

高精度放射線治療装置 「ノバリスTx」の特長と 臨床応用

医療法人社団葵会 広島平和クリニック

廣川 裕、小野 薫、赤木由紀夫

高精度放射線治療装置 「ノバリスTx」の特長と臨床応用

医療法人社団葵会 広島平和クリニック

廣川 裕、小野 薫、赤木由紀夫

ノバリスTxは標準的なリニアック本体をベースにした高精度放射線治療装置で、広範囲照射が可能な新開発マイクロMLCによる精細で鮮鋭なビーム形成と、エグザクトラックX線システムと6軸ロボット寝台ならびにコーンビームCTのIGRT機能の組み合わせにより、短時間に精密で正確な高精度治療が可能である。

▶ はじめに

当院は、2005年7月に広島県内初のPET/CT装置を導入してがんドック先端医療健診センターを開設したが、2009年10月には高精度がん放射線治療センターを増設して、国内で最初に最新の高精度放射線治療装置ノバリスTxを導入し治療を開始した。ノバリスTxを用いた高精度放射線治療を開始して2年余りが経過したが、本稿においては本装置の特長と当院における高精度放射線治療への臨床応用の現状を紹介する。

▶ ノバリスTxについて

旧型のノバリス(ノバリス シェープビーム・サージェリーシステム)は、リニアックを用いる脳定位放射線治療専用装置として1997年にドイツブレインラボ社が開発し、全世界で90施設に導入され日本国内にも奈良県立医科大学附属病院、京都大学医学部附属病院など大学病院・がん治療専門病院11施設で導入されている。

旧型に比較して新型のノバリスTxの最大の特長は、大幅に拡大した放射線照射野である。ノバリスTxは、その他にもこれまでのノバリスの強みをさらに強化・改良し、旧型の弱点を補強すると共に、

米国バリアンメディカルシステムズ社のリニアック最上位機種であるトリロジーの機能を統合して、治療範囲の拡大、治療精度の向上、および治療時間の短縮を実現した世界最高峰の高精度放射線治療システムである(図1)。

ノバリスTxは2007年9月に欧米で発売されて以来、現在までに世界で140台

余りがトップレベルの医療センターに導入されている。国内の設置施設数と設置台数は、平成24年1月現在27施設29台である。

▶ ノバリスTxのマイクロMLC

三次元原体放射線治療(3D-CRT)や強



図1 最新の高精度放射線治療装置ノバリスTx
精細で鮮鋭なビーム形成、最高水準の高出力などの高機能と最先端の画像誘導技術(IGRT)により、定位放射線治療(SRT)と強度変調放射線治療(IMRT)を短時間かつ高精度に実施できる。

特集 1 放射線治療の実践ガイド～治療装置からRISまで

度変調放射線治療(IMRT)はリニアックのマルチリーフコリメータ(MLC)の開発と共に発展し、MLCのリーフ幅の減少により線量分布が改善してきた。ノバリスTxに搭載されているのは、バリアン社が開発したリーフ幅2.5mmのマイクロMLC(HD120 MLC)であり、同社の従来のMLC(M120 MLC)とは格段に精細で鮮鋭なビーム形成が可能になっている。すなわちM120 MLCは中心40対のリーフ幅が5mm、両端20対が10mmであるのに対し、HD120 MLCは中心32対のリー

フ幅が2.5mm、両端28対が5mmであり、固定ビーム照射時においてそれぞれ $40 \times 40\text{cm}^2$ 、 $40 \times 22\text{cm}^2$ 、IMRT照射時で $32 \times 40\text{cm}^2$ 、 $32 \times 22\text{cm}^2$ の照射野が設定可能である。

シングルフォーカス形のバリアン社製のMLCのリーフ先端は円弧形状であり、その円の半径はM120 MLCが8cm、HD120 MLCが16cmとHD120 MLCのリーフ先端がより平坦な形状である。またHD120 MLCでは透過線量低減のためM120 MLCと比較してリーフ厚(高さ)が約2mm、

タングステン含有量が約5%増加している。これにより、IMRTならびに定位放射線治療(SRT)における腫瘍への原体性(conformality)の改善と周囲健常組織の線量低減につながっている。

▶ 新しい回転IMRT法(VMAT)に対応

一般にIMRTは、治療標的に均一性と原体性の良い線量分布を実現しながら、近傍のリスク臓器に任意の線量制約を指定して、高い治療効果と低い有害事象を実現する照射技術であるが、VMAT(Volumetric Modulated Arc Therapy)は従来の固定多門照射であるIMRTとは異なる新しい回転IMRT法である。

