18-078

多発脳転移におけるVMATの検討 ～治療計画～

○佐々木 幹治[1)]、岸 太郎[1)]、川下 徹也[1)]、原 康男[1)]、三枝 裕司[1)]、福永 有希子[1)]、下窪 康史[1)]、富永 正英[2)]、多田 章久[1)]

1）徳島大学病院診療支援部、2）徳島大学大学院保健科学教育部

【背景および目的】放射線治療医より全脳照射後の多発脳転移（3箇所以上）に対する救済治療法としてVMAT（Volumetric Modulated Arc Therapy）治療の依頼。今年6月より1例目のVMATを開始し、現在までに全脳照射を同時に照射した症例を含めて6例の照射を行った。そこで、多発脳転移における治療計画の妥当性の評価を行ったので報告する。

【方法】臨床開始までにコールドランとして過去に脳転移箇所（3箇所以上）に対して脳定位を行った5名を対象とし、多発脳転移箇所のみ照射した場合と全脳を含んだSIB（simultaneous integrated boost）照射治療計画パラメータ設定を決定した。

今年6月開始以降の多発脳転移症例6名に対するPTVの均一性と眼球および水晶体などのリスク臓器に対する線量の妥当性を評価した。最適化用のボリュームとして使用したボリュームをFig.1（A）、（B）に示す。

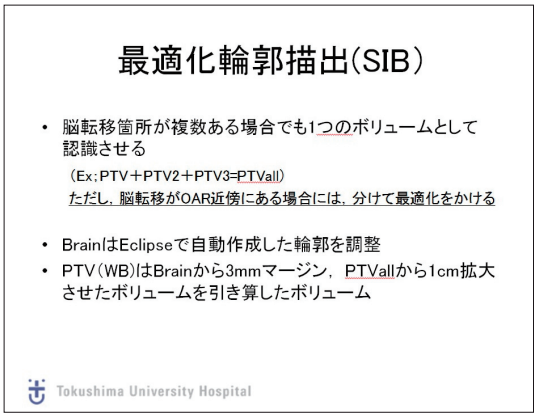

Fig.1 （A）

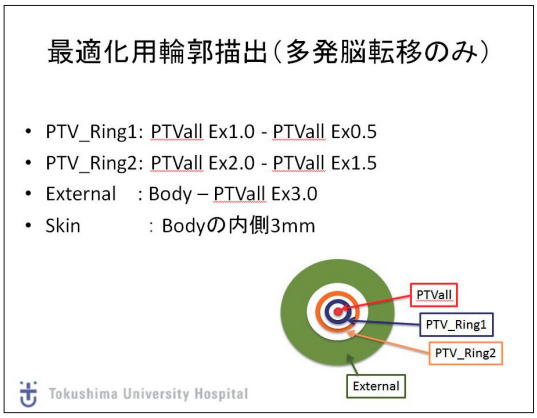

Fig.1 （B）

PTV（Planning target volume）の均一性としてHI（Homogeneity Index）を使用し、OAR（Organ at risk）の評価は最大線量とした。PTV_Ring1、PTV_Ring2、Externalについては、多発脳転移箇所のみの計画時に眼球、水晶体、皮膚表面についてはSIBでの計画についても評価した。

【対象】コールドラン症例については、脳転移箇所3箇所以上の5名である。そのうち2名については、脳幹近傍に発生したものである。臨床症例は6名であり、転移箇所は2箇所～30箇所以上である。

【結果および考察】

• コールドラン症例

コールドラン症例に対する計画の結果、眼球および水晶体については、概ね10Gy以下の結果であり臨床的に白内障などの副作用が起こる可能性が低く問題のない結果となった。皮膚表面については、症例により転移箇所が皮膚表面近くに発生したものがあるため、脱毛を防ぐことは難しいと考える。HIの評価では、SIBのほうが概ね良好な結果となり、全脳照射歴のない初発の多発脳転移患者については、できる限り全脳を含めたSIBに期待ができる結果となった。

