



帯広厚生病院で2018年11月に稼働を開始したリニアック「TrueBeam（バリアン メディカル システムズ）。IMRTや定位照射といった高精度放射線治療に留まらず、高い汎用性と機能性を兼ね備えた装置として同院の放射線治療に貢献している。

2021
01
北海道

JA北海道厚生連
帯広厚生病院

COVER STORY

北海道・十勝の地域医療を支える基幹病院が 新病院移転を機に高性能リニアックを導入し 高精度放射線治療に適応した治療体制を構築

1945年の開設以来、道東・十勝地方の医療を支え続けてきていることで知られるJA北海道厚生連 帯広厚生病院。2018年の新築移転を機に、十勝管内唯一のがん診療連携拠点病院として、一層がん診療に取り組み始めた。同年、放射線治療のレベルアップを目指して、従前装置の更新を行い、高性能リニアックの導入を実施すると共に治療計画用ソフトウェアや同CTの刷新、動体追跡システムの導入等、極めて高度な放射線治療体制を構築。新装置導入の経緯と、本格稼働から2年を経た現況を、井上放射線科部長と医学物理士の菊地氏に聞いた。

JA北海道厚生連 帯広厚生病院 放射線科 新病院移転を機にIMRT実施可能な高機能リニアックを整備、 十勝地方の医療の要として高度な放射線治療を実施する

井上哲也氏に聞く

——帯広厚生病院の概要からお聞かせください。

当院は、終戦の年である1945年に開院して以降、十勝地方の基幹病院として地域における医療の要となるべく大きな責務を果たしてきました。医療圏は十勝地方ほぼ全域にわたり、その人口は約35万人、病院を中心に半径60kmの地域から患者さんが来院されています。病床数は651床、外来患者数は1日約1700名、入院患者数は1日600人を上回り、年間の救急患者数は1万人を超えます。2018年には新病院に移転し、その機能をさらに充実させています。

なお、医療圏こそ広いものの、私の専門である放射線治療を実施している医療機関は他に1施設しかありません。加えて、新病院移転時に強度変調放射線治療（IMRT）を実施できるリニアックに更新したことにより、当院が十勝地方の高精度な放射線治療のかかりの割合を担っている

——放射線科の体制及び診療の現況についてお聞かせください。

放射線科には医師が7名在籍していますが、その内5名が画像診断業務に携わっており、加えて、その内の1名は核医学部門も担当しています。放射線治療を担当する医師は私を含め2名ですが、年間の新規患者数は500名を優に超えています。治療の内容としては、新規更新したりリニアック1台で各種がんの根治的照射や疼痛緩和を目的とした照射を行っています。

治療件数は1日30〜40人程度で、年間の新規患者数は前述のとおり500人を上回ります。内訳は、肺がんが約150人、乳がんが約100人、前立腺がんが約70人で、これらで全体の6割強を占めています。この他にも脳腫瘍や、転移がんの緩和照射なども実施しており、幅広い領域で放射線治療を実施している点が、当院における放射線治療の特徴と言えます。

前述した2018年以前の旧施設での新規患者数は年間400人程度でしたが、新病院になって顕著に患者数が増えています。その要因としては、旧病院では実施できなかった前立腺がんに対するIMRTが

更新したりリニアックによって可能になった点が挙げられます。前立腺がんに対する治療は、以前は他施設に紹介していたのですが、リニアック更新の大きな成果と言えます。

——リニアック更新時、新装置に求めた要件をお聞きます。

リニアック更新においては、新装置がIMRTの実施が可能であることが絶対条件でした。それに加え、動体追跡システム「SynCrax FX4 version（シンクトラックス エフエックスフォー バージョン・島津製作所）」との連携が可能である点も、大

きな要件でした。私は、当院に赴任する以前は、北海道大学病院 放射線治療科で白土博樹教授の下、動体追跡照射に取り組んでいたのですが、同照射法がとて優れた治療法であることは十分認識していたことから、当院でもぜひ、この治療法を積極的に進めたいと考えたのです。

