



2025年8月に産業医科大学病院に導入されたエレクタ製リニアック「Elekta Harmony」。高精度な放射線治療が可能だけでなく、担当者の業務負担やワークフローの効率化に貢献できる機能を多数搭載している。

OVER STORY 2025 福岡県

産業医科大学病院

北九州唯一の特定機能病院の大学病院では、同一メーカー製リニアック 3 台体制を構築して IMRT、定位照射等の高精度放射線治療を推進中

北九州市の産業医科大学病院は、「働く人を守る」ことを目指して、質の高い医療と教育を提供してきたことで広く知られる。2023年には急性期診療棟を建設し、手術室をハイブリッド手術室含む17室にするなど、現在、急性期医療の充実化に努めている。放射線治療分野では、「働きながら治療」推進のため、2019年にリニアックセンターとなる南別館を建設して高性能リニアックを導入。さらに本年、同一メーカー製装置を2台追加導入し、高性能リニアック3台という強固な体制を構築している。同院の診療の現況と、新放射線治療装置への期待等について、病院ならびに放射線治療科のトップの方々に聞いた。

産業医科大学病院
放射線治療科 診療教授／診療科長
大栗 隆行氏に聞く

――放射線治療科の概要と現況からお聞かせください。

2015年にがん診療連携拠点病院としての体制をより強化するため、放射線科から放射線治療科が独立、新設されています。2019年にはリニアックセンターとなる南別館が竣工し、同館へ放射線治療関連施設が移設されました。放射線治療医は6名、診療放射線技師が11名所属していますが、この内、医学物理士の資格を有する者が2名、品質管理士が1名、放射線治療専門放射線技師が2名含まれます。この他に放射線治療科に所属する看護師が3名、受付事務員が2名おり、充実した陣容となっています。患者数は実人数で年間800名、照射件数は1000件を超えており、増加傾向にあります。

なお、当院ではリニアックによる放射線治療だけでなく、小線源治療やハイパーサーミア（温熱療法）による治療も行っています。特にハイパーサーミアは開学以来取り組んできており、年間100名程度の患者さんを治療しています。最近では高精度な放射線治療と組み合わせ、より良い治療成績を出そうと取り組んでいます。これは当院の放射線治療科の特色と言えるでしょう。小線源治療も、子宮頸がんへの治療を中心に、画像誘導小線源治療やハイブリッド照射など先進的な取り組みも行っています。

――南別館完成の際にエレクタ製リニアック

ク「Versa HD」を導入されました。

2019年以前からリニアックは2台ありましたが、いずれの装置も高精度放射線治療を効率的かつ精度良く行うには不向きな装置であったため、2019年の南別館開館と同時に1台を増設することにし、エレクタ製リニアック「Versa HD」を導入しました。「Versa HD」導入以前は、IMRTの実施件数は年間100件以下でしたが、同リニアック導入以後、件数は増え、現在はIMRTを年間400件実施するほどまでになっています。定位照射も2018年までは年間1桁の件数だったものが、今年度は既に200件を超えるまでに件数が増えています。

「Versa HD」による治療を5年間行ってきましたが、想像以上に精度が良いことに驚かされました。「Versa HD」のマルチリーフコリメータ「Agility」と放射線治療計画システム「Monaco」を組み合わせることで、精度の高い放射線治療が実現できています。エレクタ製のマルチリーフコリメータ「Agility」は5mm幅のリーフですが、直交するダイアフラムによって照射範囲を細かくセグメントできる「バーチャル1mmリーフ」が、細やかかつ高精度な放射線治療を可能としています。リニアックにおいて一番大事な性能は、このマルチリーフの精度だと思っています。また、リーフの動く速度が速く、線量漏れが少ないのも良いですね。速さは1秒間に6.5cm、ダイアフラムは1秒間に9cm動きますし、漏洩線量は0.5%未満と非常に優れた性能を持っています。

