



2019年12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）」。

2020



横浜市立大学附属病院

Cover Story

定番ブランドのフラッグシップ治療装置が 大学病院の高度な放射線治療に求められる 効率化、安定稼働、高精度照射を実現する

1991年に開設され、以来30年間、高度な医療を提供し続けてきていることで知られる横浜市立大学附属病院。2020年には地域がん診療連携拠点病院（高度型）に指定されるなど、がん診療に対する評価は特に高い。放射線治療にも積極的に取り組んできているが、2019年12月、同部門では定評あるバリアン社の旗艦装置を導入。加えて、治療計画用ソフト、計画用CTの刷新、動体自動追尾システムの導入等、治療体制は極めて堅固となった。新しい治療装置導入の経緯、本格稼働から半年を経た現在の評価等を、主任教授の幡多氏らに聞いてみた。

Interview

横浜市立大学大学院医学研究科
放射線治療学 主任教授
横浜市立大学附属病院 放射線科部長

幡多政治 氏に聞く

——横浜市立大学附属病院と横浜市立大学附属市民総合医療センターの位置づけからお聞かせください。

国公立大学の附属病院は、基本1大学1施設なのですが、本学では2施設、当院と、横浜市南区にある横浜市立大学附属市民総合医療センターを有しています。以前は、今の市民総合医療センターの場所に附属病院がありましたが、1991年に現在の地に移転して以来、2施設で大学附属病院を構成しています。

2施設のの違いとしては、当院には医学部が併設されていることから、教育・研究等、人材の育成に関しては当院がメインとなります。一方、市民総合医療センターは、診療のウェイトが高くなっており、当院よりも病床数が多く、高度救命救急センターも設置されています。

もちろん、2施設とも本学の附属病院なので、学生が市民総合医療センターで実習を行うなど、人的な交流も盛んです。——放射線治療の概要についてお聞かせください。

前述の両施設とも放射線治療を実施しています。当院は年間約700人、市民総合医療センターは約500人の新規患者を治療しており、両施設を合わせるとかなりの診療実績となっています。

当院には私を含めて9名の放射線治療

医がおり、さまざまな放射線治療に取り組んでいます。特徴的な放射線治療としては、前立腺がんに対するヨウ素（I-125）シード線源を用いた密封小線源永久挿入療法が挙げられます。小線源治療については、子宮頸がんなどの婦人科領域の治療も多く実施しています。

放射線治療の対象疾患の内訳は、他の放射線治療施設とは若干異なります。

最も多いのは前立腺がんですが、泌尿器科領域の患者さんが全体の3割近くを占め、次いで頭頸部領域のがんである耳鼻科や口腔外科の患者さんが2割を占めており、この2領域で約半数に達します。また、小線源治療が可能であることから、子宮頸がんをはじめ婦人科領域の患者さんがおよそ2割を占めるなど、特定の領域疾患が多い傾向にあります。これらは、先述したヨウ素シード線源治療など、限られた施設でしかできない治療を実施している証左でしょう。

また、各診療科が、がん治療に対し、多様な選択肢を持っていることも、放射線治療の患者数に影響を与えています。例えば、口腔外科は、がん栄養を送りこんでいる動脈にカテーテルを入れて直接抗癌剤を注入し、同時に放射線を照射する超選択的動注化学放射線療法を積極的に実施しており、当院で放射線治療を受ける口腔外科の患者さんが多くなっています。

