

製品改良された組織等価型の熱蛍光薄膜体の基礎的応答特性

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)

【目的】

定位照射・IMRTといった小照射野は線量勾配が非常に急峻となる。米国医学物理学会のタスクグループ No.101では、空間分解能1 mm程度の検出器サイズでの測定が必要と報告されている。これは、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、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、照射野サイズより検出器サイズが大きいことによる平均体積効果などにより、通常照射に用いる検出器では正確な測定が困難となるからである。近年開発された、組織等価型の熱蛍光薄膜体(以下、TLDシート)の形状は非常に高い空間分解能を有すシート状であり、小照射野の線量評価に適している。しかし、初期製品(以下、初期TLDシート)は蛍光体塗布斑・読取温度斑・読取ピニングサイズなどにより測定値のバラツキが顕著であったため、臨床使用には課題が山積していた。この課題を最小化すべく、製品改良されたTLDシート(以下、改良TLDシート)が開発された。そこで、改良TLDシートの基礎的応答特性について検討した。

【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 : 初期TLDシート 180 μm / 改良TLDシート 230 μm (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 / EBT-XD (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 \times 150 mm (カット可能)
- 組織等価性 : 実効原子番号 7.3
- 読取温度 : 215°C \cdot 15分
- 素子組成 : LiB_3O_5 (三ホウ酸リチウム・酸化ホウ素の混合物)
- フェーディング : 0.14 % / 1h
- シート形状 : 薄膜 \cdot 柔らかい
- 測定レンジ : 1 Gy - 30 Gy

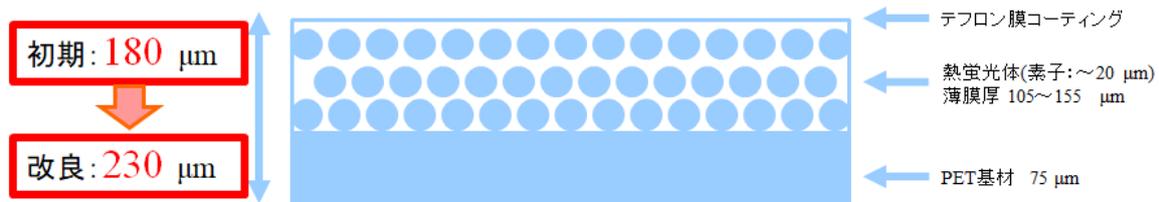


Fig.1 シート構造

【方法】

1. 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 \times 40 mm^2 に裁断した初期TLDシートを装填し、架台角度0°、照射野サイズ10 \times 10 cm^2 、エネルギー10(FFF) MV、SSD90 cm、STD100 cmで治療計画装置によって算出した照射線量0.1, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0, 30.0 Gyの11ステップを照射した。同様に改良TLDシート・EBT3・EBT-XDでも実施した。尚、照射回数は各3回とし、線量応答曲線は、線形近似の決定係数で評価した。

2. 照射野係数評価

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 \times 40 mm^2 に裁断した初期TLDシートを装填し、架台角度0°、エネルギー10(FFF) MV、モニタ設定単位200 MU、SSD90 cm、STD100 cmで照射野サイズ1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 20, 30 cm^2 の14ステップを照射した。同様に改良TLDシート・EBT3も実施した。尚、照射回数は各3回とし、照射野係数評価は、照射野サイズ10 \times 10 cm^2 の測定値を基準とした線量比で評価した。

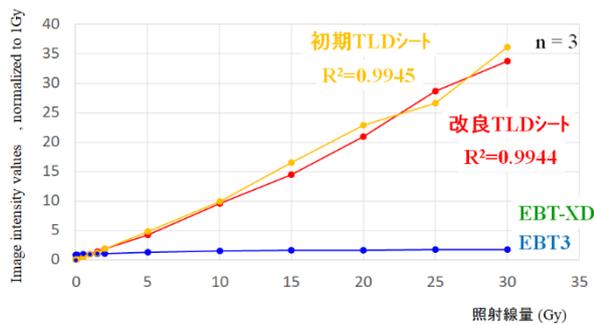


Fig. 2 線量応答曲線

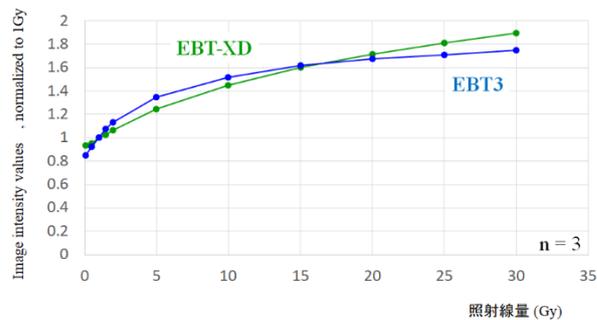


Fig. 3 線量応答曲線 (EBT3 VS. EBT-XD)

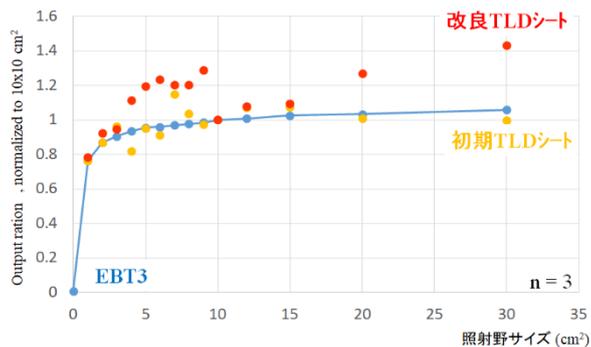


Fig. 4 照射野係数評価

【結果】

線量応答曲線の結果をFig.2に示す. 初期TLDシート及び改良TLDシートはEBT-XD及びEBT3に比べ広いダイナミックレンジを有していた. 線形近似の決定係数は若干のバラツキが生じたものの, 初期TLDシートで0.9945, 改良TLDシートで0.9944と概ね直線的な線量応答曲線を確認した. EBT-XDとEBT3の結果のみをFig.3に示す. 通常照射線量領域ではEBT3, 高線量領域ではEBT-XDの方が線量分解能に優れている傾向であった.

照射野係数評価の結果をFig.4に示す. 両TLDシートはバラツキが目立ち離散的な値を呈した. 一方, EBT3は飽和曲線の傾向を呈した.

【考察】

線量応答曲線は, 1~30 Gyにおける線形近似の決定係数は初期TLDシートで0.9945, 改良TLDシートで0.9944であり比較的良好な結果となったが, この僅かなバラツキ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, 測定回数を増やし更なる検討が必要であると考え. また, 両TLDシートはEBT3・EBT-XDに比べ線量分解能が高く, 尚且つ高線量でも線量応答曲線が概ね直線的であったことから, 定位治療の線量検証に有用であると考え.

照射野係数評価は, EBT3は理想的な飽和曲線であったのに対し, 両TLDシートは離散的な結果となった. よってTLDシートは僅かな線量差を精度良く評価することは困難である可能性があると考える. この原因は, 以前より問題となっていた蛍光体塗布斑・読取温度斑が改善していないためだと考える. 現在, TLDシート及び読取装置の製品改良が適時行われているが, まだまだ多くの課題が山積しているため引き続き更なる検討を行っていく必要があると考える.

【まとめ】

現在, 様々な検出器が存在するが, 補正を施さずに正確に高線量で尚且つ小照射野線量を解析できる理想的な検出器は存在しない. TLDシートは小照射野線量を評価できる可能性があるため, 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.