

国立がん研究センター中央病院に導入されたMR画像誘導放射線治療装置「MRIdian」。0.35TのMRIで照射中の患部のMRI画像を描出し、アダプティブ治療を実施できる。さまざまな新機能を有する同装置は本邦1号機である



東京都 国立がん研究センター中央病院

Cover Story
2017 August

MRIで腫瘍を常時捕捉し、そして照射— 従来機の弱点を克服した新発想の装置を “国がん”が本邦初導入を果たし稼働開始

がん診療の中核施設、国立がん研究センター中央病院が放射線治療に熱心であることは広く知られている。当然、最新、最先端の放射線治療装置が揃い、また人的リソースもまさに充実の極みと称して良いであろう。本年4月、同病院に新たに画期的ともいえる治療装置が導入され、自由診療ながら治療を開始したのである。同装置は、MRIと照射装置を一体化させたもので、“動く腫瘍”を常に捉えながら放射線を当てるのだという。同院の現況、新装置の導入経緯、そして有用性等について、西田院長、伊丹放射線治療科長らに聞いた。

新 医 療 2017年8月号 (8)

— National Cancer Center —

国立がん研究センター中央病院
放射線治療科長

伊丹 純 氏に聞く

——まず、放射線治療への取り組みの現状からお聞きます。

国立がん研究センター中央病院は、同じ系列施設である柏市の東病院と共に、同センター設立当初よりその治療効果を高く評価し、外科、化学両治療と並ぶ3本の矢の一矢として放射線治療には積極的に取り組んできています。その証左として2016年度の患者数は国内で最多の2677名にも達しています。

スタッフ、装置ともに充実していることも特筆すべきことです。前者については、中央病院に限っても、放射線治療科には常勤医が6名、研修医まで含めると14名の放射線治療医が所属している他、医学物理士も4名おります。また放射線治療専門の診療放射線技師は20名を数えるなど、その陣容は極めて充実しています。また、治療装置もリニアックだけでなく、サイバーナイフ、そして今般導入したMRIガイドによる新型装置に加え、小線源やアイソトープによる放射線治療を行える設備も擁しています。この恵まれた治療環境もあり、IMRTや定

位照射などにおいて高精度、高品質な放射線治療を実施できているのです。

——最新のMR画像誘導放射線治療装置を初導入されましたが。

放射線治療の究極の目的は、腫瘍の部位のみに放射線を当てることです。それができれば、いくらでも強い放射線を照射することができます。動きのない脳腫瘍などでは、莫大な線量を照射できるガンマナイフによる治療がその一例と言えるでしょう。

しかし、実際は呼吸や体動による臓器の移動によって腫瘍の部位が動いてしまうことから、正常組織を傷つけてしまう可能性が生まれ、高い線量を当てられないのが現状です。

また、現在、IMRTなどを実施する際は、呼吸などの腫瘍部位の位置や動きを把握するために、間欠的なレントゲン撮影や、金マーカーの体内留置をしていますが、これでも正常臓器の立体解剖上の情報を得ることができないと言わざるを得ません。

しかし、当院が新たに導入したViewRay（ビューレイ）社のMR画像誘導放射線治療装置「MRIdian（メリディアン）」は、一体搭載している0.35テスラのMRIにより、腫瘍と正常臓器を正確に捉え続け、腫瘍のみに放射線を照

射し続けられるのです。

照射中に、正常臓器を常時捉えていることから、従来1〜2cm程度は必要だった照射野のマージンを2mm程度にまで縮小できるようになり、その結果、放射線治療における副作用を大幅に減らせると期待しています。

——放射線治療医の視座から「MRIdian」の具体的メリットについて、お聞かせください。

従来、動きが小さいと思われていた前立腺などでも、この装置で治療してみる

と、治療中にガスが下りてきて移動するケースも確認でき、照射中のリアルタイム画像を取得できるメリットは計り知れません。照射野を小さく抑制できれば合併症が少なくなりますから、それだけ照射線量を上げることができ、局所制御率をさらに高めることが可能となります。また、治療の度にディフュージョン画像によって、治療の成果を容易に確認できるのもいいですね。