さらに、全国的に誇れる特徴の1つとしては、希少がんの症例が多い点も挙げられます。特に皮膚科や眼科領域の腫瘍に対する治療が多く、絶対数こそ多くは

ないものの、全国的にかなりの割合の治療件数を実施し、良好な成績をあげています。

——放射線治療装置を「TrueBeam（バリアン メディカル システムズ、以下バリアン社）」に更新したと伺いました。

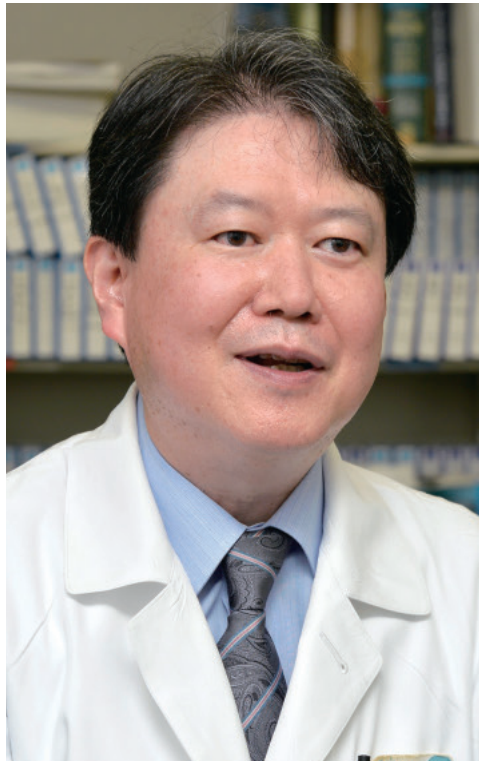
当院はリニアックを2台有していましたが、1台は14年以上も稼働し続けた装置で老朽化が著しく、加えて、それに付随する治療計画システムや、治療計画用CTも旧型になっていたことから、それらも含めて昨年度に更新することになりました。

更新に際しては、多くのメーカーと製品を検討しましたが、装置の要件としては、より多くの患者さんに、正確に、短い時間で高度な放射線治療を提供するというのに尽きました。具体的には強度変調放射線治療（IMRT）を実施可能で、かつスループットの良い装置を希望しました。また、リニアックそのものだけで

なく、それらに付随する機器やシステムにも拘りました。特に当院では大学病院の性質上合併症を持つ患者さんが多く、このような患者さんに対して放射線治療による副作用を極力抑える必要があります。そこで、照射野を狭め、正常組織の被ばく線量を減らすことが可能な動体追跡機能を有する島津製作所製の動体追跡システム「SyneTraX FX4 version」と連動可能な「TrueBeam」が候補に挙がりました。

なお、「TrueBeam」には、転移性脳腫瘍に対する定位放射線治療／定位手術的照射（SRT／SRS）が効率的に実施可能な機能「HyperArc」が搭載されていること、加えてバリアン社製のシステムを開院当初より使用していて、治療計画システム「Eclipse」の操作性の良さや、補完性の高さなどから、同装置を導入することに決めました。

——「TrueBeam」稼働後の具体的活用



幡多政治（はた・まさはる）氏

1993年横浜市立大学医学部卒。同大学医学部附属病院、筑波大学陽子線医学利用センターを経て、2007年横浜市立大学大学院医学研究科放射線治療学 准教授、2014年横浜市立大学大学院医学研究科がん総合医科学・放射線腫瘍学 教授、2018年より横浜市立大学大学院医学研究科放射線治療学 主任教授。

についてお聞かせください。

現在は、前立腺がんの他、頭頸部がんに対するIMRT/VMATに使用しています。

なお、当院には、もう1台のリニアック、同じバリアン社製の「CLINAC iX」がありますが、基本、VMATが必要な患者さんは「TrueBeam」で、VMATが不要な患者さんは「CLINAC iX」で放射線治療を行っています。

また、従来のコンベンショナルな照射では「CLINAC iX」を多用していますが、部屋の遮蔽能力から同装置は6MVのX線のビーム出力が少なく、それに対して「TrueBeam」は15MVの高出力を持っており、深部臓器へのコンベンショナルな照射も可能なことから、汎用機としての役割も「TrueBeam」は担え、このような点についても高く評価しています。

——高精度放射線治療を含め、新装置への期待をお聞かせください。

当院は先述のとおり、泌尿器科領域と頭頸部領域の患者さんが多いので、IMRTが可能な患者さんに対しては、積極的に「TrueBeam」を活用していきます。また、最近のがん治療では、治療戦略に変化が起こっているのので、「TrueBeam」に搭載された新機能ができる限り早期に臨床の現場で活用したいと考えています。

