

インナービジョン

第24巻 第11号 (通巻284号)

2009年11月号抜き刷り

● **Special Report** ●

日本放射線腫瘍学会第22回学術大会ランチョンセミナー

# Elekta VMATの 現状と今後の展望

—Elekta VMAT臨床の実際—

エレクタ 株式会社

Special Report

# Elekta VMATの現状と今後の展望

## —Elekta VMAT臨床の実際—

日本放射線腫瘍学会第22回学術大会が9月17日(木)～19日(土)の3日間、京都国際会議場において開催された。17日には、東京大学医学部附属病院放射線科准教授の中川恵一氏が座長を務める、エレクタ株式会社共催のランチョンセミナーが開催され、「Elekta VMATの現状と今後の展望—Elekta VMAT臨床の実際」をテーマとする講演とパネルディスカッションが行われた。

本ランチョンセミナーでは、強度変調回転放射線治療 (Volumetric Modulated Arc Therapy : VMAT) に対応するイメージガイド放射線治療用リニアアクセラレータ「Elekta Synergy」について、現在稼働している東京大学医学部附属病院、大阪市立大学医学部附属病院、順天堂大学医学部附属練馬病院における使用経験が報告された。Elekta Synergyは、リニアックに設置されたコンビームCT (CBCT) による、イメージガイド下放射線治療 (IGRT) が可能であるなど、優れた機能を備えた最新鋭の装置であり、学会参加者の関心も高く、約620名が来場した。

### 大阪市立大学医学部附属病院の使用経験

大阪市立大学大学院医学研究科の石井健太郎氏は、「大阪市立大学でのElekta VMATへの取り組み」と題して講演を行った。同院では、2008年にElekta Synergyを導入し、2008年12月

に治療計画装置ERGO++ (エレクタ社製) がVMAT対応となったことで、さまざまな検討を経て、2009年3月9日からVMATの臨床使用を開始した。現在までに局所限局性前立腺がん6例、その他2例 (glioblastomaの縮小照射野例、HCCの肝門部LN腫大への照射例) の計8症例に対して施行している。

### ●前立腺VMATの治療計画方法の検討

ERGO++では、Aperture based optimizationを用い、OAR (organ at risk) やターゲットの形状により照射野を作成し、その後Arc Modulation Optimization Algorithm (AMOA) で角度ごとのmonitor unit (MU) 値を最適化している。そのため、照射野形状の違いが線量分布に影響を及ぼす可能性があるとして、石井氏はその検討方法を説明した。

図1は、同一症例において、意図的に直腸の輪郭のとり方を変え、後方からの照射野形状を変化させた図である。同

様の線量制約により Optimization を行った結果、線量分布はかなり変化しており、石井氏は、初めに照射野形状をマニュアルで微調整することが必要な場合があると述べた。

また同院では、前立腺VMATの治療計画の際、planning target volume (PTV) を取り囲む同心円状の楕円形をした仮想ROI (Ring ROI) に対して線量制約を設定している。Ring ROIを使用しないと、左右が非対称になるなどバランスの悪い線量分布となり、Optimizationの計算を繰り返すことも多いが、Ring ROIでは比較的簡単にバランスの良い線量分布が得られる。そこで石井氏は、Ring ROIはVMATと非常に相性が良いと考え、10例に対してRing ROIの有無によるプランニングスタディを行った。その結果、PTV、膀胱 (Bladder)、直腸 (Rectum) のいずれも照射線量に差は認めなかったが、Normal Tissueについては、Ring ROIを用いた方が中線量域で照射線量が抑えられる傾向があった。

次に、VMATの1回転照射と2回転照射に関する検討結果が示された (図2)。照射線量は、PTVは2回転にてより均一に照射されるが、直腸については1回転を上回る結果は得られなかった。石井氏は、2回転照射は線量制約の設定が複雑で、Optimizationに時

