

第35回高精度放射線外部照射部会学術大会

ランチョンセミナー2

日時：2022年3月5日(土)

座長 山口大学大学院医学系研究科 放射線腫瘍学講座 教授 田中 秀和先生



演題①

新施設・新装置 Radixact・CyberKnife による新しい運用方法—臨床編—

演者 愛知県厚生農業協同組合連合会 安城更生病院 放射線治療科 竹内 亜里紗先生



■ ラディザクト、サイバーナイフ導入経緯

本セミナーではラディザクト、サイバーナイフの運用方法のうち、臨床面を紹介する。当院は人口約19万人の安城市の市民病院的な役割を担っているが、これまで、近隣6市70万人の医療圏に対しIMRT可能施設が院外の1施設しかなかった。他医療圏に高精度放射線治療を依存していた状況を脱却すべく、がん治療の充実に向けた事業の一環として高精度放射線治療センター設立方針が進められた。

装置選定では、まず、定位放射線治療に定評があり、当

医療圏で稼働していないサイバーナイフが選定された。さらに、IMRTと3D-CRTを使い分けられること、照射範囲の広さ(頭尾方向はマージンを考慮しても最大130cmまで照射可能)、立ち上げまでの期間が短縮できること、装置の品質保証・品質管理が効率化されていること、サイバーナイフS7とラディザクトX9の組み合わせが国内初であること、などの複数の利点よりラディザクトが選定された(図1)。

開院直前・直後は内覧会の実施、近隣施設への案内、院内・職員用広報誌やグループ病院広報誌への記事掲載など幅広く行い、反響も得られた(図2)。

図1 機器選定理由(左：サイバーナイフ、右：ラディザクト)

なぜサイバーナイフとラディザクトを選定??

まず1台目としてサイバーナイフを選定

- 定位放射線治療に強みをもつサイバーナイフが当医療圏ではまだ導入されていなかった。
- 当院から他医療圏に紹介されていた症例の多くは、転移性脳腫瘍や孤立性肺腫瘍など定位放射線治療の適応症例であった。



愛知県内では4台目ですが、一番近い病院でも20kmは離れています

なぜサイバーナイフとラディザクトを選定??

汎用型放射線治療装置(リニアック)ではなく

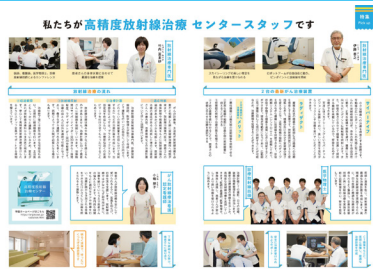
2台目にラディザクトを選定

- IMRTと3D-CRTモードを使い分けられる。
- 広範囲(頭尾径130cm以内)に存在する病変に対して一度に高精度治療を行える。
- 立ち上げ期間の短縮(約4ヶ月)が可能である。
- 機器の品質保証・品質管理が効率化され安全な実施が可能である。
- サイバーナイフS7とラディザクトX9の組み合わせは日本初、両装置にSynchronyが搭載されているのは世界4番目である。
- 当院は全身照射の件数が多く、ラディザクトによる全身照射が従来のリニアックに比べより正確な線量を投与できる。



図2 啓発・広報活動(左：患者用、右：職員用)

開院時の広報活動 ~院内広報誌 患者用~



当院のHPからも閲覧できます

開院時の広報活動 ~院内・グループ病院広報誌 職員用~



治療実施状況

2021年6月から2022年2月までの各装置の腫瘍別治療数内訳を図3に示す。当院では今までIMRTを行っていなかったため、開院当初は3D-CRTから開始して、従来の治療方法を再現し、その後にIMRT、SBRTを開始した。また、毎週1回多職種カンファレンスを開催し、状況や問題点を共有した。

サイバーナイフ治療は頭蓋内病変から開始した。SBRTは肺腫瘍から開始し、現在では前立腺、肝治療も実施している。

ラディザクト治療では治療比率の高い部位は他院と変わらないようである。全身照射(Total Body Irradiation: TBI)も既に5件実施した。

収入予算対比を図4に示す。設定した段階的稼働計画に対してラディザクトは順調に伸長している。サイバーナイフは頭蓋内病変から徐々に部位を追加した。2022年1月からの前立腺治療開始も寄与して伸長傾向にある。ラディザクト全体に占めるIMRTの割合を図5に示す。

IMRT実施後10件目以降の2021年8月より請求を開始し、以降、順調に増加している。サイバーナイフで行う前立腺、肝臓、(一部の)肺治療では金マーカを挿入する。

サイバーナイフ治療に必要な金マーカの導入経緯を図6に示す。メーカーからの情報収集、関係診療科への説明会実施、実症例に対する事前検討と順を追って進めた。肺、肝へのマーカ挿入には現在も立ち合いを行っている。