加えて、治療計画段階で撮影したCTの電子密度に関する情報は同装置のMRIに直接送ることができ、MRI画像との組み合わせで治療計画を変更できるなど、内蔵している治療計画システムが優れている点が挙げられます。治療中に腫瘍が小さくなれば、それに対応して毎日



伊丹 純 (いたみ・じゅん)氏

1981年千葉大学医学部卒。1983年ドイツエッセン大学放射線腫瘍科助手、1990年千葉大学医学部放射線医学講座助教授。1991年国立病院医療センター第2放射線科医長、2008年国立がんセンター中央病院放射線治療部長、2010年独立行政法人国立がん研究センター中央病院放射線治療科長、現在に至る。

(9) 新 医 療 2017年8月号

でも治療計画を変更して治療を実施できる点も、高く評価できる点の1つです。この特長は、特に治療中に腫瘍が小さくなる頭頸部がんなどに有用なのではないでしょうか。

——「MRIdian」の治療に適していると思われるがんの種類についてお聞かせください。

動かない脳腫瘍等の頭部以外は、ほぼ適用になると考えます。放射線治療の効果が高い大きい腫瘍の頭頸部がん、動きの多い肺がんや上腹部のがんにも効果が大きいでしょう。

臍臓がんへの治療にも期待しています。臍臓のそばには十二指腸があり、これまで臍臓がんに対する放射線治療が難しかったのですが、臓器の位置や動きをMRI画像で常時把握できるので、腸管が照射野に入ってきた場合、照射を中止することにより正常臓器への照射を止めることが可能です。

——現在の治療実績と、今後の展望についてお聞かせください。

まだ自由診療による治療のみということもあり、現在、治療実績は9例ですが、これを月10例くらいに増やしていければと考えています。

MRIは0・35テスラと画像診断用の最先端のものと比べれば画質は劣りますが、放射線治療での腫瘍の判定には全く問題ありません。当センターで症例を重ねていき、プロトコルも含め、照射中に画像が見える放射線治療を確立したいと考えています。

■国立がん研究センター中央病院

リアルタイムMRI画像による放射線治療を実施し、アダプティブ治療の国内スタンダード構築を目指す



「MRIdian」によるアダプティブ治療のワークフローや装置の運用法について広く情報発信し、日本の放射線治療のスタンダードの1つにしたい」と話す放射線治療技術室 室長の阿部容久氏

国立がん研究センター中央病院放射線技術部放射線治療技術室長
阿部容久氏に聞く

国立がん研究センター中央病院では、2016年4月、診療放射線技師に関連する部署の大幅な組織改革が行われた。新たに設けられた「放射線技術部」は、画像診断系の放射線検査を担当する「放射線診断技術室」と放射線治療を担当する「放射線治療技術室」に分かれ、それぞれの業務を遂行している。放射線技術部設立の経緯について、放射線技術部副部長で放射線治療技術室長を務める阿部容久氏はつぎのように話す。

「従来、国立大学や自治体病院等、公的な医療施設では、診療放射線技師は放射線科医と一体的な組織運用が行われていました。しかし、国立がん研究センターは、高い専門性を有する施設であり、治療、

画像診断、共に診療放射線技師には高度な放射線技術が必要です。そのため、施設には当該技師の育成についての責任が求められ、また診療放射線技師には当センターで確立していく高精度な放射線技術を、全国の施設に広め、標準化させていく使命があります。

そこで、薬剤部等と同様に放射線部門を従前よりも一階層上部に置き、より独立性を有する組織替えをすべくとして、病院長上層部や放射線治療科の伊丹科長らのご理解のもと、昨年の4月から放射線技術部という独立した部門となりました」