• 臨床症例

コールドラン症例と比較し、明らかに転移個数多く、尚且つサイズが大きな症例であり、コールドランと比較しHIは悪い傾向であった。しかし、現在までのフォローアップ期間において明らかな再発および新たな脳転移が発生していないため、今後期待がもてる治療方法であると考える。

【まとめ】多発脳転移におけるVMATでは、コールドランの結果より全脳を含むSIBのほうがPTVallに対する均一性はよい場合が多い。しかし、転移箇所が増えるにつれてPTVallの均一性は悪くなる傾向があった。SIBでは、転移個数が多い場合、全脳に対する均一性が良くなる傾向がある。多発脳転移箇所のみに照射する場合には、転移個数が多ければ腫瘍から離れた領域（1 cm～2 cm）の線量を低減

することは困難である。今後、長期にわたる臨床成績と合わせて評価を行うことで良好な治療となりうる可能性がある。

18-079

多発脳転移におけるVMATの検討 ～線量検証～

○佐々木 幹治[1)]、岸 太郎[1)]、川下 徹也[1)]、原 康男[1)]、三枝 裕司[1)]、福永 有希子[1)]、下窪 康史[1)]、富永 正英[2)]、多田 章久[1)]

1）徳島大学病院診療支援部、2）徳島大学大学院保健科学教育部

【背景および目的】放射線治療医から全脳照射後の多発脳転移（3箇所以上）に対する救済治療法としてVMAT（Volumetric Modulated Arc Therapy）治療の依頼。

今年6月より1例目のVMATを開始し、現在までに全脳照射を同時に照射した症例を含めて6例の照射を行った。VMATの事前検証では、固定多門のIMRTと異なり、各門検証を行うことが困難である。検証方法を一部変更する必要がある。今回、我々はVMAT検証に対して患者個別の事前検証の方法と結果について、初期経験を報告する。

【使用機器】

- 医療用直線加速器　NovalisTx（BrainLAB）
- 治療計画装置　Eclipse ver8.9.17（VARIAN）
- ファントム　RT3000New、RT-Cylinder2300（R-TECH）
- 電離箱線量計　CC01（IBA dosimetry）
- フィルム　RTQA2（ISP）
- フィルム解析装置　D.D. system ver.10.0（R-TECH）
- 3次元検出器システム　ArcCHECK、SNCpatient（Sun nuclear corporation）

【方法】

- 電離箱線量計を用いた絶対線量検証

CC01とRT3000newの組み合わせによる絶対線量測定を行った。測定箇所については、全ての脳転移箇所における測定は現実的ではなく、臨床運用上、不可能であるため症例により線量勾配の急峻でない箇所を任意選択し、複数箇所測定を行った。｛RT-3000newでは、左右および背腹方向の線量計設置がI.C.から5～60㎜（10㎜、55㎜を除く）まで1㎜間隔で可能である。｝

- フィルムによる線量分布評価（相対線量）

RT-2300CylinderをRTQA2の組み合わせで測定を行い、解析ソフトにはD.D.systemを使用した。評価断面は、I.C.上のAxial、Sagittal、Coronal断面とし線量分布の確認を行った。評価方法はGamma method（3㎜、3%、Th：30%）、等線量曲線、profile確認を行った。

- ArcCHECKを用いた絶対線量評価

ArcCHECKでの絶対線量測定を行い、解析ソフトにはSNCpatientを使用した。評価方法はGamma method（3㎜、3%、Th：10%）、profile確認、Dose differenceを用いた。

【結果】

- 電離箱線量計を用いた絶対線量検証

6症例ともに3%を超えるような誤差は認められなかった。

- フィルムによる線量分布評価（相対線量）

Gamma method（3㎜、3%、Th：30%）の結果は平均値±S.D.（最低パス率）を示す。Axial断面90.87±1.92%（87.43%）、Sagittal断面95.69±2.91%（90.90%）、Coronal断面94.50±3.40%（88.51%）。90%を下回るような症例も中には生じた。当線量曲線およびprofileについては目視による評価ではあるが、おおむね良好な結果となった。