ラディザクト、サイバーナイフの使い分け

ラディザクトとサイバーナイフの使い分けについて、当院での実施例を元に、図7に概要を示す。症例によりどちらでも可能という場合もあり、明確に使い分けを記載するのは難しい。病変サイズが概ね10cmを超えない、30分程度は仰臥位可能、骨または金マーカで追尾が可能、などの場合はサイバーナイフ治療を検討している。サイバーナイフの方が周囲の線量を落とせるので、周囲臓器の線量低減を重視し、特定臓器を特に守りたい場合はサイバーナイフが有用と考えている。肺、肝に関して、呼吸が不正の場合には追尾照射が困難なので、ラディザクトを用いてMVCT画像を確認しながら治療を行うこともある。

ラディザクトの利点としては、①広範囲な病変もつなぎ目なく照射可能であり、つなぎ目がある場合のつなぎ目位置の選択や、高線量領域・低線量領域を抑制する調整などの手間を省ける点、②従来はIMRTを行っていなかった症例でも比較的簡易にIMRTを実施できる点、③IMRTを用い、より良いプランを作成できる点(全脳照射時の水晶体抜き、脊椎照射時の咽頭保護、TBI時の水晶体・肺の線量低減など)、が挙げられる。

装置を使い分けた治療例を図8に示す。下咽頭癌の遊離空腸再建術後にリンパ節再発した症例に対し、まずラディザクトで予防リンパ領域を含めた照射を行った。次いで、再発したリンパ節が遊離空腸に近接していたので、後半はサイバーナイフを用いてリンパ節へのBoost照射を行った。遊離空腸を避けて照射できたことが示されており、サイバーナイフの利点が活かされた症例であった。

図3 腫瘍別治療数内訳

治療実績 腫瘍別

2021年6月1日～2022年2月18日(数字は件数)

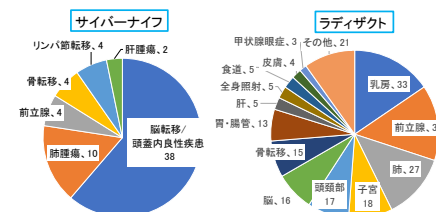


図4 収支予算対比

治療実績 収入予算対比

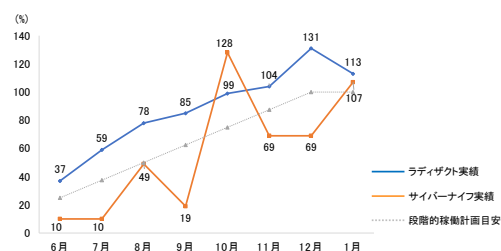


図5 ラディザクト治療のIMRT実施割合

治療実績 ラディザクト全体に占めるIMRTの割合

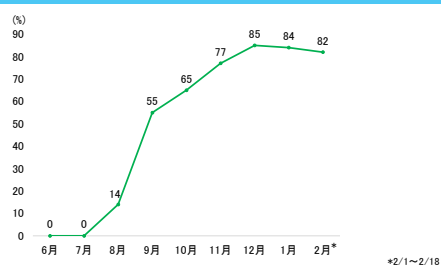


図6 金マーカ導入経緯

高精度放射線治療の個別化・・・金マーカ導入の手順

- メーカーから情報収集
- 実施頂く診療科の部長へ説明
 - 肝マーカ: 超音波関係者
 - 肺マーカ: 気管支鏡関係者
- 説明会を開催(実施の診療科や関係部署)
- 症例について事前打ち合わせ
 - 特に肝臓に関しては、放射線科、消化器内科Dr、超音波検査技師の3者で実際に患者に超音波をしながら刺入経路を考えている。
- 金マーカ挿入(立ち合い)

前立腺サイバーナイフ治療では金マーカなど挿入があり、骨盤内手術歴がある場合や出血傾向の症例では不可となる。治療回数(サイバーナイフ 5回、ラディザクト 28回)含めて説明の上、患者さんに希望の治療を選択頂く(図 9)。

治療を円滑に行うため、毎日のカンファレンスで、翌日からの治療開始患者さんの病歴、プラン、注意事項の確認と、翌日からの新規診療開始患者さんの情報確認を行っている。医師が治療方針を説明し、治療装置の選定、照射方法、固定方法など、装置の使い分けも含め討議する(図 10)。また、円滑な診療運用のための更衣室管理、畜尿量管理の工夫を行っている(図 11)。