また、放射線治療計画システム「Monaco」

は、同じメーカー製ということから当然装置と相性が良く、照射の角度やリーフの位置、MU値などを短い時間で細かく設定でき、より短時間での照射を可能にしています。特に脳転移腫瘍への照射は、従来の定位照射の専用機などでは1時間超えのケースもありましたが、「Versa HD」によるVMATでは5〜10個の脳転移腫瘍に対する照射を5分程度で終えるなど、スループットが非常に良くなっています。前立腺がんに対するIMRTは、1回照射が70秒台、それを20回で治療しており、患者さんの負担も従来から大幅に低減できました。また、乳腺に対する寡分割照射も、従来は5週間かけていたものが、現在は3週間程度、16回照射で実施しています。

放射線治療計画システム「Monaco」は、多様なコスト関数が用意されており、それを使いこなすことで患者さんや腫瘍の状況に応じた放射線治療が可能です。例えば、悪性度の高い腫瘍に対しては、照射する中心部の線量を上げるなどの腫瘍内高線量照射を行うと、再発率が減少する成果も

あり、そのような観点からも、「Versa HD」は有用な装置であると感じています。――2025年に「Versa HD」や「Elekta Harmony」を追加導入しますか。

南別館は、設計時から放射線治療室を3室用意しました。2台2部屋の場合、1台が更新などで数カ月使用できないと運営に支障を来しますし、今後の治療件数の増加にも対応できないと考えたからです。既に2台のリニアックでの稼働件数は限界に近かったこともあり、新たに「Versa HD」と「Elekta Harmony（以下、Harmony）」を導入しました。

「Harmony」は診療放射線技師の使い勝手が考慮されたさまざまな機能が搭載されているなど、スループットに特に優れた性能を有しています。また、患者さんの載せ替え時に寝台の位置をかなり下げることができることや、患者さんの照合機能など、安全面にも配慮した機能が実装されているのは評価できることです。加えて、「Versa HD」と同じビームマッチングができるので、万が一リニアックが故障等で動か



大栗 隆行（おおぐり・たかゆき）氏

1997年産業医科大学医学部卒。産業医科大学病院放射線科入局、新日鉄八幡記念病院放射線科、産業医科大学大学院 第一病理学を経て、2016年オランダ エラスムス大学 放射線腫瘍学 ハイパーサーミア部門留学。同年より産業医科大学病院 放射線治療科 准教授、2019年同科 診療教授／診療科長、現在に至る。

なくなっても、「Harmony」で代替可能であることも安心感を抱かせてくれます。

――2種類のリニアックを、どのように使
い分けて運用されていますか。

スループットが良い「Harmony」は3D照射や照射野が小さめのIMRTなどに活用しており、「Versa HD」は、高い治療精度が要求される腫瘍に対しての治療を中心に使用していきたいと考えています。

なお、エレクタ製リニアックが持つ治療精度の性能であれば、3mmの距離で10Gy、6mmで20Gyの線量勾配を作ることも可能です。現在、特に取り組んでいるのが膀胱への放射線治療です。周囲にある十二指腸や胃など、放射線に弱い臓器を避けて術前照射すれば、膀胱にに対する手術の難易度が下がり、外科の医師にも喜ばれますので、なんとか実現しようと計画を進めているところです。



「Elekta Harmony」は、ガントリ中央に大型モニタを設置。寝台は約50cmと低位置に下げることができ、車椅子の患者でも載せ替えが容易。患者照合や固定具照合も簡便に行うことができ、業務の効率化だけでなく安全性にも配慮された設計となっている。

――放射線治療の件数増加のための方策は、どのようにされていますか。

放射線治療科は、他の診療科との連携を密にすることで治療件数を伸ばしています。例えば脳の定位照射を例に挙げますと、脳転移に対する定位照射を行った患者さんには新たな転移が見つかることが多いので、放射線治療科では他科と同じ曜日に再診予約を入れて、一緒にフォローしていくようにしています。その際、MRI検査も事前にオーダーしておき、頭部に転移巣が見つければ、そのタイミングですぐ治療します。