その結果、バリアン メディカル システムズ社（以下、バリアン社）の「TrueBeam（トゥルービーム）」の導入に至りました。なお、「TrueBeam」はスルーブットも良い上に、4MV、6MV、10MVの3エネルギーによるビーム照射が可能であることから幅広い放射線治療に対応でき、当院のように高精度照射だけでなく緩和照射など多様な放射線治療を実施する上で、非常に有用であると評価しました。加えて、同社の治療計画用ソフトウェア「Eclipse（エクリプス）」がとて扱いやすく、リニアックとの親和性が高いこともポイントになりましたね。

——スルーブットについては、具体的にど



井上哲也（いのうえ・てつや）氏
1977年北海道生まれ。2002年北海道大学医学部卒。同大学病院にて初期研修、2003年に帯広厚生病院放射線科、2007年より北海道大学病院放射線治療科。2010年北海道大学大学院医学研究科放射線医学分野博士課程修了。2011年より北海道大学病院放射線治療科助教、2018年帯広厚生病院放射線科医長、2019年より同院放射線科部長。日本医学放射線学会放射線治療専門医。

のような点が向上したのでしょう。「TrueBeam」には、旧装置にはない「Imager」が搭載されており、CBCTを撮影することができるので位置合わせを迅速に行えるようになったのは朗報です。IMRTも全例VMATで実施するため、最終セットアップも含めて、1人に1回10分からずに照射を実施することが可能になっています。

そのため、1日40件の照射を行っても、朝から治療を開始して午後4時頃には治療業務が終了しています。この点は、労働環境の改善という点でも、大変優れている特性だと感じています。なお、IMRTは1日10〜15人程度実施しています。

— 定位照射についてはいかがですか。

定位照射は1回当たりのMU値が大きいく、通常、治療に時間がかかるのですが、これも「TrueBeam」に更新したことによって、従来30分程度かかっていた治療時間が15分程度に短縮できています。「TrueBeam」ではFFFBーム(Flattening Filter Free beam)による照射も行えるため、高い線量率及び高い位置精度による照射が可能となり、治療時間の短縮と照射中の患者位置精度の向上を実現できています。なお、「SyncTrax FX4 version」では金マーカーを挿入するので、治療に時間がかかるものの、精度の高い動体追跡照射を実施できています。

特に肺がんの治療では、比較的動きの少ない上葉に対し、下葉の肺がんは腫瘍の位置が呼吸によって2cm程度動くことがあるので、金マーカーによる動体追跡が必須です。ただし、金マーカーを挿入することは

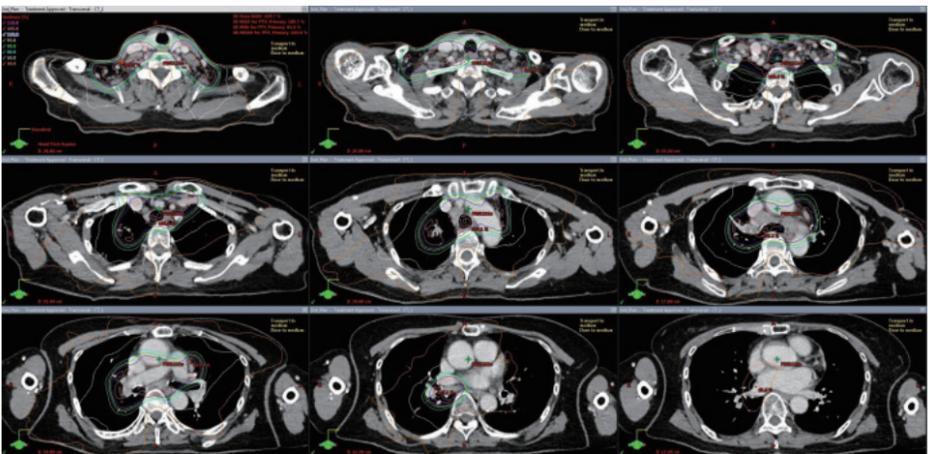
患者さんの負担になりますので、上葉の肺がんに対する治療等、呼吸による動きが少ない部位への照射は、「TrueBeam」に付属しているオプティカルイメージャ(ステレオカメラ+マーカーボックスによる呼吸同期システム)も利用して動体追跡照射を実施しています。最近では、80歳代や90歳代の高齢の患者さんも多く、侵襲性のある金マーカーを嫌がる患者さんもおられることから、侵襲性がなく、簡便に動体追跡を可能とするオプティカルイメージャは重宝しています。