その放射線技術部に属する放射線治療技術室には、診療放射線技師20名とX線助手1名が所属し、放射線治療業務に特化して診療業務を遂行している。放射線治療科には医学物理士が4名所属しているが、放射線治療技術室所属の診療放射線技師にも医学物理士の資格を有するスタッフが7名いる。



「日本初導入ということで、役所への申請書等、ペーパーワークも一苦勞でした」と話す副放射線治療技術室長の加藤融氏

放射線治療技術室の特徴について、阿部氏はつぎのように話す。

「放射線治療技術室では、放射線治療医と連携し、同治療医が必要とする治療法をいつでも提供できる環境を整えることを理念としています。そのため、放射線治療に関する機器・システムは、最先端のものを揃えるように努めています。

ただし、新しい装置であっても当センターが行うべきミッションは、それらの装置やシステムを全国のがん連携拠点病院で使いこなすことができるように、標準的な運用法を確立することにあります。そこで、がん連携拠点病院20施設を結んだテレビカンファレンスを実施するなど、他の医療施設との情報交換など情報発信にも力を入れているのです」

放射線治療技術室
多数のスタッフ数と最先端装置を有し、国内最多の放射線治療件数を誇る

副放射線治療技術室長の加藤融氏は、放射線治療技術室の診療業務の現状についてつぎのように話す。

「当センターは新しく導入したMRI画像誘導放射線治療装置だけでなく、他にリニアック4台、サイバーナイフ1台、小線源治療装置・小線源治療室を有し、外部照射・内部照射含め年間約4万6000件程度の放射線治療を実施しており、放射線治療件数は国内ナンバーワンの施設です。その上、IMRT等、高精度放射線治療を1日約50件実施するなど、質の高い放射線治療をルーチンで行っている

院含め、当センター全体で取り組んでいく予定です。なお、難治性がんについても同様の対応をして、正しい情報を届けられるようにしています。確かに採算は合いませんが、“国立”という名前を冠している施設のミッションであると思っています。

また就労支援も改正法にあります。これは残念ながらエビデンスがほとんどない分野です。臨床試験を行い、エビデンスを作るのは、我々の得意分野であり、貢献できる領域ですので、当該分野においても現在取り組んでおり、今後も継続していく所存です。——放射線治療にも熱心でありますが、同治療への取り組みについてお聞きます。

まだ、日本では、がんに対して外科治療が多いですが、放射線治療については、かねてより、センターの中央病院でも東病院でも非常に熱心に取り組んできており、その提供率は国内でも図抜けています。当然、ファシリティおよび治療専門医他スタッフについては、質、量ともに充実した陣容を誇っています。先端的ともいえる中性子捕捉療法の開発もしていますが、新しいことにチャレンジして、その結果を全国に提供し、前述したがん治療の均てん化を図ることが、がん研究センターの使命でもあるので、一層の努力を払っていこうと思っています。

Interview

国立がん研究センター中央病院
病院長

にしだ・としろう
西田俊朗氏に聞く

国立がん研究センター中央病院を率いる病院長の西田俊朗氏に、同院におけるがん治療の現況と最近注力している事業や昨年改正されたがん対策基本法への対応、最先端の放射線治療装置にかける期待等について、話を聞いた。

——同じ教育でも大学のそれとの差異はどのような点にありますか。

微妙に重なり合いますが、研究教育の部分に違いがありますね。私も大学に勤務していたので分かりますが、大学はサイエンスに非常に強い。ですから、医学の基礎、あるいは根本的な部分を解明するということでは大学でしょう。一方、エビデンスを作り、実際にその医療を保険の中で実現していくということについては、当センターおよび中央病院が大きく強みを発揮しています。ですから、ここには基本的に臨床が出来ない人はいないといってよいでしょう。