ノバリスTxは、バリアン社が開発したVMATであるRapidArcによる治療に対応しており、精密で精細なIMRTを数分間で照射完了できるために、従来のIMRTに比べて毎回の照射に要する時間を大幅に短縮することが可能であるので、毎日のIMRT治療患者のスループットを画期的に改善する新技術と言える。

欧米ではこのVMATがIMRTの主流になりつつあるようだが、わが国では諸般の事情からその利用が遅れているのが実情である。当院では、ノバリスTxを導入した当初からこの新技術に注目して臨床応用を準備し、今ではほぼ全てのIMRTをVMATで行っており、わが国で最も多くのVMAT治療の実績があるものと思われる。

図2はノバリスTxによる鼻腔悪性黒色腫に対するVMATの線量分布図を示している。89歳女性の本症例では、FDG-PETで高集積を示す左鼻腔内の肉眼的腫瘍の領域をPTV1として87.5Gy/25回/5週を、CTやMRIで軟部陰影の広がりがある領域をPTV2として75Gy/25回/5週を、さらにその外側に5mmマージンをとった領域をPTV3として50Gy/25回/5週を処方し、ノバリスTxのRapidArcによる回転IMRTで治療を行った。眼球などの標的近傍の健常組織を急峻な線量勾配でスペアできている状況が明らかである。

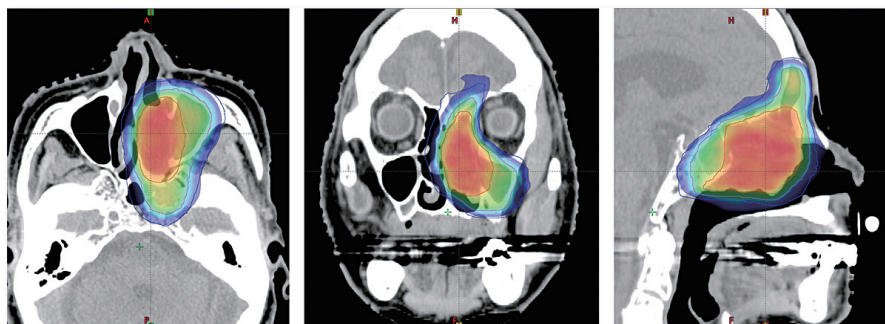


図2 ノバリスTxによる鼻腔悪性黒色腫に対する強度変調放射線治療の線量分布図
FDG-PETで高集積を示すPTV1に87.5Gy/25回/5週を、CT検査で軟部陰影の存在するPTV2に75Gy/25回/5週、5mmマージンのPTV3に50Gy/25回/5週をそれぞれ設定して計画し治療した。

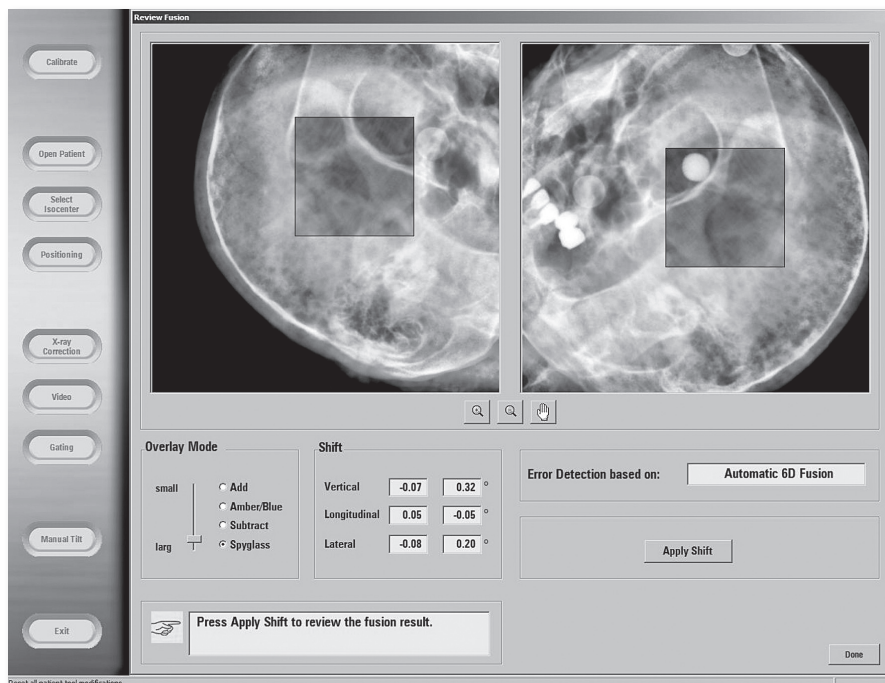


図3 ノバリスTxに搭載されるエグザクトラックX線システムの表示画面
治療計画のDRR像とエグザクトラック画像を自動照合し、高精度な画像誘導放射線治療のセットアップを担保する。