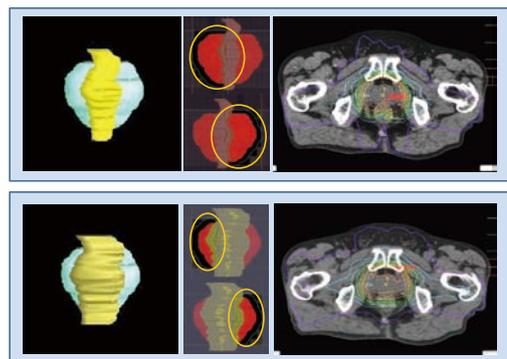


図1 照射野形状の違いが線量分布に及ぼす影響

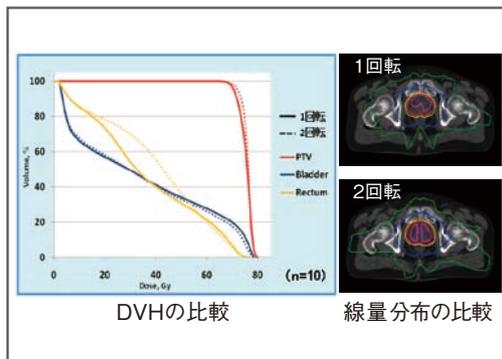


図2 VMATにおける1回転と2回転の比較

間がかかり、治療時間も延長するため、前立腺のような単純な形態の臓器に対するVMATでは、メリットはそれほど大きくないとの見解を示した。

### ●前立腺VMATの臨床使用経験

同院では、前立腺VMATの適応は、Low～Intermediate riskの前立腺がんとしている。clinical target volume (CTV)は、Low riskについては前立腺のみ、Intermediate riskについては精嚢基部を含み、処方線量はアイソセンターに対して74Gy/37回、治療計画は1回転照射で、線量制約はPTVとRing ROIに設定し、

必要に応じて直腸にも追加している。照射の際は治療前後にCBCTを撮影し、患者一人あたりの治療時間は約15分である。

そこで石井氏は、実際の臨床例を示し、VMATと、治療計画装置Pinnacle (フィリップス社製)にて5門のStep and ShootによるIMRTについて比較した(図3)。dose volume histogram (DVH)はほぼ同等であるが、MU値についてはVMATにて約10%軽減された。また、過去6例の検証結果では、中心線量誤差1%以内、 $\gamma$ 解析(3%/3mm, threshold 50%)での線量分布にてPass率98%程度が維持されていた。石井氏は、前立腺VMATはシンプルな照射野を用い、リーフの動きも複雑ではないため、検証結果が一致しやすいのが大きなメリットであると述べた。

### 順天堂大学医学部附属練馬病院の使用経験

順天堂大学大学院医学研究科先端放射線治療・医学物理学講座先任准教授の唐澤久美子氏は、「順天堂におけるElekta VMATの臨床と実際」と題し、

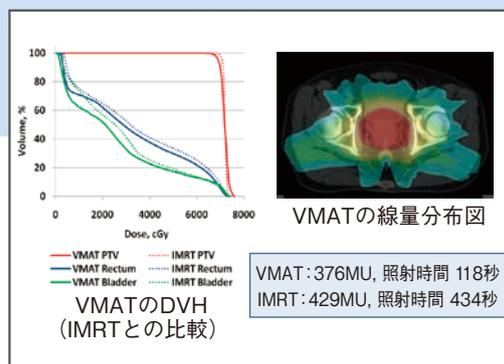


図3 前立腺VMATとIMRTの比較

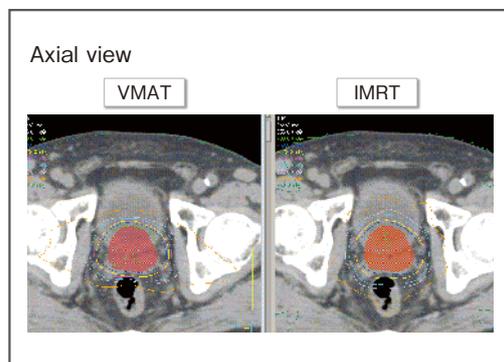


図5 VMATとIMRTの線量分布の比較

Elekta Synergyの有用性について述べた。

### ●VMATの特長

VMATの照射に伴うそれぞれの業務は、同院では職種ごとに分担して行っている(図4)。これまでにVMATでの治療を終えた症例は3例であり、すべて前立腺がんである。T stageは全員T1またはT2で、Gleason分類は7、8点とやや高い。総照射線量は1例目のみ72Gyに設定したが、順天堂グループのIMRTの総照射線量の基準に則り、2例目以降は76Gyに変更した。またPTVは、CTVに加えてLRを5mm、APを5mm、SIを8mmと設定している。