——昨年末改正された、がん対策基本法への取り組みをお聞きます。

実は、改正法にある希少がん、難治性がんについては、約3年前から希少がんセンターという部署を作つてすでに取り組んでいることです。意外なことですが、希少がんの患者さん、家族の方々の情報源は個人のブログのことが多いのです。それが正確ならば問題ないのですが、間違っていたら大に危険です。それゆえ、“Meet the expert”というコンセプトのもと、希少がんの専門家からのさまざまな情報をインターネットや講演会をとおして発信しているところ です。これから、さまざまな取り組みを中央病院、東病

——最近の、貴院におけるがん治療の方針についてお聞きます。

がんは、高齢化してきたということもありますが、非常に Incidence 発生率が高くなっている一方で、治療率も高くなっており、小児がんに至っては治療率が約8割にも達しています。逆に治るということは、その後の生活を見据えた治療を提供しなければなりません。つまり、根治度を上げる時、必ず身体に影響が出ますが、それを出来るだけ無くす、減らすということこそが、がん研究センターならびに中央病院が取り組むべき直近のテーマだと思っています。

——日本のがん治療の中核施設として、注力していることはありますか。

同センターが誕生して約60年、5大がんの標準治療の作成に貢献をしてきたという思いは強くあります。今も、新しいがん治療の開発に取り組んでいます。それが世の中に広がり、世界に広げることも重要です。そのためには技術を伝える“人”の教育が必須であるのは自明であり、熱心に取り組んでいることでもあります。医師、看護師、薬剤師、診療放射線技師、臨床検査技師、その他の職域も含め、全国から優秀な人材が集つてくれており、まさにがん診療の均てん化に貢献しているという自負があります。



「MRIdian」では、治療計画やその検証、治療、治療後の検証という一連のワークフローを1台の端末で実施する。手前は放射線治療科の井垣浩医師



治療計画を検証する岡本氏。「MRIdian」は、照射された線量データをシステムに保存。治療期間中に治療計画の見直しや修正を容易に行うことができる

治療計画用のシステムは完成度が高く、操作性も良いですね。まだ症例数が少ないので、これからワークフローを確立して、効率良くアダプティブ治療を実施できるようにしていきたいですね」

岡本氏は「MRIdian」によるアダプティブ治療の標準化を目指したいと今後の抱負をつぎのように語る。

「5名の患者を治療しましたが、そのうち8回照射が2名、5回照射が2名と、従来のリニアックと異なり、照射回数が短くできます。一方で、毎日MRIを撮影してその画像を確認し、元々決めてあるターゲットにずれがあった場合、都度微

調整を行って治療するため、1回の治療にかなり時間がかかることも事実です。この装置の導入は、従来の放射線治療装置と異なり、MRIという磁場を伴う装置であることから、オーセンティックな放射線治療装置に対する考え方を大きく変える必要があります。それは、単なる照射法だけでなく、測定法や磁場の中の治療のルーチンワーク、そして、磁性体持ち込みによる事故防止のための患者の入退室法等の運用法を確立することが重要です。」

「MRIdian」による治療は、自由診療で実施されていることもあり、現在症例数は9件、膀胱、肺、頭頸部、前立腺、肝臓の各症例で治療が行われ、7名の治療が終了しているという。

アダプティブ治療の有用性

リアルタイムに照射中画像を描出、マージン最小の放射線治療を実現

ある米国クリーブランドに派遣し、治療計画から実際の照射・変更を学んできてもらいました。今後、この装置を含めたアダプティブ治療の標準化を進めていくため、今年中にさらに2名、1チームを研修に送る計画です」

ではいても驚かされることばかりです。

MRIは0・35テスラと画像診断用のものに比べれば当然画質は違いますが、腫瘍の判別等、臨床上問題ないレベルの画質は十分担保されています。

なお、放射線治療室内に磁場が発生しているため、従来の放射線治療対策に加え、測定器を磁場に対応したものに交換するなど、磁場対策への配慮が新たに必要であることは留意すべき点でしょう。

また、治療前の臓器の位置確認や、照射野が部位を外れた際には自動で照射を停止するなど、より高精度な治療を行っているため、現在は、その分治療時間が長くなってしまっていることは否めません。

