

**LiF:Mg,Ti (TD-100) TERMOLÜMINESANS DOZİMETRESİNİN VE XR-QA2
RADYOKROMİK FİLM DOZİMETRESİNİN DOZİMETRİK ÖZELLİKLERİ***

**Dosimetric Properties of LiF:Mg,Ti (TLD-100) Thermoluminescent Dosimeter
and XR-QA2 Radiochromic film dosimeter**

Ali Kazim GÜRLEK
Fizik Anabilim Dalı

Zehra YEĞİNGİL
Fizik Anabilim Dalı

Tamer DOĞAN
Fizik Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışmada tıpta kullanılan dozimetrelerden LiF:Mg,Ti (TLD-100) termolüminesans dozimetre ve XR-QA2 model radyokromik film dozimetrenin dozimetrik özellikleri incelenmiştir. Yapılan çalışmada LiF:Mg, Ti (TLD-100)'ün dozimetrik özelliklerinin araştırılması amacıyla; dozimetrenin gama ışınları ile yüksek ve düşük doz cevabı, dozimetrenin lineer doz cevap aralığı ve enerjiye bağıllığı incelenmiştir. Deneylemeden önce TLD-100 dozimetrelerin kalibrasyon faktörleri belirlenmiş ve deneyden elde edilen verilerin düzeltilmesi için kullanılmıştır. XR-QA2 radyokromik film dozimetreler, 130 kV enerjili x-ışınları ile ışınlanarak dozimetrenin doz cevap eğrisi elde edilmiştir. Sonuçlara göre, radyasyon dozunun miktarı arttığında LiF:Mg,Ti (TLD-100)'ün TL şiddeti de orantılı şekilde artmaktadır. 1-10 Gy doz aralığında X ışını radyasyonuna karşı LiF:Mg,Ti (TLD-100)'ün lineer bir doz cevabı bulunmaktadır. TLD-100 dozimetrenin 1 Gy-10 Gy aralığındaki tıptaki uygulamalarda maruz kalınan radyasyon dozunun belirlenmesinde kullanımı, XR-QA radyokromik film dozimetrenin radyolojideki uygulamalar sırasında maruz kalınan radyasyon dozunun belirlenmesinde kullanımı uygundur.

Anahtar Kelimeler :Dozimetre, Termolüminesans, Film Dozimetre

ABSTRACT

In this study, dosimetric properties of dosimeters used in medicine such as LiF:Mg,Ti (TLD-100) Thermoluminescent dosimeter and XR-QA dosimeter have been investigated. In this study, for researching of dosimetric properties of TLD's; high and low gama exposure response, lineer dose response and energy dependence of the dosimeter have been investigated. Before TLD-100 experiments, calibration factors of TLD's have been determined and used correction of datas. XR-QA2 radiochromic film dosimeters have been irradiated with X rays have 130 kV energy and dose response curve of the film dosimeter have been obtained. According to the results, as the dose increase, TLD's TL intensity proportionally increases. In 1-10 Gy dose range, TLD-100 has lineer dose

* Yüksek Lisans Tezi-MSc. Thesis

response. The use in medicine of TLD-100 to determine radiation dose during the application in 1 Gy-10 Gy dose range and the use in Radiology of XR-QA film dosimeter to determine radiation dose during radiology applications is favourable.

Key Words : Dosimeter, Thermoluminescence, Film Dosimeter

Giriş

Tıpta kullanılan dozimetreler, sadece çalışanların maruz kaldığı radyasyonu değil genel olarak hastaya verilen dozun ölçümü için kullanılan dozimetrelerdir. İdeal bir dozimetrenin doz cevabı, soğurulan radyasyonla orantılı olmalıdır. En yaygın kullanılan dozimetreler, iyon odaları, termoluminesans dozimetreler ve film dozimetrelerdir. Termoluminesans dozimetreler yarı iletken yada yalıtkan malzemelerdir. Radyasyondan enerji soğurulması termoluminesans dozimetrelerdeki atomlarda serbest elektronlar ve holler meydana gelmesine sebep olur. Bunlar kusurlar tarafından örgü kristalinde tutulur. Böylece kristalde uyarılmış enerji seviyeleri oluşur. Daha sonra TLD'nin ısıtılmasıyla tuzaklardan elektronlar ayrılarak daha alt enerji seviyesinde bulunan yeniden birleşme merkezleri ile birleşmesiyle ışık yayılır. Bu olaya termoluminesans, iyonize radyasyonla ışılandıktan sonra ısıtıldıklarında ışık yayan yarı iletken yada yalıtkan materyallere termoluminesans dozimetreler denir.

