

令和 5 年 6 月 29 日現在

機関番号：24601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K09240

研究課題名（和文）放射線治療の業務の標準的な見える化と遠隔での安全な治療実施支援法の確立

研究課題名（英文）Establishment of standard visualization of radiotherapy tasks and remote support methods for safety treatment.

研究代表者

玉本 哲郎 (Tetsuro, Tamamoto)

奈良県立医科大学・医学部・病院教授

研究者番号：50326344

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：がん対策基本法では、専門医の少ない放射線治療において一般的な治療の均填化と高度治療のセンター化が望まれている。以前の我々の研究で治療計画だけでなく、線量検証や位置照合などの治療技術に伴う遠隔支援について確立してきた。しかし、放射線治療のプロセスは治療の高度化によりさらに複雑になり、放射線腫瘍医が非常勤の施設でも、実際には常勤の施設と同様の対応が必要となっている。今回の研究では、放射線治療情報システム（RTIS）を用いた業務の見える化とそれによる安全な遠隔支援方法の標準化を目的として研究を実施した。今回の6年間の研究結果で実際に業務の標準的な見える化と遠隔での安全な治療実施支援が可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今回の研究では、放射線治療専門医のいる基幹施設と非常勤で治療を実施する施設間での連携を念頭に置いて、総合的な遠隔放射線治療支援を行うことを念頭に置いている。複雑になりつつある放射線治療業務の連続したステップを患者ごとにとどまらず、治療室ごと、さらには施設全体の進捗状況を見える化を遠隔支援で実現するシステムの構築例はなかったが、このシステムが確立により、被支援施設内でのより密度の濃い診療情報の共有のみでなく、業務のスムーズでかつ安全な実施が可能となる。その結果、専門家がたとえ少なく経験が少ない施設でも、高度な放射線治療の均填化と安全な実施体制の確立が可能となり、医学的には大変意義がある。

研究成果の概要（英文）：The cancer control basic law calls for the equalization of general treatment and the centralization of advanced treatment in radiotherapy, where there are few specialists. Our previous work has established not only treatment planning but also remote assistance with treatment techniques such as dose verification and location matching. However, the process of radiation therapy has become more complex with increasing sophistication of treatment, and facilities with part-time radiation oncologists actually need the same support as those with full-time radiation oncologists. The current study was conducted with the aim of visualizing operations using a radiation therapy information system (RTIS) and thereby standardizing safe remote support methods. The results of this six-year study actually enabled standardized visualization of operations and safety remote support for treatment implementation.

研究分野：Medical Informatics, Radiation Oncology

キーワード：放射線治療 ICT 遠隔医療 チーム医療

## 1. 研究開始当初の背景

高齢化社会となるにつれ、がん患者は増加傾向にあり、同時に QOL (quality of life) を考慮した機能を温存する治療の重要性が指摘されている。そのため、放射線治療を受ける患者数は急激に増加している一方で、放射線治療専門医の不足は極めて深刻である。がん対策基本法では、放射線治療専門医とがん薬物療法専門医の育成は急務であるとされているが、放射線治療実施施設が全国で約 800 あるのに対し 2015 年 9 月の時点で放射線治療の専門医数は 1200 名以下にとどまっている。実際、基幹病院より非常勤の放射線治療医が週に 1 回から数回派遣されている施設はいまだに多い。派遣された医師は、患者の診察と放射線治療計画と治療時の位置照合の確認を派遣された施設で行う。このような非常勤の支援体制では、一般的に以下の問題が生じている。支援に力を入れると基幹病院の人員が逆に不足してしまうこと。経験ある医師のみでの支援が困難であること。緊急放射線治療への対応が一般には困難であること。治療内容のダブルチェックが困難なこと。被支援施設のスタッフの教育まで手が回らないことなどである。また、常勤の放射線科医（放射線診断医および放射線治療医）のいる放射線治療施設においても、複数の経験を積んだ放射線治療医が配置されることは極めてまれであり、複数医師の意見を集約した治療計画や多重チェックが困難であるのが一般的である。

近年、放射線治療技術の急速な発展により、病巣部により線量を集中させ、正常組織への線量軽減をはかるために、定位放射線治療 (SRT)、強度変調放射線治療 (IMRT)、画像誘導放射線治療 (IGRT) など高精度放射線治療が行われるようになってきている。これらの高度の放射線治療を可能にさせる高性能の放射線治療装置が、基幹病院だけではなく、一部の非常勤の施設にも徐々に導入されるようになってきている。近年の放射線治療に関連したデータは、治療計画の CT 画像から放射線治療装置 (リニアック) の制御データまで、デジタルデータとなり、ネットワークを介した遠隔医療に適していると考えられる。さらに高速デジタル通信の急速な普及に伴い、基幹病院から遠隔地の病院の放射線治療計画を支援が可能となってきている。

