

平成 30 年 5 月 31 日現在

機関番号：37116

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K21566

研究課題名(和文) IVR専属放射線サポートチームによる線量値に基づいた患者被曝管理体制の確立

研究課題名(英文) IVR radiation support team: Establishment of the clinical evaluation and management of patients based on their radiation exposure level.

研究代表者

二ツ矢 浩一郎 (FUTATSUYA, Koichiro)

産業医科大学・医学部・助教

研究者番号：30621916

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：IVR専属放射線サポートチームの有用性を検証した。まずガラス線量計素子を多数配置したRADIREC.システムにより、頭頸部血管造影時の水晶体防護板による水晶体の被曝低減効果を明らかにした。また、肝細胞癌患者の肝動脈化学塞栓療法時のガフクロミックフィルムを用いた患者被曝マップを活用することでハイリスク患者の抽出に有用であった。すなわち、IVR専属放射線サポートチームは、線量値に基づいた患者被曝管理体制の構築に有用であることが示された。

研究成果の概要(英文)：Our IVR radiation support team assessed 1) whether lens radiation-shielding plate (LRSP) is useful for the reduction in radiation delivered to the eye lens during interventional neuroradiology (INR) procedures. and 2) whether the radiation map by GAFCHROMIC Film is useful for the radiation measurements during transcatheter arterial chemoembolization (TACE) in patients with hepatocellular carcinomas (HCCs). In results, the radiation map by RADIREC. showed a simple lens protective technique with the LRSP from the lateral X-ray projection is an easy and effective method for reducing eye dose during INR procedures. We also found that, in the HCC patients with TACE, the radiation map by GAFCHROMIC Film could detect patients with high risk radiation exposure. Our data suggest that the IVR radiation support team is useful for the clinical evaluation and management of patients based on their radiation exposure level.

研究分野：放射線医学

キーワード：脳血管内治療 IVR 被曝 防護 水晶体 肝細胞癌 肝動脈化学塞栓療法 TACE

## 1. 研究開始当初の背景

ICRP (国際放射線防護委員会) は、2001 年に「IVR (画像下治療) における放射線障害の回避 (和題)」と題した勧告を出し、この中で患者の皮膚線量 (3Gy 以上、繰り返す手技の場合は 1Gy 以上) に応じた処置の必要性について言及した (ICRP Publ. 85)。また最近では、長年にわたる疫学調査の結果から、従来の水晶体混濁の閾値 5Gy (ICRP Publ. 103) が 0.5Gy へと大幅に引き下げられた。(ICRP Publ. 118)。今後、一層厳重な被曝線量管理や、具体的な放射線障害の防止措置が求められるようになる。

IVR における放射線被曝管理の現状と問題点として ICRP では医療被曝防護の最適化は各施設の自助努力としており、詳細について言及していない。近年、日本国内で医療における放射線被曝に関するガイドラインが改訂されるなど、放射線防護の推進を行っている。それでも医療従事者の医療被曝の認識は未だ低く、線量情報管理や被曝に関するチーム医療体制が不十分である。

これまでの研究経緯と成果としては、頭頸部 IVR の被曝線量測定にガラス線量計素子を多数設置した線量計一体型帽子 (RADIREC.) を研究協力者の盛武らが開発し、既に複数の業績を報告している。また、腹部領域には線量測定システムは開発されておらず、ガフクロミックフィルムを使用して被曝線量マップを新たに作成した。これらの被曝管理システムを活用する IVR 専属放射線サポートチームを新たに立ち上げた。

## 2. 研究の目的

IVR 専属放射線サポートチームにより、頭頸部領域および腹部領域の IVR に関して被曝線量マップを利用して、被曝低減の試みを検証した。すなわち、頭頸部領域に関しては、側面管球の補償フィルターに鉛防護板を貼付した水晶体防護板を自作し、その効果を RADIREC. を用いた被曝線量マップから検証した。また、腹部領域に関しては、ガフクロミックフィルムを用いて肝細胞癌患者の肝動脈化学塞栓療法 (TACE) の被曝線量マップから高線量となるリスク因子を評価した。