- ArcCHECKを用いた絶対線量評価

Gamma method（3㎜、3%、Th：10%）は、97.42±1.70%（95.50%）であり、profile、Dose differenceについても概ね良好の結果となった。

【考察】多発脳転移VMATの線量分布検証においては、リーフモーションを考えた場合にI.C.上の1断面検証結果のみでは不十分であると考えるためArcCHECKは有効な検証ツールとなる。基本的には固定多門のIMRTと同様の検証手法で良いが、VMATではコントロールポイント毎のQAが固定多門IMRTにおける各門検証と同意義である。しかし、現在のところコントロールポイント毎のQAはログファイルでの解析以外に検証を行うことは不可能である。単純なログファイル情報のみでの解析ではガントリースピードおよび線量率を反映することはできないため、今後の検討課題である。多発脳転移症例においては、症状が急速に進む患者さんもおられるため治療計画から照射開始までの期間をできるだけ短くする必要がある。

【結語】多発脳転移VMATに対する事前検証について報告した。現在の事前検証では、治療計画から照射開始までに約1週間の期間が必要であるため今後事前検証の簡略化を行なっていく予定である。

18-080 線量率600 MU/minを使用した場合の頭頸部IMRTの照射精度評価

○山下 大輔、山田 誠一、近藤 和人、中桐 正人、平田 祐希、園田 泰章、小見山 郁子、清川 文秋
倉敷中央病院

【背景】頭頸部領域のintensity modulated radiation therapy（以下IMRT）では、脊髄や耳下腺などのリスク臓器への線量低減が出来る一方、照射時間が長いことが問題点の一つとして挙げられる。線量率600 MU/minにした場合の照射時間は、線量率300 MU/minを使用した場合に比較して、1 - 2分程度の時間短縮を認める。問題点として、MUlti leaf collimator（以下MLC）駆動速度の増加、MLC gap widthの狭小化およびbeam hold offの発生による照射精度の低下が懸念される。

【目的】本研究では、頸部IMRTにおいて線量率600 MU/minにした場合の照射精度を、線量率300 MU/minと比較評価した。

【方法】対象は頸部IMRT適応となった5症例とした。放射線治療計画装置Eclipseにより、線量率300 MU/minおよび600 MU/minを用いて計画されたIMRTプラン情報を表1に示す。作成されたIMRTプランについて、2次元検出器MapCHECK2（sun nuclear）とEPID-aS1000（varian）により各門検証（Gantry0°）を行い、ガンマ解析（3 ㎜/3%/threshold10%）のパス率を比較した。有意差検定にはwilcoxon signed-rank testを用いた。またlog file解析によりMLC位置精度を比較評価した。さらにlog fileより得られるbeam hold off signalの情報から、beam hold offが分布に及ぼす影響を、EPIDのフルエンス分布から視覚評価した。放射線治療装置にはCLINAC iX（varian）を用いた。

表1　線量率300MU/minと600MU/minで作成された頸部IMRTプラン情報

Dose Rate [MU/min]	case	Energy [MV]	Field	total MU	total segment NO.	leaf gap width [mm]	leaf speed [mm/sec] AVE	leaf speed [mm/sec] MAX
300	A	6	7(12)	1132	1325	12.0±4.9	3.0±0.5	28.6
	B			1602	960	10.5±4.4	2.7±0.5	27.1
	C			1487	1093	16.7±5.1	2.9±0.3	43.1
	D			1638	1122	14.2±5.4	2.6±0.6	42.7
	E			1840	1006	11.9±5.9	2.5±0.8	26.7
600	A	6	7(12)	1600	1556	10.2±4.5	5.2±0.8	63.1
	B			1846	1136	8.9±3.8	4.8±0.7	40.0
	C			1740	1303	14.0±4.4	5.2±0.5	83.1
	D			1860	1304	12.2±4.6	4.7±0.9	96.1
	E			2077	1151	10.3±5.1	4.5±1.2	51.8

