

「Halcyon」による放射線治療の 初期経験

東 龍太郎^{*1} / 大迫俊一^{*2}

^{*1} 社会医療法人博愛会 さがらパース通りクリニック 放射線治療科 ^{*2} 同 放射線技術部

はじめに

1973年、医療法人博愛会相良病院は九州で初めてマンモグラフィを導入以来、乳がんの専門病院として女性医療分野を中心に予防から検診、治療、緩和医療に至るまで一貫した診療体制を整え、専門性や医療の質を基礎に、より幅広い対応力を備えた「女性のためのトータルケア」を推進。2014年8月、全国で初めて、乳がん領域において「特定領域がん診療連携拠点病院」に認定され、その唯一の施設として現在に至っている。また、2015年4月には、シーメンスヘルスケア株式会社と次世代の女性医療実現に向けたパートナーシップを締結。続いて2019年1月には、バリアン メディカル システムズ株式会社と高精度放射線治療を含む包括的な

ん医療を推進するパートナーシップを締結し、画像診断・放射線治療の領域において、とものがん医療水準の向上に努めている。これらの取り組みの一環として、関連施設である「さがらパース通りクリニック」にてバリアン メディカル システムズ社製の放射線外照射治療装置『VitalBeam』を2019年1月から稼働し(図1)、さらに当院2台目の装置として『Halcyon』を2020年1月から稼働させた(図2)。今回は当院におけるHalcyonを用いた放射線治療の初期使用経験について報告する。

Halcyonの特徴

Halcyonの最大の特徴は、ガントリ回転速度が一般的なCアーム型のリニアックに比べて最大4倍の

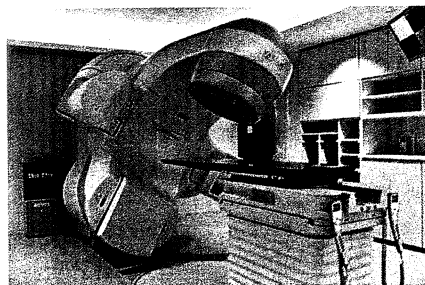


図1 VitalBeam

乳房切除術後の放射線療法(PMRT)や電子線照射、前立腺癌などに対するIMRT、緩和照射の症例を中心に治療を行う。

今後は深呼吸止め照射(Deep Inspiration Breath Hold: DIBH)も行う予定である。

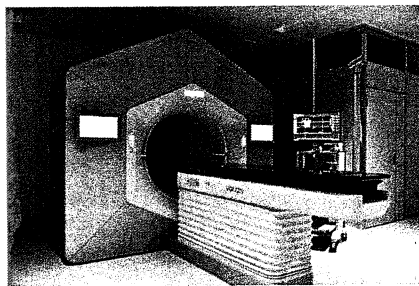


図2 Halcyon

乳房温存術後の温存乳房に対する放射線治療や前立腺癌などに対するIMRTを中心に治療を行う。

スルーブットが良好であるため16時までには治療が終了し、業務時間内に照射業務以外の計画検証作業などを終了することが可能となった。

表1 MU値と照射時間の比較(治療時間:寝台に寝てから放射線治療後寝台から降りるまでの時間)

		Halcyon	VitalBeam
		VMAT (2 arcs)	VMAT (2 arcs)
前立腺	照射方法		
	MU	461.7	610.5
	治療時間(min)	6:00	9:33
温存乳房	照射方法	非対向2門 (IMRT)	非対向2門 (Field in Field)
	MU	365.7	237.2
	治療時間(min)	5:26	4:15

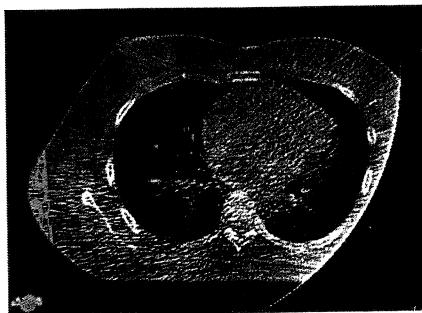


図3 CBCT: Breastモード, iCBCT(-)