今後の展望

今後の展望を図 12 に示す。ClearRT は 2022 年 3 月に導入予定で、IGRT の充実と共に、1 人当たりの照射時間を短縮させ、治療件数の増加を見込んでいる。

今まで他医療圏へ紹介していた場合には難しかった“自宅から通いながら”、“仕事と両立しながら”、“化学療法を併用しながら”の高精度放射線治療が徐々に実現し、普段の生活をなるべく維持しながらがん治療を受ける、という理想の形が可能になりつつあると感じている。

以上

図 7 サイバーナイフとラディザクトの使い分け

サイバーナイフとラディザクトの使い分け

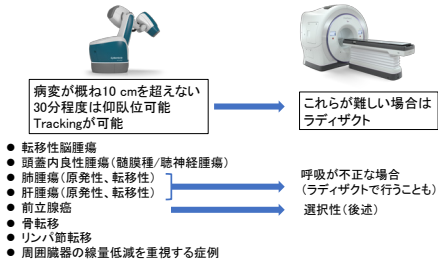


図 8 下咽頭癌リンパ節再発例

サイバーナイフとラディザクトの使い分け 実例

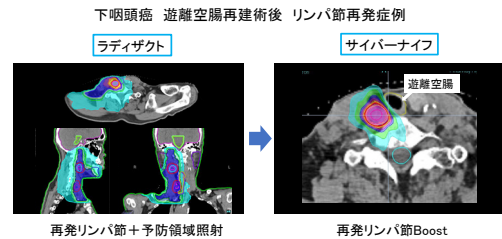


図 9 前立腺癌治療

サイバーナイフとラディザクトの使い分け 実例

前立腺癌		
	サイバーナイフ	ラディザクト
対象T分類	T1, 2のみ	全て
金マーカ	有 } 入院にて	無
SpaceOAR	有 } 同時挿入	無
尿道カテーテル挿入	有	無
線量/分割回数	3625cGy/5Fr.	7000 cGy/28Fr.
その他	骨盤内手術歴あり } 不可 出血傾向	

条件が合えば患者本人に選択頂いている

図 10 多職種カンファレンスの実施

治療を円滑に行うための取り組み

- ①医師、診療放射線技師、医学物理士、看護師参加のカンファレンスを毎日行う
 - ✓ 翌日から開始の患者情報: 病歴、プラン、注意点など
 - ✓ 翌日放射線治療科を新規受診する患者情報: 画像と共に供覧。医師が治療方針を述べた上で、治療装置の選定、照射方法、固定方法などを議論。具体的に計画CT撮影時期と開始時期も相談。

時には一方の治療装置が選定しており、もう一方の装置を利用した方が総合的に有用である場合も

治療開始までの手順や注意点なども明確となり、結果的に初診時の対応や準備がスムーズとなっている

図 11 円滑な診療運用の工夫

治療を円滑に行うための取り組み

①予約時間通りに進められる工夫



更衣が必要な症例は事前に更衣室(計4室)で着替え

3D 経食道膀胱容積測定装置 DubeScan BioCom-700



蓄尿が必要な症例に使用(主に泌尿器系・婦人科系)

図 12 今後の展望

今後の展望

Synchronyの活用

肺・肝臓領域の定位放射線治療に関しては当院でも需要の多い分野であり、正確な照射とマージンの最小化による有害事象の軽減が期待される。

ClearRTの導入

IGRTの充実と共に、1人当たりの照射時間の短縮による件数の増加を見込んでいる。

定位照射の強化

当医療圏にサイバーナイフは1台であり、周辺地域の需要にさらに対応していきたい。

新施設・新装置 Radixact・CyberKnife による新しい運用方法—技術編—



演者 愛知県厚生農業協同組合連合会 安城更生病院 放射線治療科医学物理係 矢田 隆一先生

はじめに

本セミナーではラディザクト・サイバーナイフ導入立ち上げの経験を、①臨床稼働まで（2021年4月～6月）、②臨床稼働後～現在まで（2021年6月～2022年2月）、③今後（2022年3月～）に分けて紹介する。

①臨床稼働まで（2021年4月～6月）

2021年4月時点の状況

これまで汎用機1台で年間600件弱の新患治療を実施してきた。照射部位もTBI含め全身に渡っていた（胸部、骨、腹部・骨盤部で全体の約7割）。専任医師1人体制でIMRTなどの高精度治療は実施しておらず、他院に年間200件ほど紹介していた。2021年6月の高精度放射線治療センター開設に伴い、放射線治療専門医2名、医学物理士1名がセンター稼働2ヶ月前に着任した。