Yaygın kullanılan diğer bir dozimetre, film dozimetredir. Film dozimetri, filmin kararmasıyla sonuçlanan iyonlaştırıcı radyasyona bağlıdır. Bu kararmanın derecesi filmin optiksel yoğunluğu olarak adlandırılır. Filmin maruz kaldığı optiksel yoğunluk radyasyonun miktarı ile orantılıdır (Cember ve Johnson, 2009).

Materyal ve Metot

Materyal

Bu çalışmada kullanılan termoluminesans dozimetre 3,2 mmx3,2 mmx0,9 mm boyutlarında çip şeklinde LiF materyaline Mg ve Ti katkılanmış LiF:Mg,Ti (TLD-100)'dür. TLD-100 dozimetreler doğal LiF (Lityum Florür) kristalinden oluşmuştur. LiF yoğunluğu 2,64 gr/cm³ olan alkali halojendir ve radyasyon doz ölçümünde en yaygın kullanılan termoluminesans dozimetrelerden biridir. LiF'ün etkin atom numarası 8,14'dür ve dokunun etkin atom numarası ise 7,42'dir. Bu sebeple doku eşdeğeri olan dozimetredir ve radyasyonu doku gibi soğurması, soğurduğu radyasyon miktarı ile orantılı cevap vermesi nedeniyle medikal alanda doz ölçümünde tercih edilir. Ayrıca LiF:Mg,Ti (TLD-100) dozimetrenin lineer doz cevap aralığının olmasından ve radyoterapide uygulanan dozlar genelde LiF:Mg,Ti (TLD-100) dozimetrenin lineer doz cevap aralığında bulunmasından dolayı radyoterapi uygulamaları için LiF:Mg,Ti (TLD-100) özel avantaja sahiptir. TLD-100'ün lineer doz cevabı (uygun soğurulan doz aralığı) 3µGy' den 10 Gy' e kadar genişler ve % 3'den daha az hata ile doğru ölçüm yapabilmektedir (Chen ve McKeever, 1997). TLD-100'ün ışımaya eğrisinde 5 karakterisitik pik (tepe) görülür. 5. tepe dozimetrik tepedir ve radyasyonun dozu ile ilgili bilgiyi verir. Dozimetrik TL ışımaya tepesi (5.

Tepe) 412 nm'dedir (Chen ve McKeever, 1997). Oda sıcaklığında saklanan TLD-100'de 12 hafta içerisinde meydana gelen ışımaya kaybı pikte % 5'tir. Bundan dolayı TLD-100 doz ölçümünde tercih edilir. Ayrıca TLD-100'lerin diğer TLD materyallerine göre enerji bağımlılıklarının az, duyarlılıklarının yüksek olması tercih nedenlerindedir. LiF'ün yaydığı termoluminesans ışığın dalga boyu 3500 Å ile 6000 Å arasında. LiF'nin piklerin yarı ömürleri sırasıyla; birinci pik 10 dakika, ikinci pik 10 saat, üçüncü pik 6 ay, dördüncü pik 7 yıl ve beşinci pik'in yarı ömrü 80 yıldır. Dolayısıyla birinci ve ikinci pikler dozimetri çalışmaları için uygun değildir. Fiziksel şekil olarak mikro çubuk, teflon kaplı pul, kare mikro çubuk, yuvarlak mikro çubuk, çip biçimlerinde bulunabilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan radyokromik film dozimetri sistemi XR-QA2 model radyokromik film ve uzun düz yüzeyli doküman tarayıcıdan (Epson Expression 1000 XL) oluşur. XR-QA2 model gafkromik film özellikle düşük enerjili fotonların (20-200kVp) dozunu ölçmek için dizayn edilmiştir. Bu film dozimetrenin dinamik doz aralığı 0,1-20 cGy'dir. XR-QA2 radyokromik film modeli herbirinin kalınlığı 25µm olan iki aktif tabaka ve bunların arasına sıkıştırılmış 5µm kalınlığında iki yüzey tabaka, filmin bir tarafında kalınlığı yaklaşık 97 µm, yoğunluğu 1.35 g/cm³ olan yarı saydam sarı polyester tabaka ve filmin diğer tarafında kalınlığı yaklaşık 97 µm, yoğunluğu 1.6 g/cm³ olan saydam olmayan (opak) beyaz polyester tabakadan oluşmuştur (Şekil 3.12). Aktif tabaka % 6.4 hidrojen (H), %38.1 karbon (C), % 5.5 azot (N), %13.8 oksijen (O), % 4 lityum (Li), % 13.4 Br ve % 22.3 sezyumdan (Cs) oluşur (Tomic ve ark., 2010).