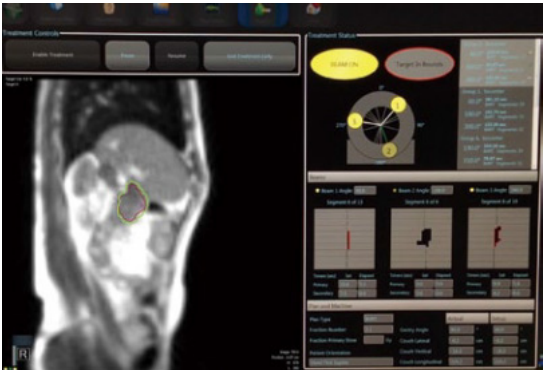
それゆえに、これからワークフローを確立して、効率良くアダプティブ治療を実施できるようにしていきたいですね」

治療計画等を担当する主任医学物理士の岡本裕之氏は、「MRIdian」についてつぎのように話す。

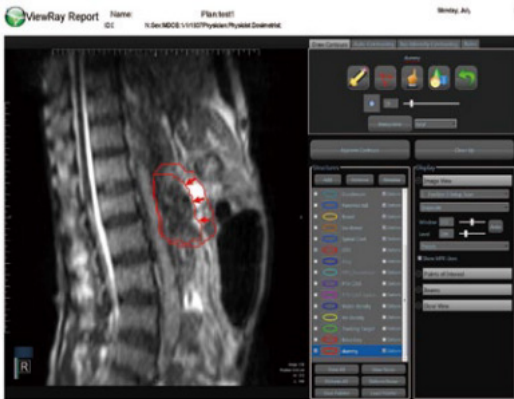
「従来の高精度放射線治療においては、腫瘍の動きを頭で想像しながらマージンを広めにとって照射をしていましたが、『MRIdian』では、まさに治療直前に実際にその時に照射しようとする線量分布が分かれますし、治療後のログを解析することで実際に照射した放射線の線量分布を計算することもできることから、より質の高い放射線治療を提供することができ

「MRIdian」による症例&治療計画修正状況

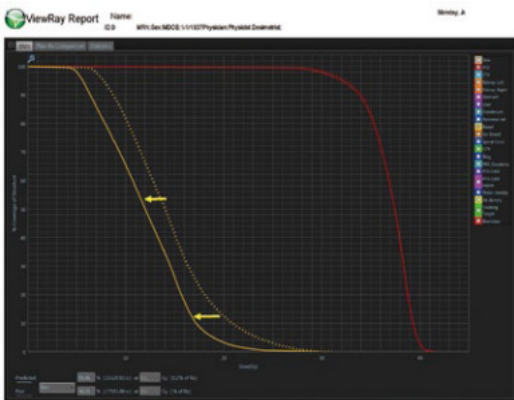
【膀胱の症例】



呼吸位相監視にて治療計画位置と腫瘍部位が一致している照射状態（上段）、リアルタイム画像収集による呼吸位相の不一致にて照射休止（下段）、許容値設定にて照射・休止を繰り返し、自動的に各線源・各門の照射を実施する。



MRIと一体型の治療装置であるから可能な、治療寝台上で毎回MRI画像を収集し、日々の腫瘍位置及び形状を把握して確認・微調整を行うアダプティブ治療は、腫瘍周辺のハイリクス臓器線量を極力抑制することが可能である。



「0.35テスラの超電導MRIは、患者への発熱等の影響や、画像の歪みが少なく、非常に考えられた選択」と話す主任医学物理士の岡本裕之氏

で約5・5Gy/minの線量を照射できる。MRIもしくはCT画像で治療計画を立て、照射前のMRI画像による予測線量計算や、照射後のMRI画像により照射線量計算ができるなど、従来の放射線治療装置にはない機能を多数搭載している装置である。同装置導入の経緯について、阿部氏はつぎのように話す。

