

平成 30 年 9 月 13 日現在

機関番号：72696

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K09975

研究課題名(和文) 実測線量データに基づくIVR被曝管理技術の開発と多職種連携治療支援体制の構築

研究課題名(英文) Development of radiation exposure management technology for interventional neuroradiology based on actual measurement dose and supporting team consisted of multi job category

研究代表者

松丸 祐司 (Yuji, Matsumaru)

(財) 冲中記念成人病研究所・その他部局等・研究員

研究者番号：70323300

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：インターベンショナルラジオロジーは、低侵襲治療として脳血管疾患の治療法として確立したがX線被ばくが問題である。その低減のためには、正確な計測による管理と患者へのフィードバックによる支援が必用である。本研究ではそれを達成するために、有機フォトダイオードを用いたリアルタイム線量計のプロトタイプを開発した。従来紙ベース行っていたガラス線量計による皮膚線量の実測値のレポートを、画像情報や機器からの線量情報レポートとともに院内のDICOMサーバーに保存するシステムを開発した。医師、放射線技師、看護師ら多職種によるサポートチームによる患者支援体制を計画した。

研究成果の概要(英文)：Interventional radiology has been established as a treatment for cerebrovascular disease as minimally invasive treatment, but X-ray exposure is a problem. In order to reduce this, it is necessary to manage with accurate measurement and support by patient feedback. In this research, we developed a prototype of a real-time dosimeter using photodiodes. We developed storage of report on actual measurement values of skin dose by the glass dosimeter that we had been doing based on paper base in DICOM server in the hospital with the dose information report from medical equipments. We planned a patient support system by a support team based on multiple occupations including doctors, radiologists, and nurses.

研究分野：Interventional radiology

キーワード：interventional radiology radiation exposure dose measurement

1. 研究開始当初の背景

インターベンショナルラジオロジー (IVR) は X 線透視を見ながら体内に細い管を入れて治療されるため、従来の外科手術と比較し身体にあたえる負担が少なく、入院期間も短縮できるなど優れた特徴を持っている。しかし、長時間 X 線曝射による患者被ばく線量が高くなることがあり、また治療も繰り返して行われることも多いため、国際放射線防護委員会 (ICRP) は患者個人の被ばく線量を適切に評価することで、被ばくの正当化と防護の最適化を図るよう勧告している (ICRP publ.103,2007)。そのためには、正確な被ばく線量の計測とそのデータの患者へのフィードバックおよび患者の長期にわたる経過観察が重要である。

本研究の申請者らは、頭部 IVR 実施時の体表面吸収線量 (Gy) を実測し、量分布図を病院に返送するシステム「RADIREC[®] (ラジレック; 登録商標) を開発した。頭部の RADIREC では、専用の装具に 60 個の蛍光ガラス線量計を配し、この装具を患者に被せて IVR 治療を行う。治療後は使用した線量計をガラス線量計管理施設 (産業医大に配置) に送り、線量数値を専用の装置で読み取った後、線量分布図を描画したカルテ保存用シートを治療実施病院 (虎の門病院) に返送するシステムである。実際にこの RADIREC を用いて、以前に行った治療の線量分布情報 (積算線量情報など) を参照することで、局所への過度な線量集中を防ぐことが出来た (Hayakawa, Moritake, Matsumaru et al. Clinical Neurology and Neurosurgery, 112, 530-536, 2010)。

2. 研究の目的

RADIREC では治療中に線量値が表示できないため、シンチレーターを用いたリアルタイム線量計を開発する

被ばくデータを多職種で共有し、長期に保存・活用するため、DICOM サーバーを利用した患者個人被曝線量管理システムを開発する
包括的な患者支援のための放射線サポートチームを構築する。

3. 研究の方法

シンチレーターを用いたリアルタイム線量計の開発: 有機フォトダイオードを用いた新しい X 線検出器の開発を行い、その X 線透過性と性能評価を行った。

DICOM サーバーを利用した患者個人被曝線量管理システムの開発

- 1) 線量計素子の計測値を入力、送信する手段の開発: ガラス線量計からの読み取り値を CSV 形式の Excel データとしてそのまま取り込み、必要に応じて任意のデータをフォーム入力できるインターフェイスを作成する。また、血管撮影装置からの IVR 手技毎の被曝関連情報 (管電圧、管電流、透視時間、撮影回数等) を規格化された DICOM-RDSR (DICOM radiation dose structured report) として同時に取り込めるようにする。
- 2) 計測データを Cloud サーバーに送信し、集計・解析・表示加工する手段の開発: 病院内端末パソコンから入力したデータを Cloud サーバーに送信し、線量レポートの作成を行う。線量レポートには、被曝線量やカラースケール表示された被曝線量分布が記載され、重大な障害を及ぼす可能性のある部位を自動で警告させる。線量レポートは、紙媒体や PDF 出力の他、DICOM 転送を可能とする。医師や患者は、病院内の端末から線量レポートを参照し、IVR

