, 岡崎龍史
2. 発表標題 CT検査における患者介助の被ばく線量測定
3. 学会等名 第91回日本産業衛生学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永元啓介, 盛武敬, 二瓶俊一, 茂呂田孝一, 松崎賢, 中上晃一, 阿部利明, 孫略, 渡辺亮, 村上誠一, 蒲地正幸, 岡崎龍史
2. 発表標題 X線CT検査における患者介助方法の違いが医療従事者被ばく線量に与える影響
3. 学会等名 平成30年度日本産業衛生学会 九州地方会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永元啓介, 盛武敬, 茂呂田孝一, 松崎賢, 高山愛菜, 孫略, 渡辺亮, 村上誠一, 岡崎龍史
2. 発表標題 X線CT検査における患者介助方法の違いが医療従事者被ばく線量に与える影響
3. 学会等名 第46回日本放射線技術学会秋季学術大会
4. 発表年 2018年

## 〔図書〕 計1件

1. 著者名 相澤好治、和田耕治、吉田和朗、岡原伸太郎、梶木繁之、盛武敬、茂呂田孝一、永元啓介、松崎賢	4. 発行年 2019年
2. 出版社 公益財団法人 産業医学振興財団	5. 総ページ数 328
3. 書名 増補新訂 医療機関における産業保健活動ハンドブック	

## 〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 線量計ホルダ	発明者 盛武 敬, 孫 略, 永元啓介, 小野洋彰	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2018-149742	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

## 〔取得〕 計0件

## 〔その他〕

-

## 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	和田 耕治 (Wada Kouji) (30453517)	国際医療福祉大学・医学部・教授  (32206)	
研究分担者	盛武 敬 (Moritake Takashi) (50450432)	産業医科大学・産業生態科学研究所・准教授  (37116)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	永元 啓介 (Nagamoto Keisuke)		
研究協力者	中上 晃一 (Nakagami Koichi)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	茂呂田 孝一  (Morota Koichi)		
研究協力者	松崎 賢  (Matsuza Satoru)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関