例えば、遠隔転移のあるがん患者さんに対しては、従来はほとんどが緩和的治療のみ実施していました。しかし、最近の治療装置の進歩により、条件が良ければ長期生存を目指した積極的な治療も安全に行えるようになっており、そのため

の新機能には大いに期待しているところですが。

なお、転移性脳腫瘍の治療で、当院が期待しているのが「HyperArc」です。同技術により、複数の転移性脳腫瘍も、1度のビームオンで治療することが可能になります。同様に、肺転移、肝転移などでは「SyncTraX」による動体追跡システムを活用し、高い精度での体幹部定位放射線治療（SBRT）が可能となるでしょう。

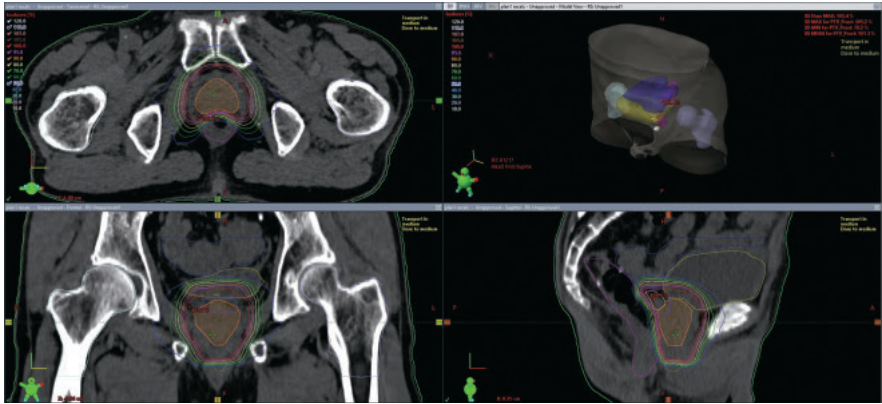
この2つの治療については、まだ開始できていませんが、機械的な調整は進んでおり、近日中にスタートする予定です。

——今後の放射線治療部全体の展望をお聞かせください。

これから益々がん患者が増加していくと予想される中で、高齢化が進むことにより、高齢や重い合併症のために体に負担の少ない放射線治療が求められることでしょう。そのため、高い治療効果を保ちながらも副作用を軽減する高度な治療を実践して参りたいと思います。例えば、増加の一途をたどっている高齢者に多い前立腺がんで、再発リスクの高い患者さんには、IMRTと小線源治療の双方の利点を生かしながら、従来よりも線量を増加した併用療法を積極的に行的っており、良好な成績が得られつつあります。

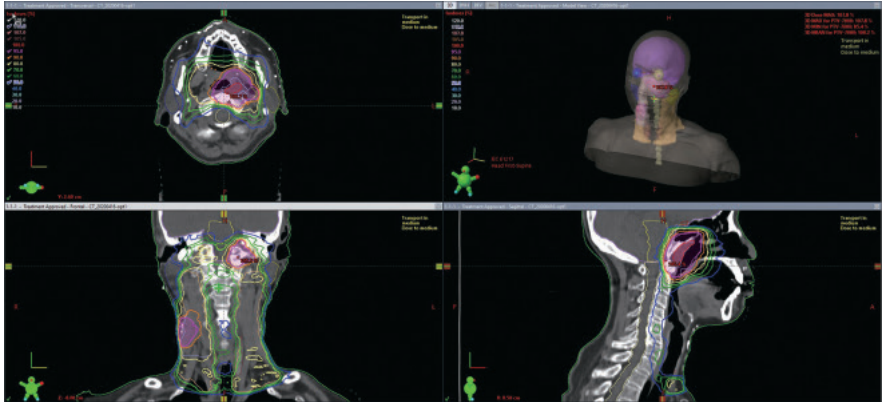
時代と共にがんの治療法は変化してきており、それは放射線治療分野でも同様ですが、当院では、優れたリニアックである「TrueBeam」を生かして、新しい時代に適応した、かつ、精度の高い治療技術を確立していきたいと考えています。