新規導入システムとしては治療装置2台（ラディザクト X9、サイバーナイフ S7（Accuray社））および、治療計画用CT装置（SOMATOM Confidence RT Pro（Siemens社）、治療計画装置（Precision（Ver.3.1.0.0）4台（Accuray社）、RayStation（Ver.10.0.1）2台（RaySearch社）、QA機器（Delta4 HexaMotion（ScandiDos社）、SRS MapCHECK、Plan IQ（Sun Nuclear社）、SciMoCa（ScientificRT社）、治療RISなどであった。

各装置が稼働までに要した期間について概説する（図13）

13)。ラディザクトでは装置搬入からコミッショニング完了まで2ヶ月足らずであった。ゴールデンビームデータに装置を合わせこむ方式でビームデータ測定が不要であり、また標準QAキットが用意され、コミッショニングを含めて比較的簡便であることから非常に短期間で装置を立ち上げ可能であった。一方、サイバーナイフではビームデータ測定、ビームモデリングが必要なこともあり、装置搬入からコミッショニング完了まで3ヶ月強であった。取得データは、ハウジングがFix、Iris、MLCの3種類あり、FixとIrisは、12個のサイズのコリメータのデータが必要となる。また、小照射野サイズの測定の知識も必要である。アキュレイ社からのサポートにより、予定通りコミッショニングまで完了した。

コミッショニング時に当院が参照した資料を図14に示す。これら以外では、特にIMRTやSBRT、小照射野測定に関して重点的にコミッショニングを実施した。

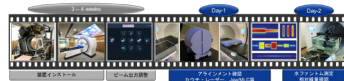
また、導入した装置の性能を最大限に活かしつつ、安全に臨床使用していく上で、トレーニングは非常に重要であった。当施設が受けたトレーニングについて図15に示す。両装置共に非常に充実したトレーニングが用意されており、臨床開始後のフォローアップトレーニングも頻回に実施された。立ち上げから臨床稼働まで短期間で実施できた一因として、本トレーニングによるところが大きかったと感じている。

その他の事前準備について図16に示す。治療プロトコ

図13 装置立ち上げ（左：ラディザクト、右：サイバーナイフ）

Radixact

2/15 装置搬入
3月中 ATP完了
4月 コミッショニング



データ提供：Accuray

ゴールデンビームデータに装置を合わせこむ方式
計画装置へ登録するビーム測定が不要

装置立ち上げ期間の短縮

CyberKnife

2/16 装置搬入
3月中 ATP完了
4月 ビームデータ測定
5月 コミッショニング



測定項目	Fix	Iris	MLC
Ray Tracing	○	○	—
Monte Carlo	○	○	○
Finite Size	—	—	○
Pencil Beam	—	—	○



データ提供：Accuray



コリメータの種類：12個

ビームデータ測定が必要!!

ルの作成、金マーカ評価、RayStation のコミッショニングなどを行った。臨床稼働前に第三者機関による出力線量測定を受けることも重要と考える。

②臨床稼働後～現在まで (2021年6月～2022年2月)

これまでの稼働状況を図 17 に示す。グラフ内に示した各照射法はそれぞれの照射の開始時期を示している。円グラフで示されるように、様々な部位へ治療が広がっている。

ラディザクトの稼働状況について図 18 に示す。このグラフから示唆されるように、ラディザクトにて IMRT を導入するハードルは意外に低いかもしい。

IMRT 比率が高まるにつれ、検証時間が増加するので、その時間の捻出が重要である。当院の取り組みの一つとし

て、時間差勤務を導入している。1 名が始業時間 1 時間前に装置を立ち上げ、2 名が始業時間の 2 時間後に出勤することで治療後の QA 時間を確保している。照射件数が増加すると、時間を要する Machine QA の照射後実施が困難になるため、定期的に QA 日を土曜日に設けている。治療計画側の対策としては、プランテンプレートやスクリプト機能などを活用し、できるだけ効率的に治療計画を作成する工夫を行っている。

ラディザクトを用いることで高精度な TBI が実施できるが、事前準備もそれなりにある。図 19 に概要を示す。線量処方、輪郭の定義や最適化、計画パラメータなどについては先行施設や先行研究などを参考にしたが、先行事例を元に自分たちの方法を今後構築する必要があると感じている。治療計画だけでなく、照射時間も長くなるので固定方法、位置合わせの方法なども事前に綿密に検討する必要がある。また、QA 方法や上半身と下半身のつなぎ目の評価なども事前検討が必要である。当院では現在、患者さんの入室から退室まで 90 分程度を要しており、TBI が入った場合、他治療含めスケジュールリングについてスタッフ間で話し合っておく必要がある。