## 3. 研究の方法

### (1) 頭頸部 IVR 時の水晶体防護効果の評価 ファントム実験とモンテカルロシミュレーション

島津社製バイプレーンアンギオ装置 (DIGITEX Safire SP) の側面管球 (患者右側) の補償フィルターに、鉛防護板を貼付した。人体ファントムの両目の入射皮膚線量を測定し、透視 (実効エネルギー 43.4keV) と撮影 (30.6keV) の遮蔽率をそれぞれ求めた。また、透視と撮影の遮蔽率の差の原因を明らかにするために PHITS-2.88 を用いて検証した。

## 臨床試験

対象は 2015 年 9 月から 2016 年 10 月に、RADIREC. を用いて被ばく測定を行った診断血管造影 60 例 (防護板なし群 37 例、あり群 23 例)、脳血管内治療 32 例 (防護板なし群 22 例、あり群 10 例) を対象とした。防護板あり群では、術前にバイプレーンアンギオ装置の側面管球に水晶体防護板を設置して水晶体防護を行った (図 1)。水晶体線量 (入射皮膚線量) について、防護板あり群となし群で比較した。

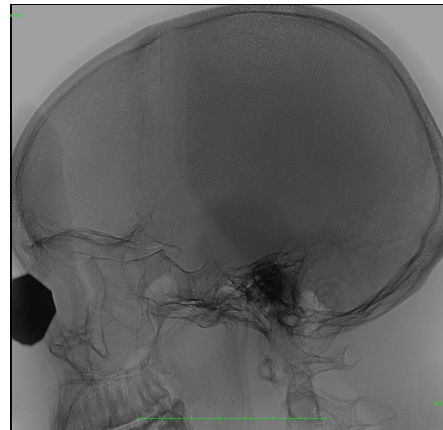


図 1: 頭頸部 IVR 時の水晶体防護装置

### (2) 肝細胞癌の TACE 時の高線量因子の評価

2015 年 9 月から 2016 年 2 月までに肝細胞癌に対して TACE を行った 73 例 (Conventional-TACE : 51 例、Drug eluting bead-TACE : 22 例) を対象として、ガフクロミックフィルムを用いて最大入射被曝線量 (MSD) およびその分布を測定した。さらに、73 例中 64 例で患者の透視画像および患者写真とのフュージョン画像 (図 2) を作成して、入射皮膚線量の分布を可視化し、被曝低減法を明らかにする。

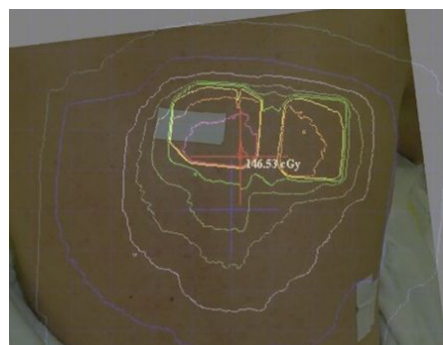


図 2: 肝細胞癌 TACE 時の被曝線量マップ

## 4. 研究成果

### (1) 頭頸部 IVR 時の水晶体防護効果の評価 ファントム実験とモンテカルロシミュレーション

ファントム実験で遮蔽率は右目 (透視 84.0%、血管撮影 88.9%)、左目 (透視 45.5%、血管撮影 55.1%) と右目 (側面管球側) で高い遮蔽効果が得られ、いずれも撮影の方が透視よりも遮蔽率が高かった。シミュレーション

ンでは、散乱線なしの条件では、透視・撮影いずれもほぼ100%遮蔽できたが、散乱線ありの条件では、透視58.2%、撮影67.8%と、撮影で9.6%遮蔽率が高かった。側面管球側に水晶体防護板を取り付けることで、管球側の目の入射線量を80%程度遮蔽できる可能性がある。透視よりも撮影で遮蔽率が高く、モンテカルロシミュレーションでは、放射線エネルギーの差による散乱線の影響が示唆された。