なお、依頼された治療を行うだけでなく、放射線治療科も可能な限り、当該患者さんをフォローし、追加の放射線治療の実施を検討していきます。また、カルテに放射線治療の成果を画像等を含め明確に残して他科の医師たちにアピールして、放射線治療の有用性を知ってもらうよう努力しています。

――3台のリニアック全てに光学式トラッキングシステムを実装されています。

2019年の「Versa HD」設置時にC-RAD社の体表面光学式トラッキングシステム「Catalyst HD」を導入しました。このシステムは光学式なので無被ばくであり、胸壁など、さまざまな部位の皮膚の動きをモニターできるので、照射中の患者の動きをリアルタイムに捉え、より精度の高い放射線治療の実現に貢献しています。

位置決めということでは、リニアックに搭載されているコンベームCT（CBC T）もたいへん優れた機能を持っています。多くの施設では、照射前にCT画像を撮



2025年に導入された「Versa HD」の同院2号機。同院のリニアック全てに光学式体表面トラッキングシステム「Catalyst HD」を実装。リアルタイムで身体の動きをモニタリングすることで、より高精度な放射線治療を実現している。



2019年に導入された「Versa HD」の同院1号機。放射線治療用に新設された南別館に設置され、同院におけるIMRTや定位照射などの高精度放射線治療の件数増に大きく貢献している。

■産業医科大学病院 高性能リニアック3台と最新のQAソリューション群が 放射線治療の質向上と各種業務の効率化に貢献する

――Interview――

産業医科大学病院
放射線部放射線治療品質管理室主任
芝 栄志氏に聞く

同部 診療放射線技師
黒木 燎平氏に聞く



芝 栄志（しば・えいじ）氏
2000年鈴鹿医療科学大学卒。2022年
広島大学大学院 医歯薬保健学研究科
博士課程修了。社会医療法人高清会
高井病院入職。2015年産業医科大学
病院 放射線部入職、2018年より現職。

産業医科大学病院 放射線部の概要について、同部 放射線治療品質管理室主任の芝 栄志氏が説明する。

「放射線部は大別するとCTやMRI等の検査部門と血管撮影部門、核医学及び放射線治療の3部門に分かれています。診療放射線技師は55名が所属しており、その内、核医学及び放射線治療部門には15名が勤務しています。放射線治療を担当しているのは、その内の11名です。

放射線部では、若手の技師を中心に各部署をローテーションして担当するようにしていますが、一方で専門性を確保するため、放射線治療では5名の診療放射線技師が専従で勤務しています。

リニアックによる外照射は1日平均で約80件実施しています。小線源治療は1ヵ月で4件程度、ハイパーサーミアは年間

100件の治療を行っています。ただ、ハイパーサーミアは臨床工学士が運用しています」

「Versa HD」導入以前は、やや旧式のリニアック2台で放射線治療を行っていたという。

「2019年以前に設置されていた2台の放射線治療装置では、高精度放射線治療が難しかったので、新しく建設された南別館に1台目の「Versa HD」を設置しました。本来は旧装置のうち、1台を撤去する予定でしたが、「Versa HD」の治療件数が急増したため、撤去を中止して、とりあえず3台体制で運用を行いました」