Metot

TLD-100 çiplerine tuzaklardaki elektronları boşaltmak amacıyla ışınlamadan önce tavlama işlemi uygulanmıştır. Tavlama işlemi adımları sırasıyla;

- 400 °C'de 1 saat 20 dakika bekletilir,
- Yarım saat, alüminyum blok üzerinde hızlı soğutulur (Şekil 3.14),
- 80 °C'de 24 saat bekletilir,
- Yarım saat alüminyum blok üzerinde hızlı soğutulur,
- 24 saat karanlık ortamda bekletildikten sonra ışınlanır (Piters ve Bos, 1993; Chen ve McKeever,1997).

Tavlama işlemi, adımlar arasında ara verilmeden gerçekleştirilmiştir. 5 cGy dozun altındaki ışınlamalardan sonraki tavlamalarda, 80 °C tavlama ile başlanarak devam edilmiştir. TL materyallerinin yüksek dozlarda radyasyona tutulmaları sırasında istenmeyen kusurlar meydana gelebilmektedir. Bu sebeple 5 cGy dozun üzerindeki ışınlamalardan sonra TLD-100'lerin tuzak yapıları değiştiğinden 400 °C'de tavlama ile başlanmıştır. Daha sonra bu çalışmada kullanılan 21 tane TLD örneği katı su fantomu kullanılarak SSD:80 cm'de, 15x15 cm² alanda, 0,5 cm derinlikte 0,8 cGy doz verecek şekilde ⁶⁰Co kaynağında ışınlanmış ve TL okuyucusunda her birinin bu doza verdiği cevap nC cinsinden kaydedilmiştir. Bu işlem her TLD için 3 defa tekrarlanmıştır. Bu üç okuma sonucunun % standart sapması hesaplanmıştır. Bu standart sapma sonucu % 3 ve altında olan ve doz

cevapları birbirine yakın olan TLD-100'ler bu çalışmada kullanılmıştır. Her bir TLD-100 için bu üç okumanın ortalaması ayrı ayrı alınmıştır. TLD-100'lerin bu üç okuma sonuçlarının ortalamalarından bir medyan hesaplanmıştır. Her bir TLD-100 için ortalama okuma sonucunu, bulunan medyana bölerek her bir TLD-100 için ayrı ayrı kalibrasyon faktörü belirlenmiştir. Daha sonra bu kalibrasyon faktörleri ışınlama verilerinin düzeltilmesi için kullanılmıştır. Işınlama sonrasında elde edilen TL okuma sonucu, kalibrasyon faktörüne bölünerek veriler düzeltilmiştir. Bu çalışmada her deneyden önce kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir ve termolüminesans dozimetrelerin; doz cevabı, lineer doz cevabı, dozimetrelerin enerji bağıllığı incelenmiştir. TLD-100 ile ilgili çalışmalar Çukurova Üniversitesi Radyasyon Onkolojisinde ve Fizik Bölümünde yapılmıştır. Film dozimetrelerin ise doz cevabı incelenmesi Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalında ve Fizik bölümünde yapılmıştır.