手技中の被曝履歴の確認と特定部位やリスク臓器（皮膚、水晶体）への過度な照射の回避をすることができる。このことは、患者へのインフォームドコンセントや IVR に伴う皮膚障害の回避に貢献できる。また患者個人単位で皮膚線量や水晶体線量のデータを積算して、統計解析機能を持たせ、患者の長期的な追跡調査、フォローアップに役立てる。

- 3) Cloud サーバー上で作成した DICOM 規格レポートを院内画像データベースに取り込む手段の開発：病院内に小規模の LAN を構築して、Cloud サーバーで作成された線量レポートを病院内の DICOM サーバーに転送させるプログラムを稼働させる。
- 4) データ再計算時の問題点の克服：ガラス線量計の読み取り値を実際の線量値に変換するためには、X 線エネルギー依存性に対する校正定数が必要となる。本システムではこのような校正定数の変更やデータの不具合が生じた場合に修正可能な DICOM システム（Updatable DICOM）を構築する。

放射線サポートチーム (Radiation support team; RST)による患者治療支援体制の構築

- 1) RST 構成員：放射線サポートチームは IVR を専門とする医師、放射線科医師、皮膚科医師、眼科医師、診療放射線技師、IVR 認定看護師、薬剤師、管理栄養士らで構成する
- 2) RST 術前の活動：主治医の打ち出す治療方針・治療手技を確認し、放射線サポートチームは予想される被曝線量とその部位を推測する。過去の被曝歴・治療歴と照合して、過度

な線量集積を来すことがないか、皮膚障害や白内障の恐れはないか、もし治療遂行上障害の発生が予見されるならば、最善の被曝防護策を立案する。患者には検討の結果を説明し、「被曝の正当化」「防護の最適化」が十分に図られていることを理解してもらう。

- 3) RST 術中の活動：過去の被曝歴を参考にして過度な線量集積を来すことのないワーキングアングルを選択する。術中は最適な管電圧・管電流・パルスモード・フィルタリング・照射野などに注意を払い防護の最適化を図り、線量計の値は適宜術者にフィードバックさせる。
- 4) RST 術後の活動：線量計から得られた被曝線量値から患者の皮膚障害の可能性がある場合には、患者に定期的な外来経過観察が必要であることを伝え、外来では高線量部位を注意深く（通常後頭部や背面にあるので対座では見逃しやすい）観察し、障害が発生したときは適当な医療を行う。IVR では治療が繰り返し行われることが多いが、皮膚障害を軽微にとどめるため、最初は 2 週間程度の間隔で観察し、皮膚障害の発症がないことを確認してから、2 回目以降の治療を行うようにスケジュールする。もし皮膚障害が見られたときは、回復を待って治療を再開することを主治医に提言する。白内障が疑われるときは、観察期間はさらに長期（年単位）に及ぶことも考えられる。

4. 研究成果

シンチレーターを用いたリアルタイム線量計の開発：X 線検出素子として有機フォトダイオードを 10

mm×10 mm×1mm のプラスチックシンチレータ上に直接作成した。臨床用 X 線透視装置を用いファントム上に試作検出器を置き透視画像を取得し、その視認性で評価を行った。透視画像上ではほとんど視認することが不可能であった。小動物用 CT での検出器の性能評価では、各検出素子の個体差は観測されたものの、補正を行うことで管電流や X 線の実効エネルギーとの良好な相関関係を得ることに成功した。

DICOM サーバーを利用した患者個人被曝線量管理システムの開発：IVR 個人被曝管理システムの構築により、線量値の読み取りから、線量値の算出、線量レポートの作成、院内 DICOM サーバーへのレポートの転送までのプロセスを従来に比べ迅速に行うことができるようになった。従来のシステムでは、1 症例当たり 30 分の作業時間を要していたが、今回新たに構築したシステムでは、1 症例当たり 30 秒まで短縮し、解析可能な件数も大幅に増加した（1000 件/年程度）。また病院のユーザーは、線量値を瞬時に被曝線量レポートして利用することができ、IVR 施行後の患者に対し、被曝に関する退院前指導を行うことができるようになった。この退院前指導は、IVR 後の皮膚障害の程度や部位を患者へ伝えることであり、後述する RST の活動と合わせて、患者の QOL(Quality of Life)を高める上で、大きく貢献できると考える。また本システムは、院内に既存する DICOM サーバーをそのまま利用することが可能であるので、病院に導入する際の初期コストを抑え、高い

汎用性を実現できる。多くの病院へ導入されることにより、全国規模の IVR の被曝線量データを収集することが可能となり、患者被曝線量の最適化を推進する大きなツールとなり、放射線防護の観点からも有用なシステムになると考える。