リニアック「Versa HD」

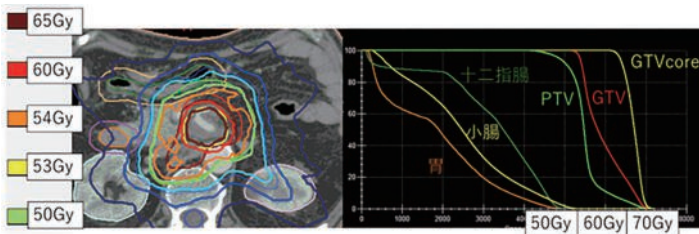
ハイスペックなリニアック導入で
IMRTや定位照射の件数が大幅増

1台目の「Versa HD」導入時を振り返り、芝氏は放射線治療の件数が急に増えたと感じたという。

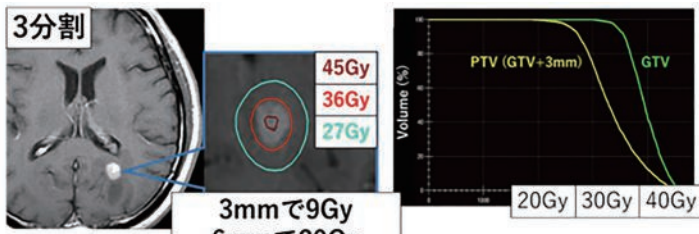
「従来の装置では、高精度放射線治療は前立腺がん程度しか実施できませんでした。が、ハイスペックな「Versa HD」によって定位照射を含み、急にさまざまな部位への高精度放射線治療を実施できるようになり、放射線治療の件数が急増したのです」

当時、放射線治療の件数は1日80件近くに増え、高精度放射線治療については、そのほとんどを「Versa HD」で実施。従来装置は、3D照射などを行っていたとい

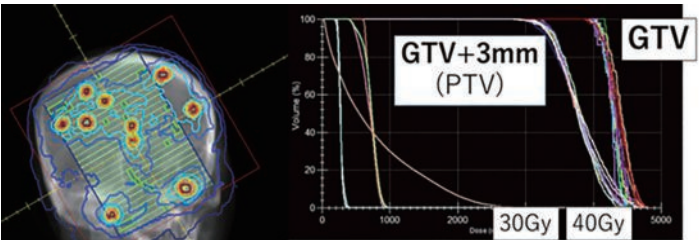
「Elekta Harmony」および「Versa HD」線量分布図



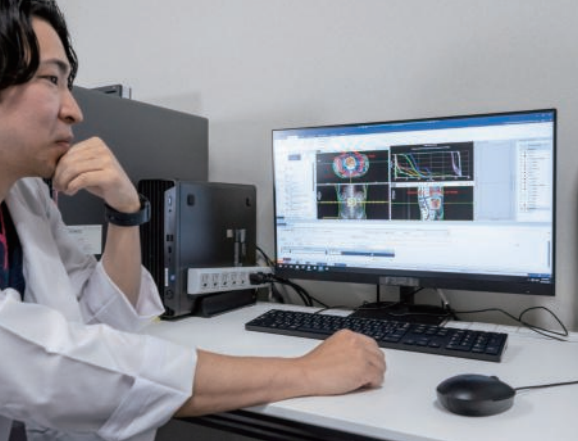
【図1】切除不能膵癌に対する等毒性高線量照射の線量および線量体積分布。本症例では、PTV（計量標的体積）辺縁の線量を50 Gy／25分割とし、GTV（肉眼的腫瘍体積）内の線量を最大70 Gy／25分割（2 Gy等価線量換算値74 Gy）まで増加させた線量分布を示している。消化管とターゲットとの間の距離が3mmの位置で約10 Gy、8mmの位置では最大30 Gy程度の急峻な線量勾配が形成されている。このような線量分布の照射精度を担保するため、コンベームCTを用いた位置合わせを行い、そのマッチング画像により日々の実際のDelivered doseを計算・評価することが可能である。



【図2】脳転移に対するVMATを用いた定位照射の線量分布。このような小さな脳転移に対しても、回転強度変調放射線治療（VMAT）技術を用いて精密な線量設定を実施している。具体的には、腫瘍中心部に45 Gy、肉眼的腫瘍辺縁に36 Gy、さらにその3mm外側に27 Gyを照射するよう計画。このように小さなターゲットにおいても、わずかな距離で急峻な線量勾配を形成することが可能であり、AgilityとMonacoの組み合わせによる“バーチャル1mmリフ”機能の有効性が確認できる。



【図3】10個の多発脳転移に対するVMATを用いた定位照射の線量分布。1つのアイソセンターで多数の脳転移に対して定位照射を実施することが可能。上述したような急峻な線量勾配を維持しつつ、照射時間を約5分程度に短縮できる点が大きな利点である。



放射線治療計画システム「Monaco」で放射線治療計画を作成している黒木氏。演算速度が向上したことで「治療計画作成時間が大幅に短縮された」と、同院スタッフから高い評価を得ている。