「TrueBeam」によるVMAT照射の症例



症例①：前立腺がんのハイリスク症例。前立腺近傍の直腸や膀胱への照射線量・体積を抑えつつ、前立腺全体に良好な線量分布が形成されている。

処方線量：76Gy/38Fr
処方方法：PTV D95/100% 処方
照射方法：VMAT-2arc



症例②：上咽頭がんの症例。全頸部照射でも、耳下腺や中枢神経などの被ばく線量を極力低下させ、機能を温存することが可能。

処方線量：PTV high：70Gy/33Fr
PTV int：59.4Gy/33Fr
PTV low：54Gy/33Fr
処方方法：PTV D95/95% 処方
照射方法：SIB-VMAT-2arc

■横浜市立大学附属病院

高度にシステム化された放射線治療装置システムを導入し、大学病院に相応しい高度な放射線治療を安全に実施する

Interview

横浜市立大学附属病院
放射線部 診療放射線技師
野村和人氏に聞く



野村和人 (のむら・かずと)氏

「今回の更新で、先進的な放射線治療を安全かつ効率的に実施することが可能になりました」と話す放射線部 診療放射線技師の野村和人氏。

放射線治療における診療放射線技師の陣容について、長年放射線部で放射線治療に携わっている診療放射線技師の野村和人氏は話す。

「当院の放射線治療には6名の診療放射線技師が専従で担当しています。

放射線部では、新人や若手のスタッフについては、各部署をローテーションさせて経験を積ませる一方で、業務を数年経験し、ある程度、各種モダリティを経験した上で放射線治療室に戻ってきた診療放射線技師については、その後数年間は放射線治療に関する業務に専念してもらい、専門性を高めるようにしています」

放射線治療部門には、リニアック2台の他、小線源治療装置が稼働しており、同院における放射線治療の特徴の1つとなっている。特に小線源治療では、遠隔



「TrueBeam」導入に合わせて動体自動追跡システム「SyncTraX FX4 version（島津製作所）」を導入。リニアック周辺に設置された4式のFPD（写真上側）とX線管（赤矢印）で構成。大視野と高精細な画像により治療部位を把握。治療装置のガントリヘッドを避けるFPDとX線管の組み合わせを装置側で自動選択し、透視・撮影が可能となっている。

「TrueBeam」に搭載されている6軸カウチ。従来型の4軸カウチと比べ、より細かな動きが可能で、骨盤部への照射等に威力を発揮しているという。



操作式後充填法（Remote After Loading System：RALS）を用いた子宮頸がんに対する治療や、密封小線源刺入支援用ソフトウェア「VarisSeed（バリアン社製）」を用いた前立腺がんに対するヨウ素（I-125）シード線源による密封小線源永久挿入療法を実施。合計1000例以上の高い治療実績を誇っている。

リニアック「TrueBeam」
独自の精度管理機能を活用して
効率良く放射線治療業務を実施

2019年12月に稼働を開始したリニアック「TrueBeam」の導入について、野村氏はつぎのように話す。

「今回、更新されたリニアックは老朽化が顕著で、強度変調放射線治療は前立腺以外に対応できていませんでした。VMATをはじめ定位放射線治療、呼吸同期治療に関しては全く対応不可能でした。また、放射線治療に関するデータも、治療計画のDICOMデータをリニアック及び治療RISに直接転送することができないことから、データの入力ミスなどヒューマンエラーが発生するなど、医療安全上も大きな問題を抱えていました。

これからの放射線治療は、高度かつ精度の高い照射が求められているのは周知のとおりですが、そのためには、治療計画立案用のCTや治療計画システム、リニアック等がオンラインで結ばれた、よ