放射線サポートチームによる患者治療支援体制の構築

RST により患者被曝を多職種間で総合的に管理することのできる体制を構築することができた。これにより線量データを基盤として入院から退院後まで長期間に患者をフォローすることが可能となる。この RST によって IVR 治療の放射線安全の質を大幅に高めることができ、昨今高まる医療放射線に対する国民の不信の払拭にも貢献できると考える。また近年増加する白内障を始めとした放射線障害による国民医療費の高騰を、具体的かつ効果的に防ぐ仕組みとして機能することも今後期待できる。

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 8 件)

- 1) 盛武 敬，茂呂田 孝一，人見 剛：実測法と推定法による脳血管内治療患者の被ばく線量評価 ～ 生物学的線量反応関係解明への応用可能性 ～ .放射線生物研究 ,52(4), 385-401, 2017 (査読有り)
- 2) 茂呂田孝一，盛武 敬，孫 略，石原隆宏，熊奈津代，村田聡美，山田貴大，岡崎龍史：患者被ばく線量低減に向けた DICOM RDSR (病院内医療用画像規格線量レポート) 情報の収集 . Journal of UOEH (産業医科大学雑誌) 2016 ; 38(4) : 325-335 (査

- 読有り)
- <http://doi.org/10.7888/juoe.38.335>
- 3) Kato M, Chida K, Moritake T, Sato T, Oosaka H, Toyoshima H, Zuguchi Mand, Abe Y: Direct dose measurement of patient during percutaneous coronary intervention procedures using radiophotoluminescence glass dosimeters. Radiation Protection Dosimetry, <https://doi.org/10.1093/rpd/ncw263>, 2016 Sep 13 (査読有り)
- 4) 加藤守,坂本肇,塚本篤子,川内覚,松本一真,盛武敬: インターベンションにおける診断参考レベルの確定に向けて.日本放射線技術学会誌2016; 72(12): 1255-1267(査読無し)
https://doi.org/10.6009/jjrt.2016_JSRT_72.12.1255
- 5) 加藤守,千田浩一,盛武敬,小口靖弘,加賀勇治,坂本肇,塚本篤子,川内覚,松本一真,松村光章,大阪肇,豊嶋英仁:心臓インターベンション時の皮膚入射線量実測による多施設線量評価.日本放射線技術学会誌2016; 72(1): 73-81(査読有り)
http://doi:10.6009/jjrt.2016_JSRT_72.1.73
- 6) 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誌2015; 71(12): 1241-1247(査読有り)
- http://doi.org/10.6009/jjrt.2015_JSRT_71.12.1241
- 7) 川内覚,盛武敬,早川幹人,濱田裕介,佐久間秀之,依田彰吾,佐藤允之,孫略,小口靖弘,赤羽恵一,千田浩一,松丸祐司:頭部診断血管撮影における最大入射皮膚線量の推定.日本放射線技術学会誌2015; 71(9): 746-757(査読有り)
https://doi.org/10.6009/jjrt.2015_JSRT_71.9.746
- 8) Kohzaki M, Ootsuyama A, Moritake T, Abe T, Kubo T, Okazaki R: What have we learned from a questionnaire survey of citizens and doctors both inside and outside Fukushima? -Survey comparison between 2011 and 2013-. J Radiol Prot., 35(1): N1-N17, 2015 doi:10.1088/0952-4746/35/1/N1

〔学会発表〕(計 2 件)

- 1) 川内 覚,松丸祐司,盛武 敬,安陪等思,庄島正明,早川幹人,坂本 肇,人見 剛,濱田祐介,鶴田和太郎,千田浩一,田野政勝:JSNET 防護委員会で今後行うDRL 調査について.第33回NPO 法人日本脳神経血管内治療学会学術総会,グランドプリンスホテル新高輪国際館パミール(東京都・港区),11月23日-25日,2017
- 2) 川内 覚,千田浩一,依田彰吾,細尾久幸,盛武 敬,濱田祐介,佐久間秀之,孫 略,松丸祐司,鶴田和太郎,堂福翔吾,田野政勝:血流改変ステントを用いた脳動脈瘤治療における患者被ばく線量.第33回NPO 法人日本脳神経血管内治療学会学術総会,グランドプリンスホテル新高輪国際館パミール(東京都・港区),11月23日-25日,2017

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松丸祐司（Yuji Matsumaru）
（財）冲中記念成人病研究所研究員
研究者番号：70323300

(2) 研究分担者

盛武 敬（Takashi Moritake）
産業医科大学付置研究所准教授
研究者番号：50450432

(3) 研究分担者

掛田伸吾（Shingo Kakeda）
産業医科大学医学部講師
研究者番号：30352313

(4) 研究分担者

錦戸文彦（Fumihiko Nishikido）
独立行政法人放射線医学研究所研究員
研究者番号：60367117