備されていたコントローラーが「Harmony」ではカウチ側についていて、寝台上的患者さんから離れることなく装置を操ることが可能になっています。寝台も高さ50 cm程度まで下げることができ、車椅子の患者さんでも載せ替えが容易になりました」

黒木氏も、「Harmony」の安全面やワークフロー改善に関する多彩な機能を高く評価している。

「患者照合や固定具照合が自動化された点は、安心して業務に取り組めるのでたいへん助かっています。

また、3台は全てビームマッチングをしていますから、故障時ももちろん、緊急照射が入った際には装置を空けて早急に緊急照射を行い、他の装置に患者さんを振り替えて照射するなどの対応ができ、数多くの治療件数を柔軟に捌くことができます。以前は、故障により治療できないと患者さんに謝罪していたこともありましたが、それが無くなった点は最大のメリットと言えるのではないのでしょうか」



“働く人の健康を守る”をモットーに患者の就労支援を実施 がん患者のQOL向上等、放射線治療に対する期待は高い

産業医科大学病院
病院長

田中 文啓氏に聞く

産業医科大学病院 病院長の田中文啓氏に同院の概要と診療の特徴、がん治療に対しての増設したリニアックをはじめとする放射線治療への期待等について、話を聞いた。

期待されます。

例えば、昔は脳に転移したがんについて、全脳照射しかありませんでした。しかし、全脳照射では、がんでない部位、例えば視床下部にも放射線が当てられてしまい、患者さんの認知機能が落ちてしまう問題点がありました。幸い認知機能の低下は、治療後1、2年から発症するため、以前の肺がん患者さんが脳にがんが転移した場合、肺がんの平均余命が1～2年程度だったこともあって大きな問題とはなっていませんでした。しかし、最近は肺がんの治療成績が向上し、余命も長くなったことから、この問題がクローズアップされるようになっていきます。当院の放射線治療装置は、これらの転移巣をピンポイントで狙い撃ちできるので、患者さんのQOLを高められ、当院の目指す就労支援に貢献できる点に大いに期待しています。

——産業医科大学病院の課題と展望についてお聞かせください。

2019年に竣工した放射線治療用の南別館や急性期診療棟を整備し、最新式の治療設備にアップデートしています。これらによって急性期医療については、非常に快適な環境で高度な医療を提供できる体制ができたと自負しています。一方で、病棟を始めとする当院本館は1979年の開院以来の建物であり、建設から40年以上が経過して老朽化が問題視されています。本館を建て直して、より快適な医療環境を提供することが重要ですが、病院経営が厳しさを増す中、予算を確保するのは困難な状況です。しかし、今後は病院収益を改善させ、新しい病棟のリニューアルを進めていきたいと考えています。

——産業医科大学病院の概要と診療の特徴をお聞かせください。

産業医科大学病院は、北九州市で唯一の特定機能病院です。東側は福岡市東区、西側は下関市、南側は大分県境までの広い範囲を医療圏としており、それらの地域における医療の“最後の砦”として、特に急性期医療を中心とする高度な医療を提供しています。

加えて産業医科大学は、産業医学、つまり“働く人の健康を守る”ことをモットーにしている大学です。働く人の健康を守ると共に、治療と併せて仕事への復帰もサポートすることに力を入れています。例えば、がん医療がその好例です。従来、がんに罹患した患者さんは、病気の治療をしながら働くことは困難でした。現在では治療技術が進歩し、手術療法では侵襲性の低い手術が可能となっていますし、化学療法や放射線治療も副作用がかなり低減され、外来で通院しながらの治療が可能になるなど、仕事をしながら治療ができるようになってきています。

しかし、一方で職場と病院間にある障壁が厚く、患者さんが結局満足に働けていないケースも見られます。つまり、がんに罹患した患者さんが勤める企業側が“がんに罹った人は満足に仕事ができない”と決めつけてしまうことが多いのです。これは、職場側は病院での治療の様子が見えず、