このように、動きの大きな部位への定位照射は「SyncTrax FX4 version」を、動きの少ない部位への定位照射はオプティカルイメージャを、というように、使い分けが上手くてきている点は、当院の放射線治療の優れた特徴と言えるのではないのでしょうか。

早期肺がんや、さまざまな理由により、手術はできないけれども放射線治療の適用対象となる患者さんは大勢います。当院では呼吸器内科と連携しながら、このような患者さんに対する放射線治療を積極的に実施しています。肺がんに対する定位照射の件数は、私が赴任する以前は年間5人程度でしたが、現在は約20人に増えており、さらに推進させていきます。

この他、脳転移に対する定位照射は年間10〜15人程度、肝がんへの定位照射が年間1人いるかいないかといったところです。前述した

「TrueBeam」の線量分布



症例 1

原発性肺腺癌 cStageIIIB の症例。同院では3D-CRTとIMRTの hybrid で治療計画を行っている。上図はIMRTの線量分布図。両側鎖骨上窩及び対側縦隔リンパ節転移までしっかり含めて治療計画が出来る。正常肺のV20Gyは25%、V5Gyは49%と安全な範囲で治療計画を作成した。

処方線量：3D-CRT36Gy/18Fr + IMRT24Gy/12Fr の計 60Gy/30Fr
処方方法：3D-CRTは isocenter 処方、IMRTはPTV D95/100% 処方
照射方法：3D-CRTは前後対向2門照射、VMATは3arc

症例 2

乳癌、多発骨転移、多発脳転移の症例。腰仙椎～骨盤～両側大腿骨まで溶骨性転移が連続しており、3D-CRTでの加療は困難と判断し、IMRTにて治療計画を作成。外来で遠方在住であったため、8Gy/1Frで加療した。

処方線量：8Gy/1Fr
処方方法：PTV D95/100% 処方
照射方法：VMATにて3isocenter, 3arc



ように、旧病院ではIMRT実施のために当院の患者さんを他施設に紹介するなどしていましたが、「TrueBeam」が稼働し始めたことにより、粒子線を除くあらゆる外部照射を実施することが可能となりました。

— 治療計画用ソフトウェア「Eclipse」の評価をお聞かせください。

「Eclipse」はIMRTの治療計画作成の際の様々な処理と並行して、最適化の途中でもパラメータ等の調整が可能であるなど、治療計画作成の時間を短縮してくれるのが嬉しいですね。特に当院のシステムは、最新のバージョンが導入されていることもあって計算アルゴリズムが優秀である上、PCも高性能で計算処理が速いことから、治療計画用のCT撮影をしてから3営業日後には治療を開始できる体制を敷くことができています。大学病院などでは治療開始まで2週間待ちのケースもある中で、迅速に治療開始にこぎつけることができるのも当院の「アピールポイント」と言えるのではないのでしょうか。

— 実際の治療以外で、何か特徴はありますか。

前述したとおり、当院は医療圏が広く、片道60kmの道のりを、車を運転しながら来院される患者さんも少なくありません。このような遠隔地の患者さんや状態の良いない外来患者さんの緩和照射に関しては、診察・治療計画用のCT撮影・治療開始までの一連の診療を1回の通院で実施できるように工夫しています。そのためには、放射線治療医、医学物理士、診療放射線技師、看護師ら、医療スタッフの連携が欠

