

SyncTraX Today

SyncTraX FX4 を活用した脳定位放射線治療 における IGRT 機能の活用について



東北大学病院
診療技術部放射線部門

佐藤 清和



1. はじめに

定位放射線治療は、厳しい精度管理のもと腫瘍に集中して一度に高線量の放射線を照射する照射技術である。腫瘍の広がりや限局的な場合、手術に代わり用いられる治療の選択肢となる。近年の保険適用の拡大もあり様々な部位で用いられるが、頭部病変の場合で着脱式固定具を用いた固定では $\pm 2\text{mm}$ 以内の固定精度が求められる¹⁾。そのような高い固定精度が求められる頭部病変の定位放射線治療において、画像誘導放射線治療 (Image guided radiation therapy : IGRT) の果たす役割は非常に大きい。



図 1 当施設の SyncTraX FX4 と TrueBeam STx

当施設では、2018年に SyncTraX FX4 が導入された (図 1)。SyncTraX FX4 の機能を大きく分けると、動体追跡機能と位置照合機能がある。動体追跡機能は、腫瘍近傍に留置した金マーカーを X 線透視で追跡し、治療装置は呼吸動と同期した照射を行うことが可能である^{2,3)}。位置照合機能は、Smart Aligner と呼ばれるシステムを使用し (図 2)、照射前の 2 方向からの X 線撮影による IGRT により、主に骨照合の解析結果から位置補正を行う機能である⁴⁾。

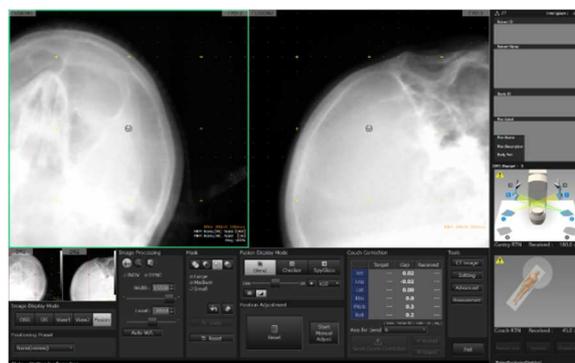


図 2 Smart Aligner を使用した位置照合

2020年2月にSyncTraX FX4ソフトウェアのバージョンアップにより6軸寝台補正の対応が可能となったことで、Smart Alignerによる位置照合機能も各段に使いやすくなった。通常、治療装置で6軸寝台補正を行うとするとCBCT撮影が必要であるが、定位放射線治療時に用いられることの多いノンコプラナー照射のようなカウチが回転している場合においては、カウチとガントリが干渉するためCBCT撮影を行うことができない。そのため、PTVマージンが小さく、カウチが大きく動く（回転する）場合や、治療時間が長くなる定位照射等の際は、照射中の患者自身の動きに細心の注意を払う必要がある。そのような場合においてSmart Alignerを使用すると、カウチ回転時でもIGRTによる6軸寝台補正が可能であり、安心して治療を行うことができる。また、DICOM RTがサポートされており、治療計画CTとプランを自動で読み込み、DRR画像がその都度作成される。事前にCTやプランの取り込みなどを行う必要がなく、治療中の様々なシーンで速やかに位置決めを行うことが可能である。撮影視野は12インチのFPDが採用されており、アイソセンタ位置での有効視野は約15cm四方であり、頭部領域では十分な撮影範囲となっている。3次元での位置情報を認識するためには2式でのX線撮影が必要となるが、治療プランの角度によっては、ガントリやカウチが映り込むことで解析ができない場合もある。そこでSyncTraX FX4は4式のX線撮影装置とFPDを備え、ガントリやカウチの位置によって4種類のプリセットを使い分ける。プリセットの設定はガントリとカウチの角度によって自動で設定される。Smart Alignerで撮影した2方向のX線画像と、治療計画CTから作成したDRR画像とを比較することで、ズレ量を算出し、位置補正が可能である。

2. 当施設におけるSmart Alignerを使用した脳定位放射線治療

現在、当施設に導入しているSyncTraX FX4と

TrueBeam STxを用いて転移性脳腫瘍の定位放射線治療を実施している。患者は専用の吸引バックを使用した枕とバイトシエル（図3）を装着した状態で治療計画用のCT撮影とMRI撮影を実施する。CTやMRIで同定される腫瘍範囲をGTV=CTVとし、PTVはGTV=CTVに全方向1~2mmのマージンとする。バイトシエルを作成した場合のPTVマージンは1mmとし、総義歯などの理由で歯形が作成できず通常シエルとなった場合のPTVマージンは2mmとしている。照射技術は強度変調回転照射（VMAT）を用い、エネルギーは10MV-X線FFFビーム、線量率は2400MU/min、線量分割は辺縁35Gy/5回もしくは、24Gy/3回で、カウチの回転角度は0, 45, 90, 270, 315degから選択したノンコプラナー照射としている。実際の治療では、患者セットアップ後、CBCTによる6軸位置照合を行い、カウチ回転角度0degの照射を行う。カウチ回転後の確認用の位置照合としてSmart Alignerによる6軸位置照合の後、照射を行うフローとしている。今回、Smart Alignerを使用するにあたり、ファントムを用いた事前の検討と、2020年7月から2021年10月の期間において、転移性脳腫瘍に対する定位放射線治療を行った患者15名のSmart Alignerを使用したオフセット量の解析から、セットアップエラーの検討を行ったので報告する。