病院側は職場の不安感が見えないという“障壁”があるから起こる問題です。

一方、日本の労働人口は減少の一途を辿っており、昔ならとくにリタイアした高齢者の方、あるいはがん治療を継続しているような方にも働いてもらわないと日本の国が成り立たなくなるような状態になっています。そこで、当院では、患者さんの治療と仕事の両立をサポートすることに取り組んでいます。

産業医科大学病院では2018年に両立支援科を設立しました。同科では、患者さんが入院する際、将来的な職場復帰へのサポートを希望される方には、当院の産業医や看護師、ソーシャルワーカー等のスタッフがチームを組み、治療と仕事の両立支援を行っています。ロボット手術や最新の放射線治療を提供するなど最先端の高度な医療を提供するとともに、このように患者さんの就労支援を実施している点が、当院最大の特徴です。

——2025年に放射線治療装置を3台体制としたことについてお聞かせください。

放射線治療は技術的な進展により、その治療適用が広がってきています。手術療法に比べて低侵襲であり、部位によっては手術療法と同等の治療成績を挙げるものもあります。また、転移巣についても、その部分を狙い撃ちして治療することにより、緩和的な治療にも成果を挙げることが



リニアック「Harmony」の操作卓。「Versa HD」とビームマッチングすることで、故障時や緊急照射の際、リニアックを変更しての照射が可能となっている。

これまで手作業で行われていた日常点検やデータ取得が自動化され、業務効率が大幅に向上しています。特に患者QAについては、従来の「Delta4」から「Epibeam」に変わったことが大きいですね。電子ポータル画像装置（EPID）の活用によって、操作パネル上で治療計画と実際の治療線量の一致度を高精度かつ短時間で確認でき

るようになり、日常業務の効率化につながっています。現在はまだ、コミッションング段階ですが、7、8割はQA時間を短縮できるのではないのでしょうか。

これらの先端機器のおかげで、毎日80件もの治療件数でも、夕方4時、5時には業務を終了することができ、働き方改革にも多大な貢献をしていると感じています」

芝氏も、同様にQA時間短縮の効果を高く評価している。

「Daily QA、Annual QA、Patient QA全てで、効率化と業務時間短縮が達成できていると実感しています。QAの効率化によって、余裕ができた分を他の業務や研究などに利用できる点も大きいですね。時間的余裕ができたことで、余暇の活用だけでなく、研究や勉強などの選択肢が増えたことは嬉しいですね。

今後は、これらの装置を使いこなし、ビームマッチングの検証など、臨床により直結した形の研究をしていけたらと思っています」

「Versa HD」「Epibeam Harmony」増設

ワークフロー迅速化や安全性向上等、リニアック3台で業務効率化を推進

2025年、旧装置2台を撤去し新たに2台目の「Versa HD」や「Harmony」を導入。高精度放射線治療が3台のリニアックで実施できる体制が整備された。芝氏は、新リニアック「Harmony」について、つぎのように話す。

「「Harmony」の導入で、これまで「Versa HD」で扱えなかった点が改善されました。例えば「Versa HD」ではガントリ側に装



黒木 燎平（くろき・りょうへい）氏

2013年群馬県立県民健康科学大学卒。2015年藤田保健衛生大学（現・藤田医科大学）大学院 保健学研究科 修士課程修了。同年より産業医科大学病院 放射線部入職、現在に至る。

産業医科大学病院



1979年7月に診療を開始した産業医科大学病院は、北九州唯一の大学病院及び特定機能病院として地域に高度な医療を提供しており、令和6年度実績で新規入院患者数は1万8054名、新規外来患者数は3万9544名を数える。2023年8月には、最新の高度な急性期医療を担う新しい急性期診療棟をオープン。急性期医療に関わる最新の医療技術の集約と部門の強化を図ると共に、同大学ならではの産業医養成に係る臨床教育の機能も併せて強化している。

所在地：福岡県北九州市八幡西区
医生ヶ丘1番1号
病院長：田中文啓
病床数：664床（一般病床638床、
精神病床22床、休床4床）