【結果】線量率300 MU/minと600 MU/minのパス率の中央値は、MapCHECK2で97.7%および97.1%（p＜0.0001）、EPIDで96.8%および96.6%（p＜0.01）であった。またlog file解析より、計画された線量率300 MU/minと600 MU/minの平均リーフ速度は2.75±0.57 ㎜/secおよび4.88±0.88 ㎜/sec、最大リーフ速度は43.14 ㎜/secおよび96.08 ㎜/sec、リーフ位置誤差は0.00±0.01 ㎜および0.00±0.02 ㎜、MLC位置誤差が0.2 ㎜を越える割合は0.0008%と0.0024%、照射中のbeam hold offは各fieldのセグメントの最後の方で発生しており、その発生回数11回（4/60field）と36回（13/60field）であった。図1はbeam hold offの原因となったリーフのEPIDによるフルエンス分布の例で、図中の▼はbeam hold offが発生している場所を示す。図1より、beam hold offが発生した場合でも計画値（plan）と実測値（actual）が一致していたことから、beam hold offが分布に与える影響は認められなかった。

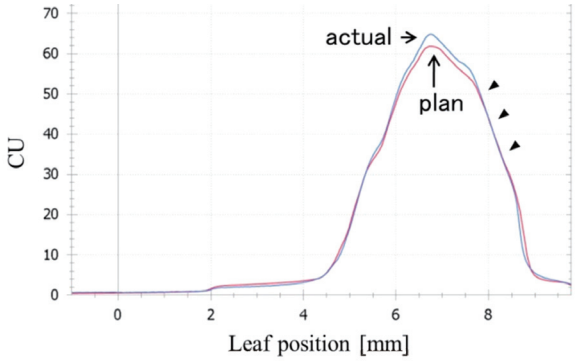

図1　beam hold offの原因となったMLCのフルエンス分布

【考察】線量率300 MU/minと600 MU/minを使用したIMRTプランの2次元検出器を用いた各門検証では、パス率の低下は僅かであり、MLC駆動も高精度に制御されており、線量率600 MU/minを使用したIMRTが、治療精度を著しく低下させるものではないことを示唆した。しかし線量率600 MU/minを使用したIMRTでは、セグメント数およびMLC駆動速度が増加し、MLC gap widthが小さくなる。これらはIMRT線量検証を困難にする要因となる。またMU値も増加し、2次発がんリスクが高くなる。一方で照射時間の短縮効果は1-2分と僅かであった。

【結論】線量率600 MU/minを使用したIMRTの照射精度を、線量率300 MU/minと比較し、臨床において使用可能であることを示した。しかし、時間短縮効果は僅かであるのに対して、検証を困難にする可能性があり、また2次発がんなどのリスクを増加させることから、積極的な使用には注意が必要である。

18-081

前立腺 IMRT プランニングにおける リーフセグメンテーションに関する評価

○杉原 誠治[1)]、青山 英樹[1)]、笈田 将皇[2)]、大塚 裕太[1)]、井俣 真一郎[1)]、藤井 俊輔[1)]、三浦 隼人[1)]、宇野 弘文[1)]、田原 誠司[1)]、稲村 圭司[1)]

1）岡山大学病院 医療技術部放射線部門、2）岡山大学大学院 保健学研究科、

【背景・目的】本報告は、放射線治療計画装置による IMRT プランニングにおける、新規に導入されたリーフセグメンテーションのパラメータに関して、前立腺 IMRT プランニングを中心に、従来法のパラメータとの比較を行い、有効性を見出すことを試みたものである。

【使用機器・方法】使用機器は、治療計画装置（Xio ver4.6.0：エレクタ社）、直線加速器（Primus KD2：Siemens 社）、2次元検出器（MapCHECK：Sun Nuclear 社）を用いた。対象は、前立腺 IMRT（7門照射/74 Gy）が実施された5症例である。比較を行ったパラメータは、セグメント生成パラメータとして従来用いてきた SlidingWnd（以下 SW）、および追加された Smart Sequencing（以下 SS）。さらに、新しく追加された機能 Segment Weight Optimization（以下 SWO）である。これらのパラメータを、セグメント生成パラメータ（SW と SS）の違い・SWO 使用の有無の組み合わせから、SW、SW ＋ SWO、SS、SS ＋ SWO の4パターンのプランを患者毎に作成した。検討項目は、セグメント数、総モニターユニット数、直腸平均線量、および線量分布検証における γ 解析パス率（各門 3 ㎜/3％）とした。