さらに、がん対策基本法施行の結果、基幹病院でない放射線治療施設でも、専従する医療従事者が診療放射線技師にとどまらず、医学物理士、看護師、受付事務者も配置されるようになり、これらの医療従事者の情報共有や安全な放射線治療の実施のための体制づくりが必要となる。このような施設での経験のある放射線治療専門医による遠隔支援は、放射線治療の質向上と医療安全には有用である。一方、放射線治療の実施時には、以前は紙ベースの照射録に基づいて、治療のパラメーター、線量分布、照合写真などの患者情報を確認していたが、電子カルテ導入による診療情報の電子化に伴い、放射線治療情報システム (RTIS) を導入が進み、紙ベースの照射録の運用を廃止する施設が次第に増加している。しかし、放射線治療の診療の情報共有は進んでいるものの、RTIS を用いた業務の見える化を行っている施設はほとんどなく、さらに、医療安全の観点を重視した遠隔放射線治療の治療実施支援はほぼ行われていない。

## 2. 研究の目的

高精度放射線治療に対応した遠隔医療を行うための業務の見える化と安全な支援方法の確立を目的とする。

## 3. 研究の方法

### 3.1 放射線治療の業務分析

基幹病院での放射線治療業務の現状とワークフローを分析した。具体的には、放射線治療情報システム（RTIS）での業務の見える化については診療過程を分析し、医師、看護師、放射線技師、医学物理士などのスタッフが、どのようなタイミングに業務（情報）をどのような手段（情報機器やデータ）でやり取りしているかを分析した。

### 3.2 遠隔医療への取り組みと制限事項

被支援施設で導入可能性について RTIS ベンダ交えて検討した。被支援施設の現状とニーズを確認し、RTIS の業務フロー内に組み入れるものとそれ以外のものを分けた。組み入れられない場合は代替方法を検討した。さらに、システム化の後の実装に向けての制限事項をまとめて稼働が可能となるための方法を検討した。

### 3.3 システム化と実装方法

その後、被支援施設との間で遠隔支援方法を検討し、被支援施設に実装可能な方法で実装し運用した。

### 3.4 働状況と導入効果および導入後の課題

システム構築後に実際に運用を行い、システム化によるメリットと課題について検討した。

## 4 . 研究成果

### 4.1 放射線治療の業務フローの確認

現在の放射線治療は、CTシミュレーションによる治療計画が一般的であり、以下に示すような診療過程で行われる。放射線治療の依頼があり実際に患者さんが受診した際には、放射線腫瘍医は紹介患者に対して診察を行い、臨床評価と治療方針の決定を行う。放射線治療を実施すると判断した場合には、シミュレーションのための放射線治療計画用のCT撮像を行う。撮像した画像を放射線治療計画装置に転送し実際の治療計画を行う。まず、放射線腫瘍医が標的体積およびリスク臓器の設定を行う。次に、放射線腫瘍医あるいは医学物理士らにより照射方法と線量計算を行い、最終的に実施する放射線治療計画の候補を選定する。さらに、放射線腫瘍医がそれぞれの治療計画の評価を行い、実際に患者さんに治療を実施する計画を決定する。医学物理士および診療放射線技師が指示された治療計画の線量評価と検証の品質管理・保証業務を行う。治療実施が問題ないと判断された場合は放射線治療実施が行われる。前もってあるいは治療実施当日に患者の位置確認を行い、放射線腫瘍医の確認のもと放射線技師が治療実施を行う。放射線治療の実施は単回で行われることは少ないので、実際には から の過程を繰り返す場合が多い。放射線治療中および放射線治療後に、放射線腫瘍医は経過観察と臨床評価を行う。この間、看護師は患者さんに対して、放射線治療時に必要な看護介入を行うが、看護介入の方法や頻度については現状では施設ごとに異なっている。実際に遠隔支援を必要とした病院での業務リストでは、各スタッフが治療の過程において様々なタスクが割り当てられている。