▶ ノバリスTxの画像誘導技術

ノバリスTxによる高精度放射線治療は、旧型ノバリスから引き継いだ優れた画像誘導システムであるエグザクトラックX線システム(ExacTrac X-ray 6D)で、2方向からステレオX線撮影を行い、自動画像解析ソフトが治療計画用CTデータからそのX線画像と一致するDRR画像を再構成して求め、差分(セットアップ誤差)を計算する(図3)。

本装置には、6軸による自動位置合わせ装置である最新鋭の6軸ロボット寝台が搭載されている。通常の治療装置では、縦方向、横方向、高さ方向のみにしか動かないが、6軸ロボット寝台ではそれぞれの回転方向に角度をつけることができる。エグザクトラックと6軸ロボット寝台は連動して、上記のセットアップ誤差を補正するために、自動的に天板を動かすことができる。

ノバリスTxでは、バリアン社のリニアックにオプション装備されるX線撮影装置(On Board Imager: OBI)を用いたコーンビームCT撮影機能(kV-Cone Beam CT)が標準装備されており、エグザクトラックが不得意な治療領域の標的位置情報の取得と照合が可能になり、より広い治療適応に対して短時間での正確なセットアップを行うことができる(図4)。

このように本装置は、自動位置照合をフィードバックする最先端の画像誘導技術(IGRT)により、頭蓋内病変はもとより、頭頸部、脊椎、肺、肝臓、前立腺などの幅広い領域の病変に対してIGRT併用のSRTあるいはIMRTを短時間にかつ高精度に実施できる放射線治療装置である。

▶ ノバリスTxの治療計画

当院ではVMATの線量計算はもちろん、すべての線量分布計算はバリアン社の放射線治療計画システムであるEclipseを用いている(図2)。

一方、標的体積の輪郭入力と体輪郭や臓器輪郭の入力には、ブレインラボ社の高精度放射線治療専用治療計画装置であるiPlan(RT Image)を用いている。iPlan

は他の放射線治療計画装置に比べて、自動画像融合(auto-image fusion)や自動輪郭入力(auto-segmentation)に優れたシステムである。

高精度放射線治療とくにIMRTにおいては、通常の放射線治療計画と同様の腫瘍範囲の特定とその輪郭入力に加えて、周囲の健常組織の輪郭入力とその線量制

約が重要で必須のプロセスになる。したがって、IMRTでは数多くの健常組織を定義してその輪郭入力を正確かつ迅速に行う必要がある。

iPlanのRT Imageソフトウェアでは、その優れた画像融合のアルゴリズムにより短時間にCT画像とMRI画像など異なるモダリティのイメージセットを正確に

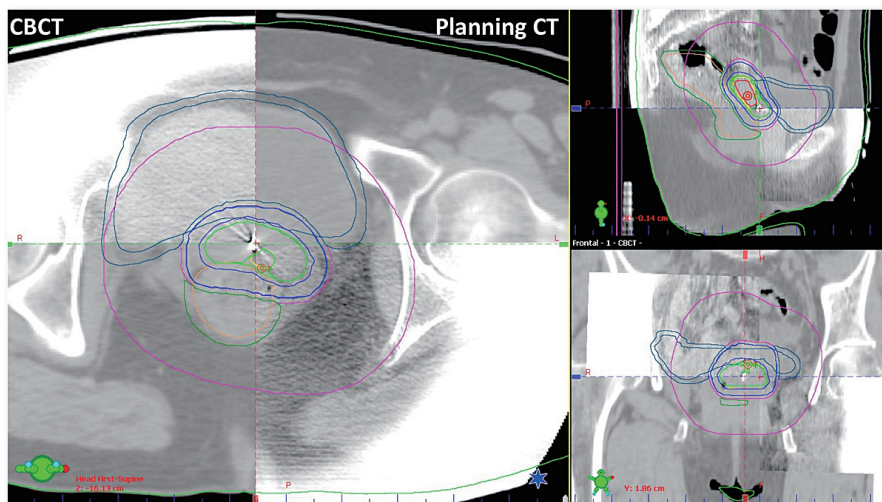


図4 ノバリスTxに搭載されるコーンビームCTの表示画面
治療計画用CT画像とOBIを用いたコーンビームCTを、横断断・矢状断・冠状断像と比較して、高精度なセットアップを担保する。本例では腫瘍断部に金マーカーを留置してある。