【結果】各項目の結果は従来法である SW の結果を基準とした変化率で表す。Fig.1 はセグメント数を、Fig.2 は総モニターユニット数、Fig.3 は直腸平均線量を示している。また、γ 解析パス率は比較を行ったどのプランにおいても、概ね97％以上であった。

【考察】Step & Shoot 方式の IMRT プランニングにおいて重要なことは、可能な範囲での総 MU やセグメント数の低減、DVH の改善、QA 結果の向上があげられる。本報告で検討を行った放射線治療計画装置 Xio におけるパラメータ SS・SWO の併用によって、QA 結果をはじめとする前述の内容の大部分を従来法のパラメータよりも改善することが可能であった。原因としては、SWO による DVH の改善、および SS による従来法のように限定された MLC 動作方向のみから Filed 形成するのではなく、MLC 動作に制限を加えない状態で線量分布を作成可能になったことだと考えられる。しかしながら、MLC 動作が従来法のパラメータによるプランニングよりも複雑になるため、停止位置精度の品質管理がより重要になることに注意が必要である。

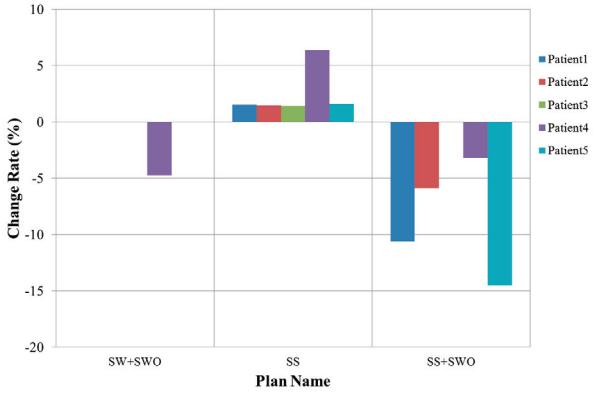

Fig.1　セグメント数の変化率

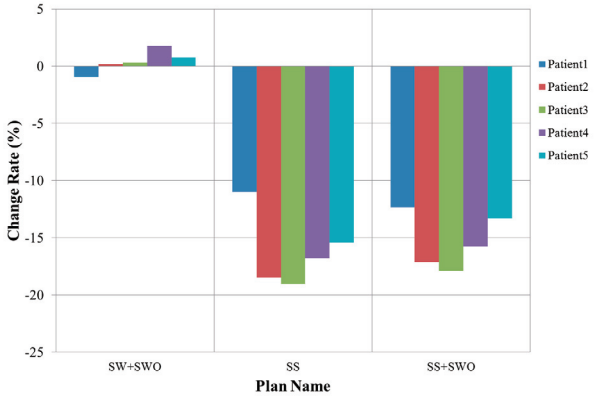

Fig.2　総モニターユニットの変化率

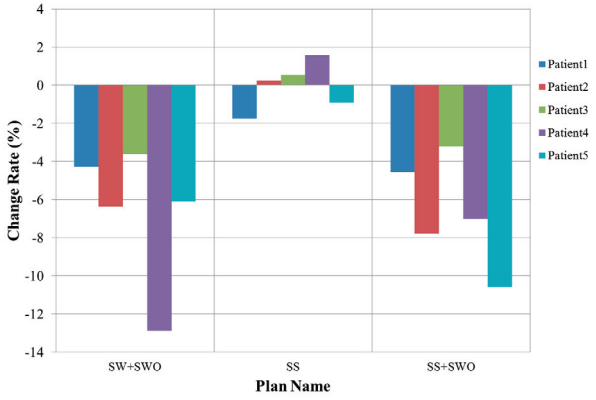

Fig.3　直腸平均線量の変化率

【結語】新規導入されたパラメータは、前立腺 IMRT プランニングにおいて、臨床面および品質管理面のどちらからも有用であることを確認した。