以下、臓器別治療、およびラディザクトとサイバーナイフの使い分けについて技術面から概説する。

前立腺 SBRT

前立腺の SBRT は、全例サイバーナイフにて治療を行っている。理由は①治療中に標的の追尾ができること、そのため、マージンの縮小が可能になり、有害事象の低減が期

図 14 コミッショニング時参照資料

コミッショニング

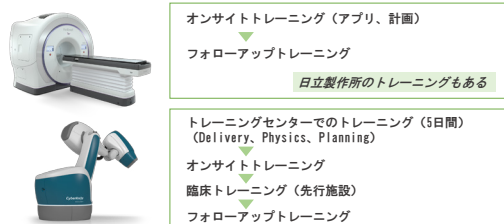
- Radixact
 - ✓ トモセラピーシステムの物理・技術的 Q&A
 - ✓ AAPM TG148: QA for tomotherapy
- CyberKnife
 - ✓ サイバーナイフ QA・QCマニュアル
 - ✓ AAPM TG135: Quality assurance for robotic radiosurgery
- CT
 - ✓ X線治療計画システムに関するQAガイドライン (JSMP TG01)
 - ✓ AAPM TG66
- その他
 - ✓ AAPM TG101, TG119, TG218, IAEA TRS483
 - ✓ X線線量計算の不均質補正法に関する医学物理ガイドライン (JSMP TG02)
 - ✓ THE SBRT BOOK



IMRT, SBRT, 小照射野, 不均質

図 15 トレーニング

トレーニング



充実したトレーニング内容と手厚いフォローアップトレーニング

図 16 その他事前準備

その他の事前準備

治療プロトコル

マーカの評価

- RayStation コミッショニング
- QA機器のトレーニング
- 各種マニュアル作成
- 測定シートの準備
- 第三者機関による出力線量測定

アーチファクト 視認性、追従性能

図 17 稼働状況

これまでの稼働状況

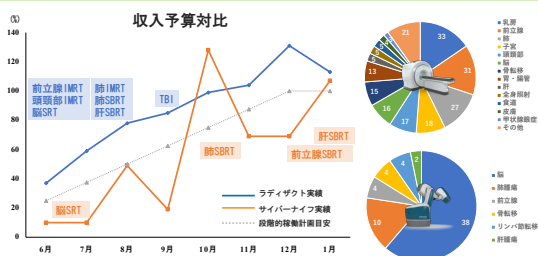
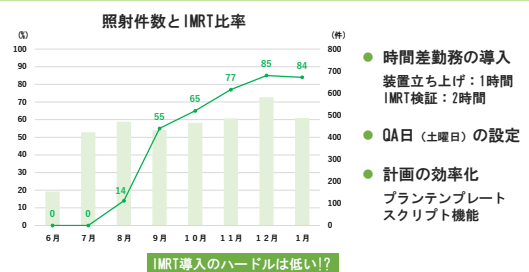


図 18 ラディザクト稼働状況

Radixactの照射件数増加のための取り組み



待できること、②尿道線量を抑えながらも PTV 内に高線量を処方する HDR のような分布を作成しやすく、線量分布の優位性がより高いこと、の 2 点が挙げられる。

当院の治療の実際について図 20 に示す。前立腺 SBRT の場合、基本的に全例、金マーカとスペース OAR を留置する。留置位置の共有を含め、泌尿器科医師との連携が重要で、場合によっては留置時に立ち合いも行っている。膀胱容量のコントロールと尿道の位置同定のため、治療時には尿道バルンカテーテルを留置する。毎回の治療直前に CT 撮影を行い、膀胱容量、直腸内ガス、尿道の位置などを確認し、治療中には Fiducial tracking を用いて照射している。前立腺 SBRT では手技が複雑になるため、業務フローについて職種間で共有しておくことが重要と考える。

肺 SBRT

肺の SBRT は、基本的にはサイバーナイフにて治療を行っている。理由は、①計算アルゴリズムにモンテカルロが使用できることやノンコプラナー照射ができるため、非常にシャープな線量分布が作成できること、②機動性の高いロボットを用いて追尾するため、補正の自由度が高いこと、の 2 点が挙げられる。

当院の治療の実際について図 21 に示す。これまでに動物追尾機能の使用を検討した 10 症例のうち、2 症例以外は追尾方法として Synchrony¹⁾ (Accuray 社製品の追尾・位置補正機能) による腫瘍の追尾が可能であった。腫瘍が

小さい、または、呼吸が不安定で追尾不可であった 2 症例では ITV 法にて照射を行った。その際、ノンアイセントリックに ITV 領域のみに照射するビームを避けるため、MLC を用いてアイソセントリックに照射を行った。前立腺 SBRT と同様、肺 SBRT でも手技が複雑になる。特に肺の場合は事前シミュレーション時に追尾可否、呼吸安定度、マーカ挿入可否などの判断が多い。フローチャートを作成して、職種間で共有しておくことが必須と考える。

