

TLDシートを用いた小照射野の絶対線量検証

公立大学法人 福島県立医科大学附属病院 放射線部 ○岡 善隆 (Oka Yoshitaka)
三瓶 司

【目的】

直径1.5 cm以下の小さな腫瘍に対して、円形コーンを用いて線量を集中的に照射する定位放射線照射 (stereotactic irradiation : STI)を開始した. 転移性脳腫瘍に対する定位放射線照射は小照射野が多く位置精度及び線量精度が非常に重要である. しかしながら, 小照射野のビームデータ測定は, ①電子の側方飛程より照射野端までの距離が短いことによって生じる側方電子平衡の欠如, ②コリメータによる一次線遮蔽に伴う中心軸及び軸外での線量低下, ③照射野サイズより検出器サイズが大きいことによる体積効果など様々な不確かさ要因が多く, 現在小照射野の絶対線量測定が確立しているとは言い難い. TRS-483にて小照射野の測定は, リキッドイオンチェンバー, シリコンダイオード, ダイヤモンド検出器, ラジオクロミックフィルム, 有機シンチレータ, TLD, OSL線量計が推奨されており, また検出器には補正係数が必要であると推奨されている. 補正係数を必要とせず小照射野の測定の可能性を有している, 近年開発された熱蛍光薄膜体(TLDシート)を用いて小照射野の絶対線量検証の前段階である基礎検討を実施した.

【使用機器】

- 放射線治療装置 : True Beam STx (varian)
- 水等価固体ファントム : Tough Water Phantom (京都科学)
- TLDシート : TLDシート (東洋メディック)
- 読取装置 : TLDR-1 (東洋メディック)
- フィルム : EBT3 (Ashland)
- フィルム解析ソフト : DD-Analysis Ver 14.64 (R-TECH)

【TLDシートの概要】

- シートサイズ : 150 mm × 150 mm (カット可能)
- 組織等価性 : 実効原子番号 7.3
- 読取温度 : 210°C ・ 10分
- 素子組成 : LiB₃O₅(三ホウ酸リチウム・酸化ホウ素の混合物)
- フェーディング : 存在するが詳細不明
- シート形状 : 薄膜・柔らかい
- 測定レンジ : 1 Gy - 30 Gy

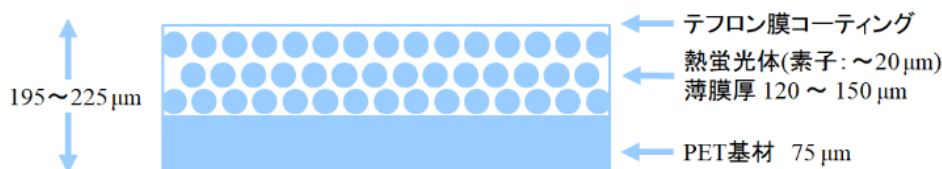


Fig.1 シート構造

【方法】

1. エネルギー依存性

寝台に20 cm厚の水等価固体ファントムを配置し, その中心に40×40 mm²に裁断したTLDシートを装填し, 架台角度0°, 照射野サイズ10×10 cm², 照射線量2 Gy, SSD90 cm, STD100 cmでエネルギー4/6/8/10/15 MVを照射した. 尚, 照射回数は各3回とした. エネルギー依存性は, 6MV-X線を基準とした相対線量で評価した.

2. 線量応答曲線

寝台に20 cm厚の水等価固体ファントムを配置し, その中心に40×40 mm²に裁断したTLDシートを装填し, 架台角度0°, 照射野サイズ10×10 cm², エネルギー10(FFF) MV, SSD90 cm, STD100 cmで照射線量2/20/40 Gyを照射した. 尚, 照射回数は各3回とした. 線量応答曲線は, 線形近似の決定係数で評価した.

3. Cone出力係数

寝台に20 cm厚の水等価固体ファントムを配置し, その中心に40×40 mm²に裁断したTLDシートを装填し, 架台角度0°, 照射野サイズ3.6×3.6 cm², エネルギー10(FFF) MV, モニタ設定単位500 MU, SSD90 cm,

STD100 cmでConeサイズ5、7.5、10、12.5、15、17.5、20、25、30 mmで照射した。尚、照射回数は各3回とし、同様にEBT3も実施した。Cone出力係数は、照射野サイズ10×10 cm²を基準とした各Coneサイズの線量比を出力係数とし算出した。