唐澤氏は、Elekta Synergyの特長として、X-ray Volume Imaging (XVI)システムが搭載されているため、正確な患者セットアップが容易に行える点を挙げたほか、照射時間がきわめて短くして、VMATでの実際の照射の様子を動画で示した。ガントリ回転速度、照射野形状、線量率を変化させながら照射するため、ガントリ1回転で理想的な線量分布が得られ、照射時間は約100秒である。入室から退室までの時間は15分以内であり、唐澤氏は、患者さんの負担軽減の面か

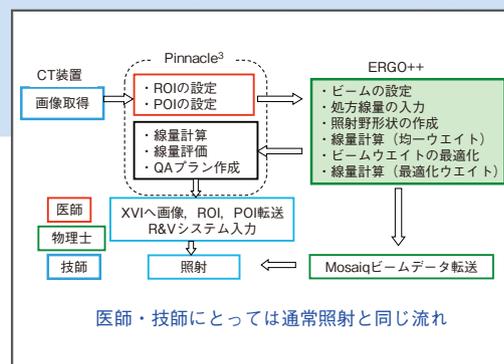


図4 VMAT照射の流れ

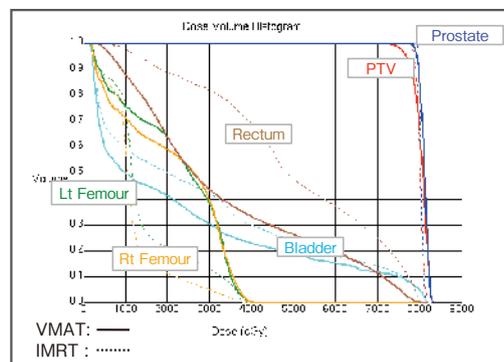


図6 VMATとIMRTのDVHの比較

らも、非常に優れた装置であると評価した。

### ●VMATとIMRTの線量分布の比較

次に、唐澤氏はVMATとIMRTの線量分布の比較について、症例を示して詳述した(図5)。79.8Gyという高線量の領域は、IMRTでは中央に偏っているが、VMATではバランス良く分布している。DVHについても、直腸と膀胱についてはVMATの方がIMRTよりも優れており(図6)、唐澤氏は、他の症例でも同様の結果が得られたと述べた。

### ●VMATの治療計画検証

VMATの治療計画検証は、同院ではファーマーチェンバー、Tough Water, Gafchromic Filmについて行った。同院の検証の特徴として、Gafchromic Filmを coronal面に3枚入れているが、設置が簡単で測定精度も高く、唐澤氏は、3%/3mmでの比較でパスレート98.4%という良好な検証結果が得られたと述べた。