使い分け

装置の使い分けについて、図 22 に臨床例を示す。左の症例は脊椎 SBRT の症例を示している。本症例のようなドーナツ型の CTV の場合には、治療中の動きに対する補正が重要なのでサイバーナイフを用いて治療を行っている。右の症例は肝 SBRT の症例を示している。肝 SBRT は基本的にはサイバーナイフで実施しているが、本症例のように消化管が近接する症例では、照射前に MVCT 画像を確認し OAR 情報を得られるラディザクトを用いて治療を行っている。

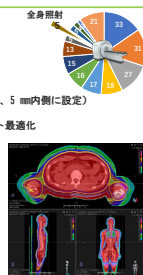
ラディザクトやサイバーナイフでは肺・肝 SBRT を高精度に実施可能だが、その一方で呼吸性移動対策の難しさも痛感する。

当院で経験した 2 例について図 23 に示す。左の症例は肺 SBRT の症例だが、4DCT を 2 日間取得したアベレージ画像を椎体でフュージョンした際に腫瘍位置のずれが判明した。呼吸が安定していないこと、腫瘍位置が上葉で

図 19 ラディザクトによる TBI

Radixactによる全身照射

- 線量処方：12 Gy/4fr (フル移植)、4 Gy/2fr (ミニ移植)
- 輪郭：CTV (体全体から両水晶体、両肺を除いた領域)
Lens PRV (水晶体に5 mmマージン)
Lung PRV (呼吸性移動による肋骨や胸壁への線量低下を防ぐために、5 mm内側に設定)
- 最適化：PTVにD95処方 ※CTVを5 mmクリップしてPTVを作成し、ロバスト最適化
- 計画パラメータ
Delivery mode: TomoHelical
Field width: 5.0 cm, Jaw mode: Fixed



固定方法、CT撮影、位置合わせについても事前に検討が必要!!

入室から退室まで90分程度 予約の調整が必要

図 20 前立腺 SBRT

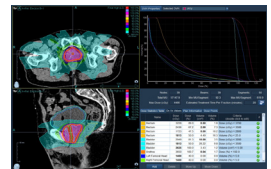
RadixactとCyberKnifeの使い分け

前立腺SBRT 処方線量：36.25 Gy/5 fr (PTV D95)



治療中のトラッキングが可能 マージンを縮小可能 有害事象の低減
線量分布の優位性 (HDRに近い分布を作りやすい)

- 金マーカ、SpaceOAR留置
泌尿器との連携、留置位置の共有
- 尿道バルンカテーテル留置
膀胱容量コントロール、尿道の同定
- 治療直前にCT撮影
膀胱容量、直腸内ガス、尿道位置
- 治療時：Fiducial Tracking



業務フローの共有が重要

図 21 肺 SBRT

RadixactとCyberKnifeの使い分け

肺SBRT



計算アルゴリズムにモンテカルロが使用可能
線量分布の優位性 (ノンコプラナー)
呼吸追尾を機動性の高いロボットによって調整 (補正の自由度が高い)

- Synchrony検討症例数：10例
- 0 View ITV法

MLCを用いて、
アイソセントリックに照射

業務フローの共有が重要

追尾 ○ × 呼吸 ○ × 金マーカ ○ ×
判断することが多く複雑

フローチャートの作成が必須

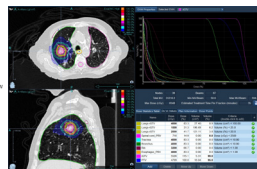


図 22 脊椎 SBRT、肝 SBRT

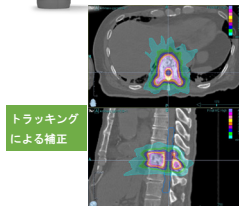
RadixactとCyberKnifeの使い分け



脊椎SBRT
ドーナツ型CTV



肝SBRT
消化管近接症例



トラッキング
による補正



MVCTにて確認が可能

¹⁾ ここでは Synchrony Lung Tracking with Respiratory Modeling を示す。

動きが小さかったことを考慮し、ITV 法による照射（2 日間のずれを加味して ITV を設定）を計画し、かつ、直前に MVCT 画像が取得できるラディザクトを用いて、腫瘍位置が ITV 内にあることを確認しながら照射を行った²⁾。本症例のように腫瘍位置のずれが生じた症例に対し、1 回の 4DCT を用いてサイバーナイフの ITV 法による照射を行うことはリスクがあると感じた。右の症例は肝 SBRT の症例で、4DCT を 2 日間取得したアベレージ画像をマーカでフュージョンした画像を示している。横隔膜直下の腫瘍であり、マーカでフュージョンしても腫瘍位置が安定しなかった。結果、本症例も 2 日間分のずれを考慮した ITV を設定した上で照射を行った。呼吸性移動を伴う部位への照射の場合、呼吸トレーニングを含めた呼吸マネジメントに対し、検討する余地がまだ多くあると感じている。