【結果】

エネルギー依存性の結果をFig.2に示す。若干のバラツキを確認したが、6MV-X線を基準とした場合の相違は±2.0%以内となり比較的良好であった。

線量応答曲線の結果をFig.3に示す。線形近似での決定係数は0.9967と概ね直線的な線量応答であった。

Cone出力係数の結果をFig.4に示す。EBT3とTLDシートは若干異なるものの概ね同様な傾向を呈した。

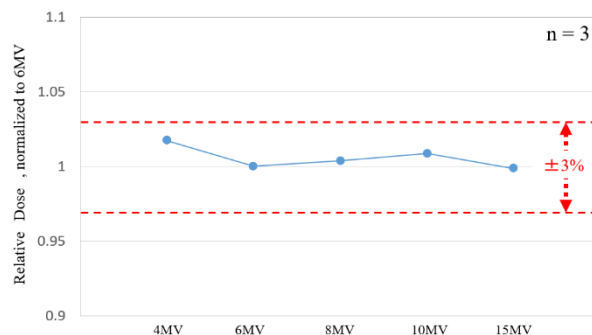


Fig.2 エネルギー依存性

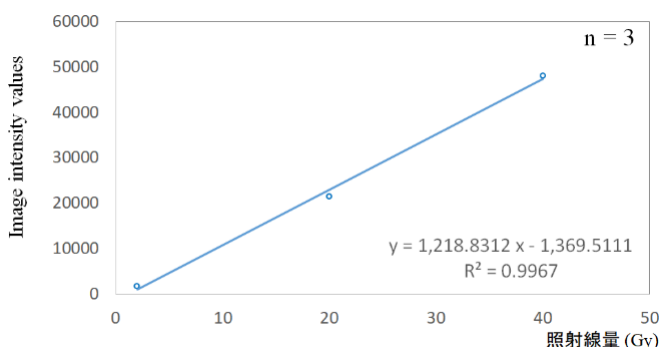


Fig.3 線量応答曲線

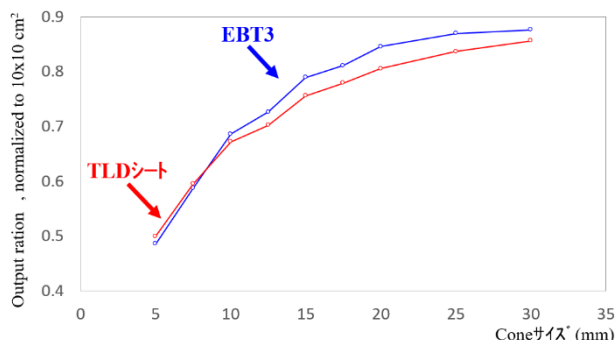


Fig.4 Cone 出力係数

【考察】

エネルギー依存性は、6 MV-X線を基準とした場合、4 MV～15 MVの相違は±2%以内となり明らかなエネルギー依存性は無いと考える。線量応答曲線は、2 Gy～40 Gyにおける線形近似の決定係数は0.9967であり比較的良好な結果となったが、この僅かな相違が線量解析に影響すると考え、より正確な線量解析をする為には、照射線量ポイントを増やし更なる検討が必要であると考え。Cone出力係数は、EBT3と概ね同様な傾向となったが、φ30 mmよりφ5 mmで比較的一致した。この原因の詳細は不明であることから更なる検討が必要と考える。

TLDシートは150 mm×150 mmと制限があるものの、材質がやわらかく裁断も容易に可能であることから有用なツールであるが、測定値のバラツキが目立った為追加の再現性の検討を実施した。同一照射条件下にて51回測定し、変動係数5.94%を確認した。この原因として、TLDシートの製造過程による蛍光体塗布斑や読取温度斑及び読取ビニングサイズ(0.075 mm)などの影響が考えられた。そこで読取装置の読取温度が均一になるよう装置プレートを改良していただき、また読取ビニングサイズを4倍の大きさである0.15 mmにすることでノイズによる影響の低減を図ったことにより、2～3%の変動係数を改善した。まだ改善の余地が望めることから引き続き更なる検討をおこなっていく必要があると考える。

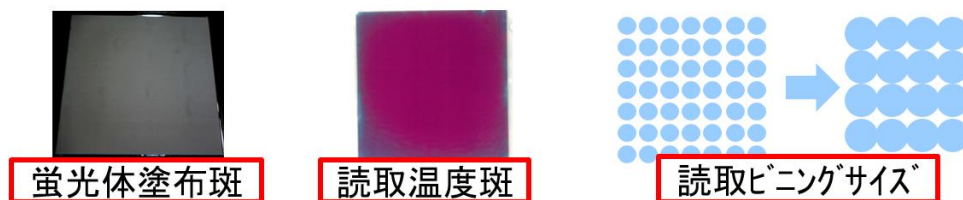


Fig.5 TLD シート測定値のバラツキ要因

【まとめ】

TLDシートを用いた小照射野の絶対線量検証の前段階である基礎検討を実施した。TLDシートは基礎特性及びハンドリングが良好であり、絶対線量評価が有用である可能性がある為、バラツキが最小化となる様更なる技術の向上に期待したい。