放射線治療領域における TLD 特性

名古屋大学医学部付属病院放射線部 (部長 高橋信次 教授)

渡 部 洋 一・奥 村 彦 太 郎・杉 江 義 男

早 川 紀 和・富 吉 司・嶋 孝 治

(論文受付 昭和48年4月9日)

THE CHARACTERISTIC OF THERMOLUMINESCENCE
DOSIMETER (Mg_2SiO_4 and MgB_4O_7) IN RADIOTHERAPY

By YŌICHI WATANABE

HIKOTARO OKUMURA

YOSHIO SUGIE

NORIKAZU HAYAKAWA

TUKASA TOMIYOSHI

KOUJI SHIMA

Department of Radiology Nagoya
University Hospital

(Article received : Apr. 9, 1973)

Summary

We carried on research concerning the characteristics of TLD (Mg_2SiO_4 and MgB_4O_7) in radiotherapy.a) It is necessary to use in measuring radiation dose with 15 MSO_s or 10 MBO_s in order to derive standard error of a range less than $\pm 1.0\%$.

b) There is no dependence of fading within 3 hours and no directional dependence of incident radiation.

c) Radiation energy dependence is the most remarkable at 30~40 keV X-ray and its response exhibits 5-6 times.

On other hand, there is no energy dependence at high energy radiation such as a cobalt 60 γ -ray.

d) MEO is a better than MSO in exposure dose dependence, and MSO has a poor dose dependence over 100R.

e) There is no dependence of depth dose rate at both TLD.

As we have seen, if we measure TLD in due consideration of statistics, MEO has better characters than MSO in high energy radiation such as a cobalt 60 γ -ray.

1. 緒 言

近年, TLD (Thermoluminescence dosimeter) があ

らためて注目され, 多くの施設において使用されつつある。この線量計の長所として, 線量計の母体である素子が非常に小さく (2φ×10mm), In vivo dosimetry が行

ないやすい等の点が上げられる。

一方短所として素子による測定値のバラツキ、線質特性および線量特性が大きいといわれている。私達はこの TLD を放射線治療領域に線量計として使用する前にこの TLD の特性をつかむ為の基礎的実験を行なったので、ここに報告する。

2. 実験方法および実験結果

実験に使用した TLD 素子は、極光 TLD 1,200, $\text{Mg}_2\text{SiO}_4:\text{Tb}$ (MSO) と $\text{MgB}_4\text{O}_7:\text{Tb}$ (MBO) の 2 種類で、これを 70,180kVp X線、コバルト 60 γ 線、10MV X線、10MeV 電子線の 5 種類の放射線について、線質特性および線量特性を中心に下記の諸特性について実験を行なった。実験に際し、基準となる線量計として、Radocon (II) 555型、チェンバーとして 10LA, 10MA そして 10HA を使用。線量値の較正については Victoreen 社からの較正值を用いている。phantom として、20×20cm のアクリル板を使用、放射線発生装置は下記のものを使用した。

軟X線発生装置 softex-IE 特型 (日本ソフテックス KK)

X線発生装置 DR-150-A 型 (日立製作所 KK)

X線発生装置 KXO-15 特型 (東芝 KK)

深部治療用X線装置 KXO-18-3A 特型 (東芝 KK)

コバルト治療装置 ST-10000 (島津製作所)

ライナック治療装置 MLR-13 (東芝 KK)

2.1 素子のバラツキ

Fig. 1 TLD 素子と chamber を同時曝射を行なう時の geometry

MSO (39個)

MBO (40個)

Fig. 2 ^{60}Co γ 線 73R における TLD 素子のバラツキ

MBO の素子40本、MSO の素子39本について、それぞれ線源にコバルト 60 γ 線を用いて Fig. 1 のごとく、geometry にて、TLD 素子と chamber と同時曝射を行ない、測定値のバラツキ分布について調べてみた。照射線量 73R に対する各素子のバラツキについて Fig. 2 に示されている。

これによると MSO, MBO の両素子とも $\pm 10\%$ のバラツキを超え 3 素子が全体の約 12~15% あり、MSO において 5 本の素子をつかった時、その標準誤差は $\pm 5.2\%$ 10本で $\pm 2.8\%$ 、15本で $\pm 1.9\%$ の値を示す。また、MBO では、5 本の素子でその標準誤差は $\pm 2.7\%$ 、10本で $\pm 1.5\%$ の値を示した。

一方、Manual of Dosimetry in Radiotherapy (IAEA) によると、測定器はバラツキで $\pm 2.5\%$ 、標準誤差で $\pm 1\%$ 以内が望ましいと述べられているところから、この TLD 素子は、測定値のバラツキが非常に大きく、その差に測定回数または 1 回の測定に素子の数を多くしなければ、精度が上らないことを示している。そこで私達は以後の測定において、Fig. 3 に示されるように、 $\pm 10\%$ 以内のバラツキを示す素子のみを使用し、一測定点に 5~10 個の素子を用いて標準誤差を $\pm 3\%$ 以内にするように配慮した。

2.2 Fading 特性

MSO		
素子の数	平均値	標準誤差 (%)
5	77.0	± 1.8
10	77.6	± 1.4
15	77.6	± 1.0
MBO		
5	0.928	± 1.4
10	0.913	± 1.0