品質管理

以下、当院で実施している品質管理について紹介する。当院では臨床稼働以降、品質管理ミーティングを週 1 回開催し、その週に実施した QA 結果と Machine QA の実施状況を確認している（図 24）。各装置の担当者が固定されて臨床業務が多忙になると情報共有が困難になりがちだが、短い時間でも良いので、頻回に情報共有の場を作ることが重要と考える。当院で実施している Patient specific QA の検証内容

を図 25 に、実施結果例を図 26 に示す。全ての検証項目において、AAPM TG218 に準拠した管理を行っている。算出したトレランスやアクションリミットの値は TG の推奨値に近く、安定した QA が実施できていると判断している。

③今後（2022 年 3 月～）

今後の品質管理、治療計画、照射に関し、それぞれの効率化について図 27～29 に示す。

治療計画効率化は治療計画装置である Precision と RayStation それぞれで改善可能である。Precision ではラディザクト治療高速化オプションである VOLO Ultra を活用し、ビームオン時間短縮、最適化時間短縮、計画の容易化が可能である。RayStation ではプランプロトコルやスクリプト機能が非常に充実しており、今後更に活用したい。

照射効率化はラディザクトに今後導入する ClearRT を活用し、撮影時間の短縮、スループットの改善が期待される。当院では一定数 TBI があり、照射時間短縮には大いに期待している。また、位置合わせ時の画質が改善するメリットも大きいと考える。高画質化は照射精度の向上につながり、1 回線量が大きい寡分割照射において非常に有用であると考えられる。これにより、寡分割照射への流れが促進できれば、治療回転率の効率化にもつながる。

図 23 呼吸性移動対策

呼吸性移動対策の難しさ

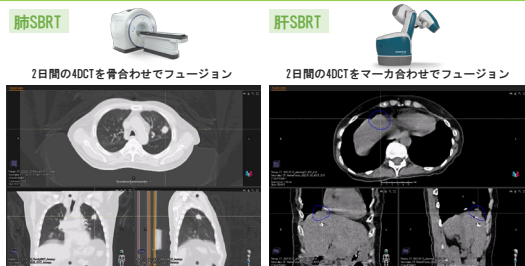


図 24 品質管理ミーティング

品質管理の実施

週 1 回品質管理ミーティングを開催
 出席者：各装置の責任者、診療放射線技師の役職者、医学物理士
 内容：QA結果、実施状況、故障、インシデント、運用面

情報の共有が重要

項目	実施	結果	備考
1. 放射線計測装置の校正	○	合格	
2. 放射線計測装置の点検	○	合格	
3. 放射線計測装置の点検	○	合格	
4. 放射線計測装置の点検	○	合格	
5. 放射線計測装置の点検	○	合格	
6. 放射線計測装置の点検	○	合格	
7. 放射線計測装置の点検	○	合格	
8. 放射線計測装置の点検	○	合格	
9. 放射線計測装置の点検	○	合格	
10. 放射線計測装置の点検	○	合格	

図 25 Patient specific QA の検証内容

品質管理の実施

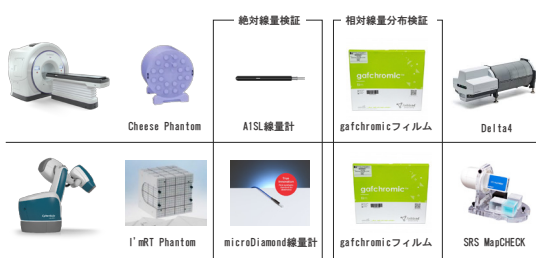
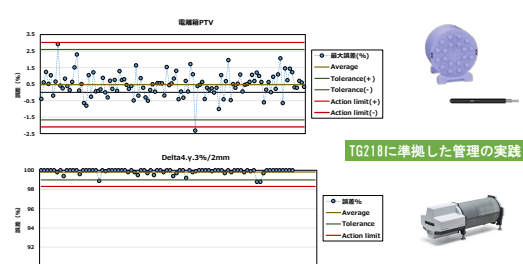


図 26 ラディザクトに対する検証結果
 (上段：電離箱線量計結果、
 下段：Delta4 ガンマ解析結果)