かせませんが、当院のスタッフはチームワークも良く、このような診療を可能にしています。これも、当院の放射線治療における1つの特徴と言えます。

— バリアン社のサービス体制等についてはいかがでしょうか。

リニアック等、機器やシステムに不具合があっても、札幌にある営業所から迅速に駆け付けて対応してもらっていますし、直近の半年間は故障もなく、安定した稼働を続けています。

私たちは、患者さんの命に関わる治療を実施しているので、バリアン社の機器・システム類の安定稼働やトラブルへの迅速な対応については、高く評価しています。

— 帯広厚生病院における放射線治療の今後の展望についてお聞かせください。

新病院移行からフルパワーで頑張ってきましたので、これ以上治療件数を増やすのは難しいかもしれませんが、北海道は何しろ地域が広いので、今後も啓蒙活動を通じて新規患者さんの掘り起こしをしていきたいですね。

治療自体については、患者さんの通院負担を考え、照射回数を減らす工夫に取り組んでいきたいです。例えば、当院ではすでに乳がんに対する寡分割照射を実施し、治療期間を3週間程度に抑えるようにしています。前立腺がんについても同様の取り組みをすることで、これまで2ヵ月弱必要だった通院期間を短縮できないか、検討していこうと考えています。また、定位照射の保険適用が拡大されてきており、転移性腫瘍の患者さんに対する治療についても、積極的に取り組んでいく予定です。



「TrueBeam」の照射室に設置された動体追跡システム「SyncTrax FX4 version (島津製作所)」。4式の12インチFPD(写真上)とX線管(写真下)を搭載することで、大視野と高精細画像での治療部位を把握できる。腫瘍近傍の金マーカーにより呼吸等の動きを追跡、最適なタイミングでの照射を実現する。バリアン社の治療計画ソフトウェアとのデータ連携も可能である。



「TrueBeam」に搭載されている6軸カウチ。より細かな動きが可能で、複雑な照射野を持つ腫瘍部位への照射ができる点を同院では高く評価している。



バリアン社のオプティカルイメージャ。SyncTraxと併用することで体動をモニタリングし、正確なゲーティング照射を支援し、低侵襲による動体追跡照射を実現している。



「TrueBeam」に搭載されているMLC(マルチリーフコリメータ)。同装置によって病変の形状にあった照射野を設定できるほか、装備する4MV、6MV、10MVの3エネルギーにより、さまざまなタイプの腫瘍に効率的で精度の高い放射線治療を実現している。

■JA北海道厚生連帯広厚生病院 医療技術部 放射線技術科
高精度な放射線治療を安全かつ迅速に実施可能な装置&システムが、業務負担を抑えつつ効率的に多様な放射線治療のニーズに対応する



菊地隆浩 (きくち・たかひろ)氏
1979年北海道生まれ。1998年私立函館ラサール高校卒。2002年国際医療福祉大学保健学部放射線情報科学科卒。同年よりJA北海道厚生連帯広厚生病院勤務、現在に至る。

「JA北海道厚生連帯広厚生病院 医療技術部 放射線技術科 放射線治療師/医学物理士 診療放射線技術師」

菊地隆浩氏に聞く

帯広厚生病院では、2009年に放射線技術科、臨床検査技術科、理学療法技術科、作業療法技術科、臨床工学技術科、の5科に言語聴覚士、視能訓練士を含めた7職種で構成されている医療技術部を組織。チーム医療の一員として医師を含む医療スタッフに、より適正な情報と技術を提供し、質の高い診療の実現に取り組んでいる。放射線技術科には、現在46名の診療放射線技師と7名の医療助手が在籍し、CTやMRI、PET、CT等

による各種検査や放射線治療に関する業務に当たっている。同科で診療放射線技師と医学物理士の資格を有し、放射線治療業務を担当している菊地隆浩氏は、放射線治療技術科における放射線治療業務の概要について、つぎのように話す。