Fig. 3 素子の数と標準誤差の関係

Fig. 4 TLD 素子の Fading 特性

私達は、実測に際し照射後すぐ TLD 素子を測定するものとし、素子照射直後から 3 時間後まで、時間の経過に伴う素子の計数値を測定した。

線源として ^{60}Co γ 線を使用、約 100R を両素子について曝射し、時間の経過に伴う測定値を求めると Fig. 4 のごとくになった。

その結果、両素子において照射後 3 時間の間、時間の経過に伴う素子の計数値のバラツキの中に入っていて有意の差があるとはいえない。

2.3 方向特性

Fig. 5 のごとく geometry において、TLD 素子の方向特性について調べた。

線源として ^{60}Co γ 線を使用し、phantom として半径 10cm の円筒型アクリル phantom を用い、照射野は $4 \times 4\text{cm}$ とした。

その結果、Fig. 6 のごとく MSO および MBO の両素子ともバラツキの中に入っていて、顕著なる方向特性はみられなかった。

Fig. 5 方向特性を調べる時の geometry

Fig. 6 TLD 素子の方向特性

2.4 エネルギー特性

40kVp のソフテックス軟 X 線から 10MV の超高压 X 線まで、それぞれ 100R 照射し、その時の両素子のエネルギー特性が Fig. 7 に図示されている。

その結果、両素子において実効電圧 40keV 付近において、もっともエネルギー特性が大きく、その時の感度は MSO で 6 倍、MBO において 5 倍を示している。そしてコバルト 60 γ 線の比較的高エネルギー放射線では、エネルギー特性はなくなってきている。

このように、MSO および MBO の両素子は、低エネルギー放射線においてエネルギー特性が非常に大きいので、測定前には必ずエネルギー特性を校正して使用する必要がある。

2.5 線量特性

70kVp (HVL 4.0mmAl), 180kVp (HVL 1.6mmCu), ^{60}Co γ 線, 10MV X 線, 10MeV 電子線について、それぞれ 10~500R における線量特性について実験を行なった。各エネルギー放射線について build up 効果を考慮

Fig. 7 100R におけるエネルギー特性

するために 70kVp および 180kVp X 線と ^{60}Co γ 線は 1cm の深さで、10MV X 線では 3cm の深さで、10MeV 電子線では 2cm の深さに素子を置いた。

その結果、Fig. 8 は MSO 素子における線量特性で、70kVp X 線において 10R から線量特性が顕著で、250R をピークに素子の発光量が飽和に達するためか、感度が下ってくる。その他 180kVp X 線、 ^{60}Co γ 線および 10MV X 線において 50~150R の間で線量特性が顕著となり、400R 以上でまた一段と線量特性が大きくなる傾向にある。一方 10MeV 電子線は 10MV X 線と比べ少し感度が低い、同じ傾向を示している。

これに対し、MBO 素子におけるその線量特性が、Fig. 9 に示されている。これによるとその特性は、測定

Fig. 8 MSO 素子の線量特性

Fig. 9 MBO 素子の線量特性

Fig. 10 MSO 素子の深部特性

Fig. 11 MBO 素子の深部特性

値のバラツキ範囲内でその傾向はないといえる。

3.6 深部特性

Fig. 10 および Fig. 11 は、MSO および MBO 素子における深部特性を示している。これは特に X 線において、ファントム表面と深部では線質が異なるため、素子の感度が異なると思い測定したが、その結果は測定値はすべてバラツキにあり、この特性は認められないと考

えられる。

3. 結 論

1) 素子のバラツキにおいて、MBO の方がやや少ない。また両素子において標準誤差で $\pm 1.0\%$ 以下にするには、MSO で15本、MBO で10本の素子が必要であった。

2) Fading 特性において、照射後3時間以内なら両素子において測定値の減少変化はみられず、また、方向特性においてもバラツキの範囲内であった。

3) エネルギー特性において、両素子とも低エネルギーX線で特に顕著で、5～6倍の感度を持っていて使いにくい。一方 ^{60}Co γ 線以上高エネルギーでは、このエネルギー特性はないものに考えられる。

4) 線量特性においてMBO 素子は顕著な変化はないが、MSO 素子において、100R以上から顕著な特性が出ている。

5) 深部特性において両素子ともその特性がみられなかった。

以上の結論から、放射線治療領域においてTLDを用いる時、測定に素子のバラツキを十分に考慮するなら ^{60}Co γ 線以上のエネルギーの放射線では、MBO が適していると考えられる。

文 献

1) ICRU Report 10b : Physical Aspects of Irradiation
NBS Hand book 85 (1964).

- 2) ICRU Report No. 14 : Radiation Dosimetry : X-Rays and Gamma Rays with Maximum Photon Energies Between 0.6 and 50 MeV (1969).
- 3) ICRU Report No. 17 : Radiation Dosimetry : X-Rays Generated at Potentials of 5 to 150kV (1970).
- 4) ICRU Report No. 21 : Radiation Dosimetry Electrons with Initial Energies Between 1 and 50 MeV (1972).
- 5) IAEA Technical Reports Series No. 110 : Manual of Dosimetry in Radiotherapy (1970).
- 6) Peter D. Albertson : High-Energy Radiation Therapy Dosimetry. The Academy (1969).
- 7) Hendee, Golden, Garciga etc : Depth Dose Measurements with Lithium Fluoride AM. J. Roentgenol., Rad. Therapy & Nuclear Med., 102, 694-696 (1968).
- 8) P. M. Pfalzner and S. Malo Alvarez : Intercomparison of absorbed dose in cobalt 60 teletherapy using mailed LiF dosimeters Acta. Radiol. Ther Phys. Biol. 7, 379-387 (1968).
- 9) 田中敬正, 黒田康正, 高橋正治 : 熱ルミネッセンス線量測定について, 日本医学放射線学会誌, 28, 26-35 (1968).
- 10) 田中敬正, 黒田康正, 高橋正治, その他 : 生体内線量測定について, 臨床放射線, Vol. 15, 455-462.