品質管理の実施



²⁾ サイバーナイフでは、呼吸の安定しない症例に対し、椎体追従・位置補正機能（Synchrony Spine Tracking Supine）を利用した ITV 法にて脊椎近傍の肺腫瘍治療計画を立案できる。

ラディザクト、サイバーナイフ両装置に搭載されている Synchrony 機能の有効利用について図 30 に示す。現在はサイバーナイフでのみ Synchrony を利用しているが、サイバーナイフでは直交する固定 2 方向から標的を撮影するのにに対し、ラディザクトでは撮影角度の自由度がより高く、照射直前に CT 撮影が可能などのメリットがある。モデル作成に関しては、サイバーナイフが 2 方向からの同時撮影画像を用いてずれ量を 3 次元計算するが、ラディ

ザクトでは直前 3 回分の撮影画像から 3 次元計算するため、画像取得間隔の設定には注意が必要である。

以上、当院のラディザクト、サイバーナイフの立ち上げ経験について経時的に紹介した。今後、両装置共に様々な新機能が追加されていくことが見込まれるが、それらを使いこなすためにも現在までのデータを綿密に解析し、見直しを図ることが重要であると感じている (図 31)。

以上

図 27 品質管理の効率化 (左: Patient-specific QA、右: Machine QA)

品質管理の効率化

● Patient-specific QA

➢ 独立線量検証ソフトウェアの活用: SciMoCa

特徴

- Monte Carlo計算 自動化による時間短縮
- TPSからDICOMデータを送るだけ レポートの自動作成
- 解析項目: DVH比較、ガンマ解析、イメージスライスビュー (線量分布、ガンマ解析)

● Patient-specific QAの代用が可能



Milder, Maaike TW, et al. Journal of Applied Clinical Medical Physics 21.11 (2020): 304-311.

➢ フィルム ➢ 多次元検出器



品質管理の効率化

● Machine QA

➢ SRS MapCHECKの活用 (Ver. 8.5よりMachine QAに対応)



煩雑な解析と長い測定時間



QA時間 > 患者さんの治療時間

➢ QA項目・実施頻度の見直し

より包括的なQAヘシフト

図 28 治療計画の効率化

治療計画の効率化

● Precision

➢ VOLO Ultraの導入



機能追加: クライテリア設定、最適化計算のスタブショット

● RayStation

➢ プランプロトコール・スクリプト機能の活用

自動計画作成



図 29 照射の効率化

照射の効率化

● Radixact

➢ ClearRTの導入



全身照射の照射時間短縮に期待



図 30 Synchrony 使い分け

2台のシンクロニーの有効利用



装置間のシンクロニーの違いの把握が重要

モデル名称	補正方法	補正方向
CyberKnife	2方向から同時撮影 ロボット	並進、回転
Radixact	SI方向・Jaw AP、LR方向: MLC	並進

画像取得間隔 (ガントリ回転速度) に注意

図 31 まとめ

まとめ

- 当院のRadixactとCyberKnifeの立ち上げ経験について紹介した
- 高精度治療が未経験の施設においても、メーカーさんのサポートにより、比較的スムーズに立ち上げが行えた
- 順調な稼働のためには、情報共有し、他部署を含めた多くの方に協力してもらうことが重要
- 新機能を使いこなすためには、現在までのデータの解析と見直しも重要

放射線治療の安全性について:

放射線療法 (Accuray 製品を通じて実施される放射線療法を含む) における副作用のほとんどは、軽度で一時的なものであり、その多くは疲労、悪心、皮膚刺激などです。しかしながら、重症な副作用を伴う場合もあり、疼痛や正常な身体機能の変化 (例えば、泌尿器や唾液の機能の変化)、生活の質の悪化、永続的な損傷、さらに死亡につながる場合があります。副作用は、放射線治療中または治療直後に生じる可能性も、治療後、年月を経てから生じる場合もあります。副作用の性質や重症度は多くの要因に依存しており、治療対象である腫瘍の大きさや位置、治療手技 (例えば照射線量)、患者の全身症状などに依存することが例として挙げられます。

アキュレイ株式会社

〒100-0004 東京都千代田区大手町 2-2-1 新大手町ビル 7 階
TEL:03-6265-1526 / FAX:03-3272-6166
www accuray.co.jp

©2022 Accuray Incorporated. All Rights Reserved. AJMKT-CKRXS11(2203)-2205

販売名: サイバーナイフ M6 シリーズ
医療機器承認番号: 22600BZX00126000

販売名: ラディザクト

医療機器承認番号: 22900BZX00032000

販売名: Accuray Precision 治療計画システム

医療機器承認番号 22900BZX00031000