### 4.2 遠隔医療への取り組みと制限事項

診療過程を分析した結果、一部の業務にリアルタイムでの対応が必要であることが判明した。高精度は放射線治療開始患者さんの位置確認と線量確認は放射線腫瘍医のリアルタイム確認が望ましいと考えられた。支援側施設と同様のレベルを担保するためには、ノンリアルタイムで実施できる従来からの放射線治療計画の遠隔支援や RTIS の確認以外にも、RT 部門システムを遠隔監視する方法や Web 会議システムの導入が必要であった。特に、RTIS 内に業務組み入れられない場合には Web 会議の画面共有が有用であった。

実際に遠隔診療を実施していく上での制限事項を以下にあげる。まずは、医療現場における制限としては、あくまでも遠隔支援であり、被支援施設のスタッフが実際の診療の場面では主役を担うという考えを持つ必要があるということである。また、支援行為には支援する放射線腫瘍医がオンサイトにいる場合と比較して情報が少なく、支援できる行為が制限される可能性があることを覚えておかなければならない。

次に、組織体制として、被支援病院がそもそも遠隔支援をしてまでも、高精度放射線治療を実施すること診療部門および病院幹部が望んでいるかが重要なポイントである。また、医療機関外から診療情報を利用するにあたり、安全かつ確実に利用できる技術的な体制と組織的な体制をとれるかどうかである。特に組織的な問題として病院の情報セキュリティポリシーとの整合性を保つ必要がある。放射治療時を実施する際に必要な3大システムでは、これまでの経験上、電子カルテシステム（HIS）そのものを遠隔医療で非常勤医に開放する運用を許可する病院はなく、HISの情報を以下にRTISに取り込めるかとPACS内の画像を放射線治療部門システム内で確認できる手段をもてるかどうか、常勤施設と同等のスムーズな遠隔支援が行えるポイントとなる。

さらに、院外から診療情報を扱うにあたって、通常の施設で定められている医療情報の取り扱いの範囲を超える場合は、患者さんの個別同意の必要がある。その他として、支援医師の労務管理が必要となることである。リアルタイム支援に伴い支援医師は通常の常勤先等での勤務中に対応が必要となるため、その間の兼業が可能かどうか、またリアルタイム支援に対する被支援施設からの報酬については検討しておく必要がある。

#### 4.3 システム化と実装方法

施設間の遠隔接続方法は被支援施設の情報セキュリティポリシーを採用し、実際のシステム化と実装を行った。放射線治療装置更新時に、通常の放射線治療業務に利用する放射線治療計画装置（RTPS）、放射線治療管理装置（R&V）、放射線治療情報システム（RTIS）および治療用PACSについては、リモートデスクトップソリューションであるDesktop+Plus（Kanematsu Communications）で使用できるようにした。モバイル端末との間の通信はVPN接続で行った。医師によるリアルタイム支援が必要な確認行為については、各システムの端末の画面の映像情報のみをダウンスキャンコンバータであるDVI2USB3.0（EpiPhan）を用いて、施設内の専用のPC端末でWeb会議システム（V-cube Meeting）を立ち上げて確認できるようにし、リアルタイム指示はWeb会議システムで指示を行った。モバイル端末との間の通信はVPN接続で行った。

#### 4.4 稼働状況と導入効果および導入後の課題

高精度放射線治療の肝細胞癌 期の体幹部定位放射線治療（SBRT）の症例のようにいわゆるピンポイント照射の場合は、放射線治療時の位置精度について非常に慎重な判断が必要であり、オンサイトでの対応がどうしてもできないときは遠隔での検証結果も含めた線量確認と位置照合確認のリアルタイムサポートが必要となる。線量確認については、RTISでの進捗確認を行った後、医学物理士等が行った検証結果を確認することで行う。また、位置照合確認についてはWeb会議システムを用いて、Cone beam CTや治療室内のモニタリングを行うことで安全な高精度放射線治療の実施が支援できる。

今回の成果より、複雑になっている放射線治療業務の連続したステップを、患者ごとだけでなく、治療室ごと、さらに施設全体の進捗状況の見える化を遠隔支援するシステムの構築例はほとんどなく、被支援施設内でのより密度の濃い診療情報の共有はと業務のスムーズで安全な実施が可能となった。

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 Nakamura H., Tamamoto T., Tooyama T, et al.	4. 巻 78
2. 論文標題 Impact of Irradiation Field Aperture Controller Settings on Patient-specific Quality Assurance	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi	6. 最初と最後の頁 188-199
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.6009/jjrt.780204.	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1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 玉本哲郎・他
2. 発表標題 高精度放射線治療に対応した遠隔医療を行うための業務の見える化と安全な支援方法の確立
3. 学会等名 第40回日本医療情報学連合大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------