Araştırma Bulguları

TLD-100'lerin beklenildiği gibi TLD-100'ün yüksek dozlara karşı verdiği cevabın yüksek, düşük dozlara karşı verdiği cevabın düşük olduğu görülmüştür. LiF:Mg,Ti (TLD-100) örneklerinin 1 Gy-10 Gy aralığındaki x-ışını radyasyonuna karşı gösterdiği doz cevabı (TL şiddetleri) sonuçlarıyla çizilen doz cevap eğrisinin bu doz aralığında lineer olduğunu TLD-100'ün 1 Gy ile 10 Gy aralığındaki x-ışını radyasyonu için tıpta kullanımının uygun olduğunu kanıtlamaktadır. TLD-100'ler aynı miktarda fakat farklı enerjilerde ışınlarla ışınlandığında, enerjiye bağlı olarak dozimetrelerin TL şiddetlerinin farklı olduğu, TLD-100'lerin doz cevabının ışının enerjisinden etkilendiği sonucuna ulaşılmıştır. XR-QA2 radyokromik film dozimetrenin düşük enerjili x ışınlarına doz cevabı gösterebilmesi bu dozimetrenin düşük enerjili x ışınlarına duyarlı olduğunu kanıtlamaktadır

Tartışma ve Sonuçlar

TLD-100 örnekleri kalibre edildikten sonra 1 Gy, 3 Gy, 5 Gy, 7 Gy, 10 Gy x-ışını ile ışınlanarak gerçekleştirilen TLD-100'ün lineer doz cevap deneyinden elde edilen sonuçlar; 1 Gy ile 10 Gy aralığında x-ışını radyasyonuna karşı LiF:Mg,Ti (TLD-100)'ün lineer bir doz cevabının olduğunu ve TLD-100'ün 1 Gy ile 10 Gy aralığındaki x-ışını radyasyonu için tıpta kullanımının uygun olduğunu kanıtlamaktadır. Bu sonuçları LiF:Mg,Ti (TLD-100)'ün lineer doz cevap aralığı ile ilgili önceki çalışmalar (Datz ve ark, 2011; Bos, 2001) doğrulamaktadır. Tıpta tanısal ve tedavi amaçlı uygulamalarda uygulanan dozların LiF:Mg,Ti (TLD-100)'ün lineer doz cevap aralığında bulunmasından dolayı bu çalışmada elde edilen LiF:Mg,Ti (TLD-100)'ün lineer doz cevap eğrisi bu dozimetrenin bilinen, tıpta kullanımına uygun doz aralığını doğrulamıştır.

Radyokromik film dozimetre ile doz ölçüm sonuçlarına göre, 30 mAs değerine karşılık elde edilen doz değeri 0,1 cGy olarak ölçülmüştür. Bu ölçüm sonucuna göre, daha önce bilinen XR-QA2 film dozimetrenin ölçebildiği, hassas olduğu en düşük doz değerinin 0,1 cGy olduğu bu çalışmada doğrulanmıştır. Aynı zamanda bu çalışmada XR-QA2 film dozimetrenin radyolojide uygulanan dozlara

duyarlı ve radyolojide kullanımının uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Film dozimetrenin Doz cevap sonuçlarına göre Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Bölümünde, hastaların tanısasal amaçlı BT uygulaması sırasında tek seferde minimum 0,1 cGy (30 mAs ile) ve maksimum 0,54 cGy (170 mAs ile) radyasyona maruz kaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Kaynaklar

- BOS, A.J.J., 2001. High Sensitivity Thermoluminescent Dosimetry. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 184: 3-28.
- CEMBER H, and JOHNSON T.E, 2009, Introduction to Health Physics, The McGraw-Hill Companies, United States, 873s.
- CHEN, R., and MCKEEVER, S.W.S., 1997. Theory of Thermoluminescence and Related Phenomena. World Scientific Publishing, Singapore, 559s.
- DATZ, H., HOROWITZ, Y.S., EPSTEIN, L., OSTER, L., LIVINGSTONE, J., HOROWITZ, A., KOL, M., and MARGALİOT, M., 2011. Energy Dependence of the Supralinearity (f(D)max) of Peaks 7 and 8 in the High Temperature Thermoluminescence of LiF:Mg,Ti (TLD-100) : Interpretation Using the Unified Interaction Model. Radiation Measurement, 46: 1436-1439.
- PİTERS, and BOS, A.J.J., 1993. Thermoluminescence Emission Spectra of LiF (TLD-100) after Different Thermal Treatment. Solid State Dosimetry in Radiation Protection Dosimetry, 47 (1/4): 91-94.
- TOMIC, N., DEVIC S., and DEBLOİS F., 2010. Reference Radiochromic Film Dosimetry in Kilovoltage Photon Beams During CBCT Image Acquisition, Medical Physics. 37 (3): 1083-1092.