りシステマチックに放射線治療を実施するための環境を整備することが重要です。放射線治療を実際に担当する診療放射線技師の立場からは、まず安全第一で、正確な治療を行えるシステムの構築を求めました」

動を抑制できるため、業務の安全化に大きく貢献していると感じています。

放射線治療医や医学物理士の先生方が作成・承認した放射線治療に関するデータをオンラインで転送することも可能になり、入力ミス等のヒューマンエラーが起こりえない環境を実現できたことは、以前とは大きく異なる点と言えます」

「TrueBeam」の操作性について、野村氏はつぎのように話す。

「セットアップに関する業務等、1つひとつの業務のスピードは大幅に上がりましたが、従来の装置ではできなかった治療精度を高めるための各種業務が増えたことで、全体の作業時間としては大きな短縮化はできておらず、スループットが向上したとは言えないかもしれません。

しかし、以前は起きていた操作者の確認不足による寝台と装置の接触などの危険事例など、「TrueBeam」自体のアラーム機能とそれを解除するパスワード入力という操作手順によって無自覚な危険行



「TrueBeam」を操作する野村和人氏。操作卓はシンプルな設計で操作性が高く、若い診療放射線技師でも短期間で操作法を習得できるという。

「1991年の開院当時からバリアン社製の放射線治療装置を使用しています

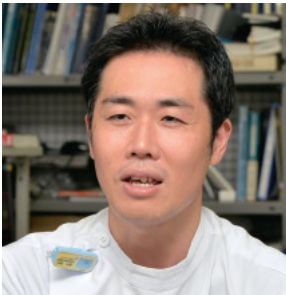
が、装置に対する保守業務や、装置のトラブルに対しての反応は迅速で、サービスに対する安心感は大きいですね。今回の更新でも、機器・システム類に大きなトラブルはなく、安心して装置類を運用できています」

「TrueBeam」の稼働開始から半年以上経ったが、野村氏は、高度放射線治療に関する業務のシステム化が軌道に乗ってきたと評価している。

「放射線治療に関する業務のシステム化・オンライン化が実現され、治療の質の向上や業務の効率化が達成できて満足しています。IGRTなど先進的な技術に対しては、若い診療放射線技師の関心も高いので、新しく入った機能を活用して、より精度の高い放射線治療を実施していきたいと考えています」

■横浜市立大学附属病院
日々の精度管理はマシンパフォーマンスチェック機能を活用、操作性、安定性共に高く、さらなる高精度治療に挑む

横浜市立大学附属病院
放射線部 医学物理士
瀧下啓介氏に聞く



瀧下啓介（たきた・けいすけ）氏
「新しく導入した『HyperArc』や動体自動追跡システム等を活用し、高度で精度の高い放射線治療の実施に取り組むたい」と話す放射線部で医学物理士を担当する瀧下啓介氏。

放射線治療計画の立案業務は、主に放射線治療医が実施しているが、より精度の高い照射が求められる複雑な症例について、瀧下氏が治療計画を立てているという。

高性能リニアック「TrueBeam」
マシンパフォーマンスチェック機能で安全かつ安心できる精度管理を実現

同院では、前出のとおりバリアン社製のリニアックを2台、「TrueBeam」と「CLINAC iX」を有し、1日約70件の外部照射を実施している。2019年に導入された「TrueBeam」の精度管理について、瀧下氏はつぎのように話す。

「高精度な装置だからと言っても、メンテナンスを怠るなど適切な管理を実施しないと、当然精度は落ちてしまいます。

「TrueBeam」は高性能である上にQA・QC業務でもチェックすべき項目が多く、時間が掛かります。しかし、日々の精度管理に関しては、「TrueBeam」にはバリアン社独自のMPC（マシンパフォーマンスチェック）機能が装備されていることから、かなり容易化されています。