ガントリ回転速度となり、加えて高線量率(800MU/分)FFFモードX線、5cm/秒のMLC速度を有することによって、治療時間の短縮が可能な点である。そのため、従来のリニアックで計画した照射野数やアーク数が同じであれば、前立腺癌に対するVMATは約9分33秒から約6分へと短縮が可能となるため、治療時間を維持したままアーク数を増やすことによる線量分布の改善も可能である。温存術後乳房に対する放射線治療はkV-CBCTと照合の時間が加わるが、1分程度の時間延長で治療が可能となっている(表1)。

HalcyonのIGRTはMV-2Dか、MV-CBCTまたはkV-CBCTから選択可能であり、MVで撮影された場合は計画線量に合算されるようになっている。また、kV-CBCTの画像再構成には、逐次近似画像再構成法(Iterative Cone-Beam CT: iCBCT)が用いられており、これによって、ノイズを抑えた高画質な画像を得ることが可能となったため、位置照合画像の視認性が改善した。これまでのHalcyonバージョン2.0のiCBCTは骨盤部など一部のモードにおいてのみ使用可能であったが、新たなバージョン

3.0において、すべてのモードで使用できるようになった。また、先に述べたように回転スピードが高速化したことにより、高速撮影モードを選択すると最短で約17秒、骨盤部でも約21秒で撮影可能となり、Intra-fractional motionの影響も低減している。

CBCTによる被ばく

CBCTが必須となっていることで気になるのがCBCTによる被ばくである。特に乳房温存術後の放射線療法は従来のリニアックでは、体表マーカに対して位置合わせを行い、光学照射野にて問題がなければIGRTを行わず治療を行っていたため、CBCTによる被ばくに関してはかなり抵抗があった。

HalcyonのCBCTモードには、VitalBeamにはないBreastモードがあり、公称値での比較ではVitalBeamのPelvisモードの5.6%、Thoraxモードの22.5%の線量で撮影が可能となっている(図3)。

低線量であるため若干ノイズの多い画像になるが、これまでの症例においては位置照合の際に問

表2 kV-CBCTの各モードのデフォルトの値

	CBCT モード	Energy (kV)	Exposure (mAs)	CTDI _{vol} (mGy)	Scan Time (sec)
Halcyon	Breast	125.0	45.0	0.90	16.6
	Thorax	125.0	294.0	5.88	30.8
	Thorax Fast	125.0	270.0	5.40	16.6
	Pelvis	125.0	1080.0	21.60	36.7
	Pelvis Fast	125.0	560.0	11.20	21.2
VitalBeam	Thorax	125.0	270.0	4.00	60.0
	Pelvis	125.0	1080.0	15.98	60.0



図4 CBCT : Pelvis Fastモード, iCBCT(+)

題となったことはない。

表2にHalcyonとVitalBeamにおけるkV-CBCTの各モードのデフォルトの値の一部を示す。このように、Halcyonには各撮影モードのほとんどに撮影時間が短いFastが準備されており、当院では、骨盤部の撮影にはPelvis Fastモードを用いている(図4)。

図5にCatphan CT phantomを用いて画質を評価した結果を示すが、VitalBeamのPelvisモードと比較して線量は51.9%と減少しているが、コントラストノイズ比、空間分解能、均一性いずれも遜色のない結果であった。

先に述べたように、HalcyonはIGRTに要する時間ならびに照射時間の短縮によって治療中の患者の身体的負担を軽減しつつ、質の高い放射線治療の提供が可能となっているが、それだけでなく、柔らかな間接照明を配したCTのような優しい外観を呈しており照射中のガントリ周りの構造の動きも気にならない。また100cmの大きなボア径を有することによって治療を受ける体位の自由度が増すだけで