#### 臨床試験

診断血管造影では、防護板なし群に比べ、あり群で右水晶体線量(側面管球側)が有意に低かった( $40 \pm 30$  vs.  $17 \pm 9$  mGy;  $p=0.0016$ )。脳血管内治療例全体では有意差は認めなかったが( $72 \pm 79$  vs.  $46 \pm 19$  mGy;  $p=0.78$ )。最大入射皮膚線量が1Gy以上(防護板なし群4例、あり群6例)を対象とした場合、防護板なし群に比べ、あり群の右水晶体線量は有意に低かった( $196 \pm 118$  vs.  $44 \pm 15$  mGy;  $p=0.0105$ )。また、防護板あり群で右水晶体線量が100mGyを越える症例はなかったが、なし群の4例中3例が100mGy以上であった。以上、水晶体防護を安価で簡便に行えることが分かった。すなわち、側面管球側に小さな鉛板を取り付け遠隔操作することで、側面管球側の水晶体線量を効果的に減少させることができた。

#### (2) 肝細胞癌のTACE時の高線量因子の評価

73例の平均MSDは $1678 \pm 962$  (245-4757) mGyであった。Conventional-TACE(C-TACE)は $1596 \pm 924$  (245-4757) mGyで、Drug eluting bead-TACE(DEB-TACE)は $1867 \pm 1045$  (318-4739.4) mGyで、両者には有意差を認めなかった( $P=0.41$ )。55手技(75%)で、1Gy以上の要観察に該当する被ばく量であった。MSDは、DAP( $r=0.81$ ,  $P<0.01$ )やAIR KAMA( $r=0.91$ ,  $P<0.01$ )と正の相関を認めた。73手技中、線量マップが得られた64手技の棘突起-MSD間距離は、 $3.12 \pm 1.83$  (0-9) cmであった。56例(87.5%)で棘突起から右側9cm以内に、8例(12.5%)で棘突起から左側5cm以内に位置した。治療回数(4個未満 vs. 4個以上  $p=0.5112$ )と治療手技(C-TACE vs. DEB-TACE  $p=0.2759$ )における検討では、棘突起-MSD間距離に有意な差を認めなかった。1例(1.3%)で初期一過性紅斑を認めた。治療法、病変数によらず、MSDは体幹部寄りに分布しており、繰り返し透視・撮影の照射野の重なりが原因と考えられた。

高線量を防ぐ方法として、照射野の絞りを可能な限り狭くして重なりを少なくすることや、隣接する病変を治療する時は、一方を斜位にして重なりを減らすことが示唆された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に

は下線)

[雑誌論文](計1件)

- 1) 孫 略, 人見 剛, 二ツ矢 浩一郎, 加藤 守, 川内 覚, 茂呂田孝一, 塚本篤子, 早川 幹人, 榮 武二, 松丸祐司, 千田浩一, 盛武 敬: 多施設間IVR被ばく線量解析研究を支援するためのシステム構築. 日本放射線技術学会雑誌, 2015, 巻71, 1241-47, 査読有り. DOI: 10.6009/jjrt.2015\_JSRT\_71.12.1241

[学会発表](計11件)