録して放射線治療業務を行っています。ゴールデンビームデータも利用している理由は、広大な地域を移動する北海道ならではの地域性もあって、他院から放射線治療を引き継ぐケースもあり、そのような場合にも対応できるように2つのビームデータを登録しているのです」

放射線治療計画用ソフトウェア「Eclipse」同一メーカー製リニアックとの親和性と治療計画作成のし易さを高く評価

同院では、放射線治療計画用ソフトウェアとしてバリアン社製の「Eclipse」を使用している。「Eclipse」について、菊地氏はその性能を高く評価している。「バリアン社の「Eclipse」は、リニアックと



リニアック更新と同時に導入した治療計画用CT「SOMATOM Definition AS RT-Pro (SiemensHealthineers社)」。64スライス、ラージボアと放射線治療に必要なスペックを担保しながら診断領域でも活用でき、双方の患者さんに役立っている。

放射線治療部門には、医療技術部 放射線技術科から午前2名、午後3名の診療放射線技師が赴き業務に当たっています。医学物理士の資格も持つ私は固定しておりますが、他は「TrueBeam」を扱うことができる5名の診療放射線技師を中心に、ローテーションで診療放射線技師が配置されています。

以前は、私もローテーション要員だったのですが、従来のリニアックと比べ、「TrueBeam」のように高性能な装置には、それらの機器・システムを熟知した専門家を担当として配置しなければ、十分に性能を発揮、かつ安全に治療を行うことができません。そこで、新病院に移行してからは、私は放射線治療部門の専従となっております。

私の業務内容としては、医療現場での治療業務の他、リニアックや放射線治療に関する機器・システムの管理・運用に加え、複雑なIMRT等の治療計画作成を担当しています。

前立腺がんのIMRTに関しては、放射線治療医が治療計画作成まで担当しますが、治療計画が複雑になる症例については、放射線治療医がコンツリーングしたデータを使い、治療計画を作成しています。

診療放射線技師と医学物理士の兼業は多忙ではありますが、放射線治療部門のスタッフは、医師、診療放射線技師と同じメーカーの製品故に親和性が高く、線量分布等の計算も速いので、効率よく治療計画を策定することができています。「Eclipse」の性能が非常に高いので、当院では作成した治療計画を中2日で検証して治療を開始することが可能です。放射線治療では、入念に治療計画を作成することも重要ですが、その治療計画を如何にリニアックで再現させるかも重要となります。そして、まさに治療計画と実際の照射を高精度に患者さんに提供することが医学物理士の仕事です。その観点からも、「TrueBeam」と「Eclipse」のコラボレーションには、私自身たいへん満足しています」

SynCrax & TrueBeam 動体追跡システムを活用し、定位照射への積極利用を推進

今後の「TrueBeam」等、放射線治療装置およびシステムの活用について、菊地氏はつぎのように話す。「運用して2年、まだ「TrueBeam」の性能を十分に引き出せていないのでは、と感じることもあります。例えば、動体追跡システムの「SynCrax FX4 version」は、全国でまだ17施設程度でしか運用されておらず、ガイドライン的なものがないため、性能評価をどうすればよいのか、放射線治療医が求める精度を医学物理士がどのように管理すべきか、暗中模索している状況です。

「TrueBeam」の運用についても、病院間の競争が少ない代わりに周辺の放射線治療を行う医療機関から有益な情報を得に

はじめ、皆が良好な関係を築いていることにより意思疎通が図りやすく、効率的かつ迅速な治療を可能としています」

高性能リニアック「TrueBeam」広い照射野と汎用性を兼ね備え、高い操作性と業務の効率化を実現

同院では、前出のとおりバリアン社製のリニアック「TrueBeam」を有し、1日約30〜40件の外部照射を実施している。「TrueBeam」の評価について、菊地氏はつぎのように話す。

「当院では、メインとなる肺がん・乳がん・前立腺がん以外、多様ながん患者さんが放射線治療を受けに当院を受診されますので、高精度放射線治療に加え、それらに対応できる広い照射野と汎用性を持つ必要があります。「TrueBeam」は、この双方を兼ね備えたりリニアックであり、高く評価しています。