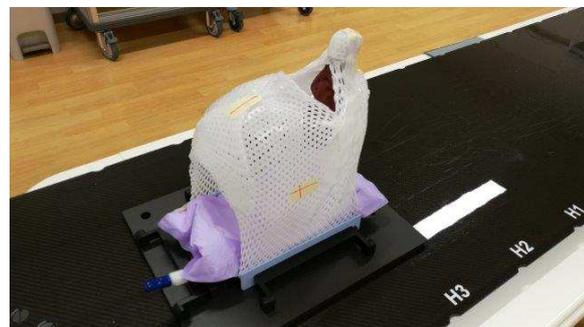


図3 吸引バック枕+バイトシエル

まず、TrueBeam STxのMVビームアイソセンタの大きさを確認するために、IsoLockと呼ばれる専用

の治具を使用し、ガントリ、コリメータ、カウチを回転しながら精度確認を行った結果、0.6mm と小さなアイソセンタの大きさであることを確認した。

次に、5mm のタングステン球を使用した Lutz test⁵⁾ による TrueBeam STx の MV ビームアイソセンタと SyncTraX FX4 のイメージアイソセンタの差を確認し、4 つのプリセットについて、最大でも 0.4mm と小さな差であることを確認した。また、頭頸部ファントムを吸引バック枕と通常シェルによる固定を行い、LR、AP、SI 方向で -10~10mm、Rtn、Pitch、Roll 方向で -1~1deg の範囲で 10 パターンのカウチシフトから、CBCT と Smart Aligner でのオフセット量の差を確認し、平均値±SD は $0.5\pm 0.2\text{mm}$ 以内、 $0.2\pm 0.2\text{deg}$ 以内の小さな差であることを確認した。

さらに、頭頸部ファントムを使用し、臨床プランを模擬した E2E テストの検討として、カウチ角度 0deg で CBCT による位置照合から位置補正を行い、その状態からカウチ角度を 0, 45, 90, 270, 315deg と回転した状態で、Smart Aligner による X 線撮影から計画値とのオフセット量を解析した。結果は 4 つのプリセットについて、AP 方向で 0.5mm 程度のオフセット量を検出したが、他の軸は 0.2mm 以内、0.2deg 以内のオフセットであり、ファントムベースで問題無いことを確認した。

最後に臨床例の解析結果を報告する。患者セットアップ後、まずは、カウチ 0deg で CBCT による位置照合後、カウチ 0deg の照射を行った。続いて、カウチを回転した都度、Smart Aligner による位置照合を行い、治療を完了した。患者 15 名の Smart Aligner による位置照合の結果、ほとんどの症例で 1.0mm 以内、1.0deg 以内のオフセット量であったが、2 名の患者の Lateral と Longitudinal 方向において、1.0mm を超えるオフセット量となった場合があった (表 1)。この 2 名の患者は、総義歯のためバイトシェルを作成できず通常シェルの固定具であったため、PTV マージンは 2mm であり特に問題は無かった。また、カウチを回転した都度、Smart Aligner による位置補正を行うことで、バイトシェルだけでなく、通常シェルを使用した場合でも PTV マージン 1mm による治療可能性の検討もできると考える。

3. まとめ

SyncTraX FX4 の位置照合機能である Smart Aligner による IGRT 機能は、カウチの回転角度を考慮する必要がなく、速やかに精度の高い位置合わせを行うことが可能である。PTV マージンが小さく、ノンコプラナー照射である転移性脳腫瘍の定位放射線治療時において、非常に有用なツールとなる。

表 1 Smart Aligner によって検出された脳定位放射線治療 15 症例のセットアップエラー

	Translational errors (mm)			Rotational errors (degree)		
	Lateral	Longitudinal	Vertical	Rotation	Pitch	Roll
Mean±SD	-0.03±0.58	0.18±0.40	0.10±0.31	0.02±0.30	0.04±0.27	-0.01±0.22
Range	(-1.70, 1.80)	(-0.70, 1.60)	(-0.60, 1.00)	(-0.90, 0.80)	(-0.80, 0.90)	(-0.70, 1.10)

参考文献

- 1) 放射線治療計画ガイドライン 2020 年版, 日本放射線腫瘍学会, 2020.
- 2) Shirato H, Shimizu S, Kunieda T, et al. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2000;48:1187-1195.
- 3) Shiinoki T, Kawamura S, Uehara T, et al. J Appl Clin Med Phys. 2016;17:202-213.
- 4) Satoshi T, Osamu U, Toshikazu S, et al. J Appl Clin Med Phys. 2018;19:149-158.
- 5) Lutz W, Winston KR, Maleki N. J Radiat Oncol Biol Phys. 1988;14:373-381.

SyncTraX は(株)島津製作所の商標です。

製造販売承認番号

22500BZX00105000

放射線治療装置用シンクロナイザ [放射線治療装置用動体追跡システム SyncTraX]
放射線治療シミュレータ※

※本医療機器は複数の一般的名称に該当します。

本記事の無断転載を禁じます。