- 1) 二ツ矢 浩一郎, 盛武 敬, 掛田 伸吾, 藤本 啓司, 永元 啓介, 村上 誠一, 茂呂田孝一, 孫 略, 村上 優, 真崎 弘美, 竹下 洋平, 興梠 征典: 脳血管撮影時の水晶体防護: ファントム実験とモンテカルロシミュレーションによる検証. 第33回日本脳神経血管内治療学会総会(品川), 11月23日-25日, 2017
- 2) 二ツ矢 浩一郎, 掛田 伸吾, 孫 略, 盛武 敬, 藤本 啓司, 二神 恵津朗, 山口 晋平, 真崎 弘美, 森谷 淳二, 井手 智, 村上 優, 竹下 洋平, 興梠 征典: 頭部血管撮影における水晶体の防護: RADIRECによる検証. 第46回日本IVR学会総会(岡山), 5月18日-20日, 2017
- 3) 二ツ矢 浩一郎, 掛田 伸吾, 孫 略, 盛武 敬, 藤本 啓司, 二神 恵津朗, 森谷 淳二, 大成 宣弘, 山口 晋平, 真崎 弘美, 竹下 洋平, 濱村 俊彦, 久永 紗知, 福満 智史, 興梠 征典: 頭部血管撮影における水晶体の防護: RADIRECによる検証. 第39回九州IVR研究会(博多), 12月10日, 2016
- 4) 藤本 啓司, 二神 恵津朗, 二ツ矢 浩一郎, 盛武 敬, 孫 略, 森谷 淳二, 真崎 弘美, 掛田 伸吾, 大成 宣弘, 興梠 征典: ガラス線量計(RADIREC)を使用した腹部血管造影の患者被ばく線量および部位の推定. 第39回九州IVR研究会(博多), 12月10日, 2016
- 5) 二ツ矢 浩一郎, 掛田 伸吾, 孫 略, 盛武 敬, 藤本 啓司, 二神 恵津朗, 真崎 弘美, 竹下 洋平, 井手 智, 村上 優, 興梠 征典: RADIRECを用いた診断アンギオ患者の水晶体防護による被ばく低減効果の検証. 第32回日本脳神経血管内治療学会総会(神戸), 11月24日-26日, 2016
- 6) Koichiro Futatsuya, Shingo Kakeda, Takashi Moritake, Lue Sun, Keiji Fujimoto, Etsuro Futagami, Junji Moriya, Satoru Ide, Yu Murakami, Hiromi Masaki, Yohei Takeshita, Norihiro Ohnari, Yukunori Korogi: A novel system using multiple radiophotoluminescence glass dosimeters for radiation measurements during

diagnostic cerebral angiography and therapeutic neurointerventional procedures. 第 57 回日本脈管学会総会(奈良), 10月13日-15日, 2016

7) 二ツ矢 浩一郎, 掛田 伸吾, 盛武 敬, 孫 略, 藤本 啓司, 山口 晋平, 真崎 弘美, 森谷 淳二, 井手 智, 大成 宣弘, 日浦 政明, 柴田 道彦, 原田 大, 興梠 征典: 肝細胞癌患者の TACE における被ばく線量の評価: ガフクロミックフィルムを用いた可視化の試み. 第 45 回日本 IVR 学会総会(名古屋), 5月26日-28日, 2016

8) Koichiro Futatsuya, Shingo Kakeda, Takashi Moritake, Lue Sun, Junji Moriya, Satoru Ide, Norihiro Ohnari, Keiji Fujimoto, Etsuro Futagami, Junkoh Yamamoto, Shigeru Nishizawa, Yukunori Korogi: A novel system using multiple radiophotoluminescence glass dosimeters for radiation measurements during diagnostic cerebral angiography and therapeutic neurointerventional procedures. American Society of Neuroradiology 2016(Washington), 5月21日-26日, 2016

9) 二ツ矢 浩一郎, 掛田 伸吾, 孫 略, 盛武 敬, 二神 恵津朗, 藤本 啓司, 山口 晋平, 真崎 弘美, 森谷 淳二, 村上 優, 井手 智, 小笠原 篤, 渡邊 啓太, 大成 宣弘, 興梠 征典: RADIREC を用いた頭頸部血管造影における被ばく線量の評価. 第 38 回九州 IVR 研究会(博多), 12月19日, 2015

10) 藤本 啓司, 二神 恵津朗, 二ツ矢 浩一郎, 盛武 敬, 孫 略, 森谷 淳二, 井手 智, 掛田 伸吾, 大成 宣弘, 興梠 征典: ガフクロミックを使用した腹部血管造影の患者被ばく線量および部位の推定. 第 38 回九州 IVR 研究会(博多), 12月19日, 2015

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

二ツ矢 浩一郎 (FUTATSUYA Koichiro)  
産業医科大学・医学部・助教  
研究者番号: 30621916

### (4) 研究協力者

興梠 征典 (KOROGI Yukunori)  
産業医科大学・医学部・教授  
研究者番号: 60195691

掛田 伸吾 (KAKEDA Shingo)  
産業医科大学・医学部・講師  
研究者番号: 30352313

盛武 敬 (MORITAKE Takashi)

産業医科大学・産業生態科学研究所・准教授

研究者番号: 50450432