照射業務はセッティングを含め迅速に行え、IMRTを含めても1時間で7〜9名程度の治療を終えられる高いスルー



放射線治療計画用ソフトウェア「Eclipse」を操作する菊地氏。同一メーカー製の治療計画システムを採用し、高速の演算速度やソフトウェアとリニアックの親和性を活用した放射線治療を実施している。



「TrueBeam」の調整を行う菊地氏。MPC機能など、診療放射線技師と医学物理士を兼務する同氏の業務負担を軽減する、さまざまな精度管理機能を多数搭載している。

くいとという北海道ならではの悩みもあります。ただ、そのような場合は、バリアン社のヘルプデスクや、道内の放射線治療に携わる医療スタッフや放射線治療関連メーカー担当者が参加する「カタル部屋 北海道放射線治療 (https://katarubeya

ットがたいへん役立っています。当院で実施している1日30〜40人に対する照射は午後4時頃には終了でき、その後の検証作業を含めても午後5時には業務が完了します。放射線治療を担当する診療放射線技師の残業はほとんどなく、働き方改革の面でも大きく貢献していますね。

また、操作性に関しても「TrueBeam」は、担当者が直感的に操作法を理解し、扱うことができることで大いに助かっています。機械トラブル等が起こった際も、どの箇所でトラブルが発生しているのかを表示してくれるので、対処しやすく、安定稼働に貢献しています。

精度管理については、MPC(マシンパフォーマンスチェック)機能が大変有用であり、毎朝実施する品質管理をMPCを活用することで簡便に実施できています。なお、当院ではAAPM(米国医学物理学会)TG142など各種ガイドラインに則った精度管理を実施しています。が、「TrueBeam」の装置自体、スペックアウトすることがほぼなく、計測して安全であることを確認する程度で済んでいるのは高く評価できることです。当院には専従の医学物理士がいないので、業務負担を抑えながら高品質な治療を継続できる信頼性は何よりですね。IMRTの検証業務についても、誤差2mm/2%以内とキツめの精度で実施していますが、その数字を超えたことはありません。

また、当院独自の運用法として、ビームデータについては、バリアン社が提供するゴールデンビームデータと、当院が独自に実測したビームデータの両方を登録して情報を見直し、臨床に役立てています。

今年の夏頃から取り組んでいるのが、マルチアイソセンターによるVMATです。例えば、全骨盤+大腿骨に照射する際、腸などの正常組織への照射を避けるため、アイソセンターを3カ所作ることで、照射を可能とし、広い範囲のVMATを開始しました。今後は、多発脳転移に対するVMATなども検討しています。バリアン社には「HyperArc」という転移性脳腫瘍に対する定位照射を可能にするソリューションがありますが、当院では脳転移の患者さんがそれほど多くはないので導入し辛いですが、定位照射の保険適用が拡大されてきており、医学物理士としても積極的に取り組んでいきたいと考えています」

JA北海道厚生連 帯広厚生病院



帯広厚生病院は2018年11月、現在地に新築移転を果たした。敷地面積は7万2562㎡、建物は病院・診療棟(10階建)、外来棟(3階建)、エネルギー棟の3棟からなり、延床面積は6万3500㎡を有する。病棟・診療棟の1階に救急救命センター、3階に手術室、4階に総合周産期センター、9階に緩和ケア病棟を配置。病床数651床の内、個室は335床を数え、個室率は旧病院の14%から51%に引き上げられている。新築移転の総事業は、約275億円でそのうち約50億円を医療機器整備に充てられた。

同院は救命救急センター・総合周産期母子医療センターを有するほかに、数少ない「精神科病床を有する総合病院」でもある。新病院となってからも、地域住民に「信頼され選ばれる病院」を目指すとしている。

病院長：菊池英明
所在地：北海道帯広市西14条南10丁目1番地
病床数：651床