### ●同院におけるVMAT治療の展望

最後に唐澤氏は、同大学附属順天堂病院のIMRTの現状として、予約待ちが2010年5月にまで及んでおり、患者さんが殺到していると述べた。その上で、

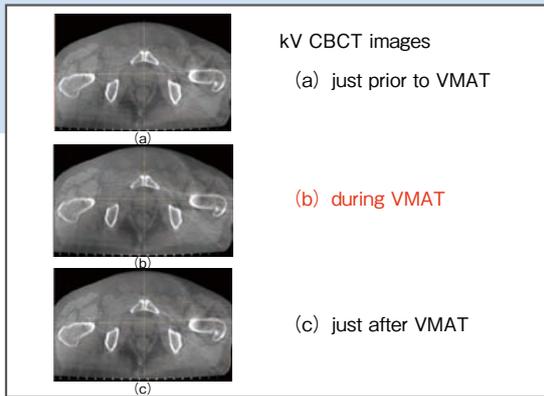


図7 VMAT治療前、治療中、治療後のCBCT画像

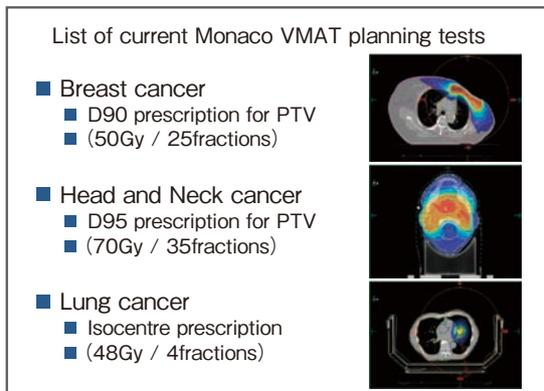


図8 Monaco VMATによる乳がん、頭頸部がん、肺がん治療計画時の線量分布の一例

表1 VMAT, IMRT, Rod CompensatorにおけるGU, GIの急性期障害の検証

Clinical use of VMAT for prostate cancer (routine from 2008 Sep)			
	low risk	n=17	(HT for 8)
	intermediate risk	n=14	(HT for 7)
	high risk	n=23	(HT for 21)
Acute toxicity			
	VMAT	IMAT(SAM)	Solid IMRT
	N=54	N=10	N=11
GU grade 0	45%	30%	19%
grade 1	50%	70%	81%
grade 2	5%		
GI grade 0	93%	80%	73%
grade 1	7%	10%	18%
		(grade 2 10%)	(grade 2 9%)

また、中川氏はVMATについて、Beam's eye viewによってバランスの良い照射が可能で、線量計算や検証も比較的容易であると評価。さらに、同院でVMAT治療を行った54例に関する、泌尿生殖器(GU)および消化管(GI)の急性期障害についての検証でも、優れた結果が得られていると述べた(表1)。

●その他の領域におけるVMATの使用経験

次に中川氏は、前立腺以外の領域におけるVMATの使用経験について報告した。同院では現在、頭頸部などにおけるVMATの優位性が検討されているが、いまのところ、明確な成果は得られていない。しかし、VMATには、ERGO++のほかに、MonacoというMonte Carloアルゴリズムを搭載したVMAT対応治療計画機が導入されつつあるとして、中川氏は、乳がんおよび頭頸部がん、肺がんにおける線量分布の一例を示した(図8)。Monaco VMATは、照射野を含めて最適化計画を行うことができ、ERGO++よりも汎用性が高いと期待されるが、まだ実臨床では使用されていない。現在は検証段階だが、治療計画機上では良好な線量分布が得られており、特に肺がん治療にも効果を発揮する可能性がある。

中川氏は、こうした現状をすべて踏まえた上で、VMATは日本の臨床現場に合った治療法であり、前立腺にはERGO++によるVMAT、頭頸部および特に肺がんにはMonaco VMATを使用していきたいと述べた。

VMATの将来展望として、スループロットが向上するため患者さんの増加が見込めるほか、照射精度も優れているため、特に前立腺についてはVMATに置き換わっていく可能性があるとの見解を示した。

東京大学医学部附属病院の使用経験

東京大学医学部附属病院放射線科准教授の中川恵一氏は、「Elekta VMATの現状と今後の展望—VMATの臨床と実際」と題し、日本における放射線治療の歴史なども踏まえて、VMATによる前立腺およびその他の領域での使用経験について述べた。

●放射線治療の歴史とVMATの原理

同院はVMATによる症例数が最も多く、これまでに54例に対して施行している。中川氏はElekta SynergyのXVIについて、同院で1980年代から使用されていた世界初の同室設置型CT(In-room CT)や治療用ビームを用いた

MVCTと同様、リニアックにkV-CBCTが組み合わされたもので、日本では非常になじみのあるシステムであると述べた。また、Beam's eye viewをベースとしたVMATでは、OARが手前であれば打ち抜き原体照射、PTVが手前なら原体照射とし、さらに線量率やガントリ回転速度を可変にするという、非常にわかりやすい原理で最適化すると概説した。

●CBCTとVMAT

同院では以前から、治療中におけるkilovoltage(kV)CBCT撮影に関する研究を行っており、同院が行った世界初のCBCTについては、*International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* (vol. 69, P970-973, 2007.)にも論文を発表している。VMAT治療中のCBCTは、200秒程度で撮影が終了するほか、画質も良く、治療前、治療中、治療後の画像間のRegistrationが可能であり(図7)、中川氏は、実臨床における臓器の移動量について、きわめて正確な結果が得られていると述べた。