「本来、放射線治療では、リアルタイムで患部を確認しながら、治療計画で設定したおりの放射線照射を行うアダプティブ治療が望むべき治療手法であると考えていました。しかし、従来の放射線治療装置では、照射状況をリアルタイムで視認することは困難でした。

このMRIと治療装置が合体した装置は、数年前に伊丹科長と共に海外からの情報を得て、どの程度、有用性が高いのかを長い間、確認・検証を重ねてきたのですが、ようやく今春、運用開始にこぎつきました。



照射業務に取り組む逆井氏。腫瘍を常に観察しながら照射できるので、複雑なケースにおいても治療への対応が可能で、確実な治療につなげることができる

少ないこともあって時間がかかっていますが、今後経験を積むことで、より効率的な治療計画の立案を行っていきけると考えています」

従来のリニアックとの違いについて、岡本氏はつぎのように話す。

「この『MRIdian』は照射野をモニターして腫瘍や臓器の動きを捉えることができます。照射野を的確に合わせるために治療時間こそかかりますが、腫瘍や臓器の動きを捉えることができるようになったことで、正常組織への照射を防ぐことができるようになった点は画期的ですし、我々の精神的負担を軽減してくれてもいます」

阿部氏は「MRIdian」によるアダプティブ治療の標準化を目指したいと今後の抱負をつぎのように語る。

「5名の患者を治療しましたが、そのうち8回照射が2名、5回照射が2名と、従来のリニアックと異なり、照射回数が短くできます。一方で、毎日MRIを撮影してその画像を確認し、元々決めてあるターゲットにずれがあった場合、都度微

変更するなどして薬機法の承認を得、導入できるようになった次第です」

「MRIdian」は現在、ワシントン大学やUCLAなどアメリカに4台、オランダに1台、韓国に1台、イタリアに1台、そして同センターの1台と世界で8台が稼働中だ。本邦初のMRIを搭載した放射線治療装置の導入とあって、設置の際には苦労が絶えなかったと阿部氏は話す。

「昨年8月から工事がスタートし、12月には装置設置も含め治療室の形はできあがりしましたが、いろいろ苦労もありました。0・35テスラとは言え、超電導型のMRI付きの放射線治療装置でしたので、従前の治療室には、かなりの手を加えなければなりませんでした。冷却のための機械室の設置、ヘリウムガスを抜くためのクエンチ管貫通や電波シールドの工事、既存の施設が磁場に与える影響の検査など、さまざまな問題点を1つひとつクリアしながらの作業でした。日本初の装置導入ゆえに、メーカーとの共同作業は楽しく刺激的でしたね。

なお、「MRIdian」の運用に関する研修に主任放射線技師と主任医学物理士の2名を約2週間、ViewRay社の研修施設が



「永久磁石や常電導ではなく、超電導型ゆえに磁場の均一性は良く、シネ画像の連続撮影も容易です」と話す主任診療放射線技師の逆井達也氏

調整を行って治療するため、1回の治療にかなり時間がかかることも事実です。

この装置の導入は、従来の放射線治療装置と異なり、MRIという磁場を伴う装置であることから、オーセンティックな放射線治療装置に対する考え方を大きく変える必要があります。それは、単なる照射法だけでなく、測定法や磁場の中の治療のルーチンワーク、そして、磁性体持ち込みによる事故防止のための患者の入退室法等の運用法を確立することが重要です。」

ぜひ当センターでアダプティブ治療のルーチンワークと、その安全性の確保の仕方を確立して、日本全国にアダプティブ治療を広めていきたいと考えています」

国立がん研究センター中央病院



住 所：東京都中央区築地5-1-1
病床数：578床

国立がん研究センターは、2015年に国立研究開発法人となり、日本のがん診療のリーディングホスピタルとして、優れた専門医療従事者の養成や、次世代がん医療に開発および研究に取り組んでいる。放射線治療部門ではBNCT（中性子捕捉療法）への取り組みが行われており、2018年度には治験に取り組んでいる。