大学病院としては、MPCを精度管理に置き換えることはできませんが、MPC機能を用いたチェックの結果は、AAPM（米国医学物理学会）TG142に則った病院独自の精度管理を実施する上でのたいへん参考になりますし、日々の業

務を遂行する上で安心感を与えてくれます。おかげで、私も自信をもって、精度の高い放射線治療を提供できていると言えます」

放射線治療計画用ソフトウェア「Eclipse」
Windows ベースによる高操作性と
完全な治療計画の立て易さを評価

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、瀧下氏はその操作性を高く評価している。「バリアン社の「Eclipse」は、リニアック



リニアック更新に際しては、放射線治療計画用のCTも更新。AAPM（米国医学物理学会）TG66基準をクリアしており、精度の高い放射線治療実現に貢献している。

「バリアン社の装置は故障頻度が少なく、精度の安定性も高いので、安全かつ質の高い放射線治療を提供することができています。メーカーのサポート体制も充実しており、何かあっても対応が迅速です。リモートメンテナンスにより、装置やシステムの不具合がある程度予測してから保守・点検・修理作業に当たってくれるので、万一の事態でも装置のダウンタイムが少なく、「TrueBeam」が運用を開始してからは、放射線治療が実施できなくなるような事態は1度も起きていません。バリアン社の製品を選んで、本当によかったと思っています」

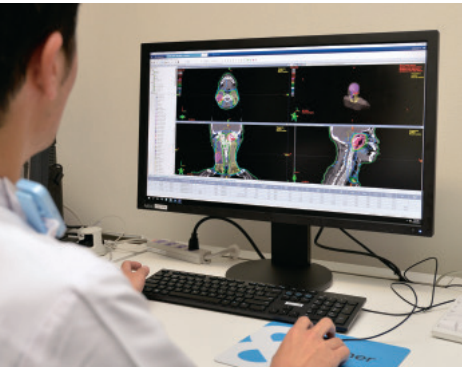
横浜市立大学附属病院



1871（明治4）年に早矢仕有的（はやし・ゆうてき）氏が日本で2番目の洋式病院を開院した仮設の市民病院を嚆矢とする横浜市立大学附属病院。横浜共立病院、県立十全病院、市立十全病院等を経て、発展を続けてきた。医学部は、1944年横浜市立医学専門学校として設立され、横浜医科大学時代を経て、1952年に現在の医学部になり、以来70年近い歴史を重ねてきた。現在の福浦キャンパスは、1987年に医学部が、1991年に現在の附属病院が完成し、最新の教育・研究・診療設備を備えた魅力ある勉学と臨床研修の場として、また高度先進医療の拠点として、さらなる発展を続けている。

所在地：神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目9番地
病床数：674床（一般病床：632床、精神病床：26床、結核病床：16床）
病院長：後藤隆久

HyperArc」&「SyncTrax」
動体自動追跡システムと定位照射でより高度な放射線治療の実現を目指す



放射線治療計画用ソフトウェア「Eclipse」を操作する瀧下啓介氏。Windowsベースの同ソフトウェアは直感的に操作でき、扱いやすいと瀧下氏は評価する。

IPの製品が販売されています。しかし、胸部や腹部などの体表面で呼吸同期を行うシステムは、体表面と体幹内部の動きが異なるケースもあるなど、治療時に腫瘍の動きと同じ相関がとれているかと言えば、100%ではありません。

それに比べ、金マーカーを腫瘍近傍に留置して呼吸等の動きを追跡・把握して照射する「SyncTrax」であれば、従来の呼吸同期より高精度に治療ができると期待しているところです。

このシステムは、「TrueBeam」との連携が可能で、治療に関する情報連携だけでなく、VMATと組み合わせることで、治療時間の短縮にもつながれます。

「TrueBeam」には、定位手術的照射を効率的に実施する機能「HyperArc」も実装されており、「SyncTrax」と共に、現在調整中ですが、前立腺、頭頸部、肺腫瘍のVMAT等、検証結果は良好で確実に治療ができていますので、今後の臨床への活用を期待しています」