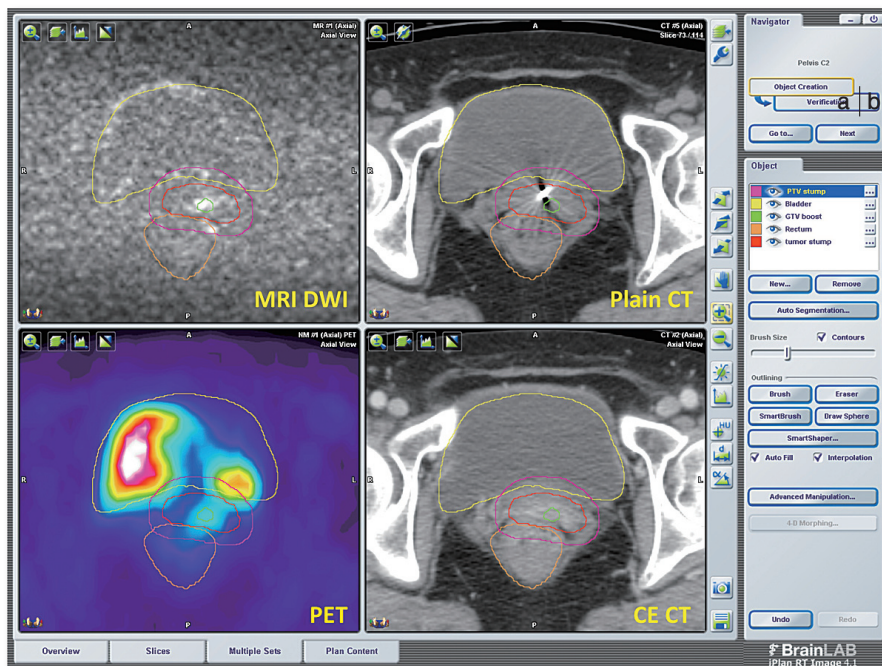


図5 PET画像などマルチモダリティを用いた標的体積の決定(図4と同一症例)
直腸癌術後約2年で、腫瘍マーカー高値のために行ったPET/CT検査により発見された腫瘍断部再発のGTVとPTVの輪郭決定の1例(iPlan RT image)。

画像融合することが可能であり、PET画像も含めたマルチモダリティのそれぞれの特長を生かした標的の特定と輪郭入力が可能である(図5)。

加えて、組織や臓器の輪郭入力という膨大な作業をアシストする標準解剖図データを用いる自動輪郭入力の機能は、IMRTの治療計画におけるルーチン作業を短縮してくれるRT Imageの優れた点である。

▶ ノバリスTxを用いた高精度放射線治療の今後の展望

当院は、新規に開設された放射線治療

施設としてノバリスTxを導入し、そのコミッショニングから治療開始まで高精度放射線治療に特化して準備することができた。日々の診療においては、VMAT(RapidArc)を用いたIMRTでは治療時間が極めて短いために、個々の症例の日々の治療において十分な時間をIGRTにかけることができしており、ノバリスTxの特性を生かした治療に専念できている。

一方、大学病院などの忙しい診療現場にノバリスTxが導入された場合に、標準的な3D-CRTによる治療までの利用に止まって、定位放射線治療やVMATを用いたIMRTを導入するための時間やマンパワーが不足して、十分にその機能を

利用しきれていない施設が、少なからずあると聞く。

公的な予算で高額な装置を導入した施設が、装置を上手く利用していない状況が長く続けば、医療資源としての高精度放射線治療装置が無駄な投資であったと社会的な批判を受ける可能性もある。そのような状況を避けるためにも、ノバリスTxなどの高精度放射線治療装置の有効利用が推進されるように、ユーザー間の情報伝達を活発化するなどの方策が早急に必要であろう。