なく、照射中に患者が受ける圧迫感の軽減にも繋がっている。加えて、水冷式の冷却システムを用いることで静肅性の改善も実現されており、心理的な負担も、より軽減した形で患者に優しく治療を行っている印象がある。

Halcyonの実臨床における運用において影響を及ぼしうる点として、照射野が28cm×28cm(dual isocenterで28cm×36cm)と比較的狭いことが挙げられる。当院における主な対象症例としては、鎖骨上リンパ節領域を含んだ乳がんの術後照射症例や、広範な脊髄髄膜播種症例に対する全脊髄照射などは不向きな部類に入と考えているが、当施設においては、このような症例はVitalBeamで治療を行うことで特に運用上は問題となっていない。また、6MV-X線(FFFモード)のみが利用可能である点であるが、照射部位や患者の体格によっては、通常の6MV-X線との比較においても皮膚線量が高くなるため、急性期の放射線皮膚炎の増強が危惧されたが、これまでHalcyonで照射を行ってきた乳房温存術後症例においては特に目立った増強の印

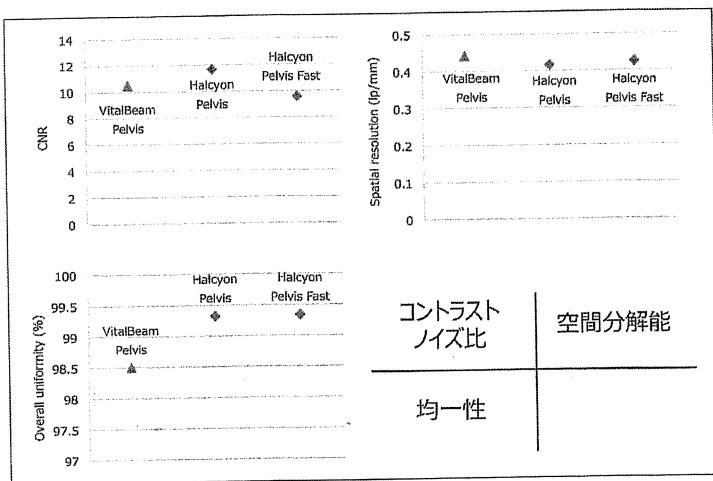


図5 Catphan CT phantomを用いた画質評価結果

象はない。また、現時点では呼吸同期システムなどの外部機器との接続性が乏しいが、こちらについては今後の展開に期待したい。

今回、当院は既存の装置の更新としてHalcyonを導入した。既存の装置撤去から新規装置の設置・稼働開始までの治療停止期間は治療待機症例におけるがんの進行や放射線治療効果の減弱が危惧されるだけでなく、病院経営の面からも問題である。Halcyonはシンプルな設計・構成となっているため、搬入と組み立て時間の短縮が実現され、さらに照射装置のビームデータが放射線治療計画用ソフトウェア「Eclipse」に登録された状態で納入されるため、コミショニングに要する期間の短縮も可能である。このように、機器更新にともなう治療停止期間を最小限に抑えることが当院においても可能であった。また、ユーザインタフェースと操作手順などのワークフローも簡素化されており、スループットが向上

するだけでなく、より高い安全性の実現も期待されるため、患者だけでなく、病院やスタッフにも優しい装置であると考ええる。

おわりに

今回、当施設におけるHalcyonの初期使用経験について述べた。従来のリニアックと比べて適応可能症例はやや限定される部分はあるものの、装置設置から稼働までの速さや簡素化されたオペレーション、良好なスループットなど、実際の臨床の現場において求められる点でのストロングポイントも多く有している放射線外照射治療装置である。当院においては、VitalBeamに次ぐ2台目の装置としてその有用性を存分に発揮しているが、対象とする疾患など施設の特性によっては、1台目の装置としても十分に検討しうるものと考ええる。