

## TERMOLÜMINESANS DOZİMETRELER İLE DOZ DAĞILIMLARININ İNCELENMESİ

Zeynep Açelya KURT<sup>1</sup>, Serpil AKÖZCAN\*<sup>1</sup>,

*Kırklareli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Kırklareli*

### ÖZET

İyonlaştırıcı radyasyon uzun süredir kanser tedavisinde kullanılmaktadır. Radyoterapi, radyasyon tedavisi veya radyasyon onkolojisi olarak da ifade edilen kanser tedavisinde kullanılan temel yöntemlerden biridir. Termolüminesans dozimetreler (TLD) küçük boyutları ve yüksek hassasiyetleri sebebiyle radyoterapi kaynaklarının çevresindeki doz ölçümlerinde rutin olarak kullanılırlar. Bu çalışmada Bezmiâlem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniğinde bulunan Lineer hızlandırıcı ve <sup>60</sup>Co kaynağı kullanılarak alınan radyasyon dozu termolüminesans dozimetre ile belirlenmiştir. Çalışmada 3.2 x 3.2 x 0.89 mm boyutlarında LiF : Mg , Ti (TLD - 100) çip dozimetreler, 2 Gy'lik ışınlama dozu için Harshaw TLD 3500 okuyucu sistemi ile değerlendirilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlardan en yüksek radyasyon dozlarının hasta yastığı altı ve gözlere ait olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** TLD, Dozimetri, Doz, Lineer Hızlandırıcı, <sup>60</sup>Co

### RESEARCH OF DOSE DISTRIBUTION BY THERMOLUMINESCENCE DOSIMETRIES IN RADIOTHERAPY APPLICATIONS

#### ABSTRACT

Ionizing radiation has been used for therapy of cancer for a long time. Radiotherapy referred to as radiation therapy or radiation oncology, is one of the principal modalities used in the treatment of cancer. Thermoluminescent dosimeters (TLD) are routinely used to measure the dose around radiotherapy sources due to their small size and high precision. In this study, we were determined the radiation doses received from Bezmiâlem University Faculty of Medical Hospital Clinic of Radiation Oncology linear accelerator and <sup>60</sup>Co Source using thermoluminescent dosimeter. In the present work the precision of LiF:Mg,Ti (TLD-100) chip dosimeters with dimensions of 3.2 x 3.2 x 0.89 mm was evaluated in Harshaw TLD 3500 reader, for 2 Gy irradiation dose. The results which obtained from the current study were showed that the highest radiation doses were received by patient pillow down and her eyes.

**Key words:** TLD, Dosimetry, Dose, linear accelerator, <sup>60</sup>Co

\**serpil.akozean@klu.edu.tr*

## GİRİŞ:

Radyasyon terimi 1895 yılında Wilhelm Röntgen'in X-ışınlarını keşfi ile hayatımıza girmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Radyasyon, dalga, parçacık veya foton şeklinde yayılan bir enerji türüdür ve hayatımızda daima var olan ve birlikte yaşadığımız bir olgudur. Radyasyon, “İyonlaştırıcı Radyasyon” ve “İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon” olmak üzere ikiye ayrılır. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon türleri arasında görünür ışık, radyo ve mikro dalgalar sayılırken, gama ve X-ışınları, alfa, beta parçacıkları ve nötronlar iyonlaştırıcı radyasyon grubuna girmektedirler [1,2].

Nükleer teknolojinin gelişmesine paralel olarak, son yıllarda özellikle kanser teşhis ve tedavisinde kullanılan pek çok yeni cihaz geliştirilmiştir. Tedavilerin başarılı bir şekilde yapılabilmesi için kullanılan tedavi düzeyli dozimetre sistemlerinin belirli aralıklarla, standart radyasyon kaynakları veya standart dozimetreler kullanılarak kalibre edilmesi önemlidir. Günlük hayatımızda radyasyon ile çalışan görevliler diğer kişilere göre daha fazla radyasyon dozuna maruz kaldıkları için radyasyon doz limitleri dünya sağlık örgütlerince belirlenmiş olup, hekim ve diğer tıp personelinin alacakları radyasyon dozlarının müsaade edilen limitler aralığında olması zorunlu hale getirilmiştir [1]. Bunun için de gerekli dozimetrik ölçümlerin radyasyonla çalışan kişilerde ve çalıştıkları alanlarda rutin olarak yapılması gerekmektedir. Bunun için insan duyu organları ile algılanamayan iyonlaştırıcı radyasyonların varlığını tespit etmede ve seviyesini ölçmede, korunma amaçlı dozimetre ve radyasyon doz hızı ölçer olarak isimlendirilen cihazlar geliştirilmiş ve yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

Termoluminesans dozimetre (TLD), radyoaktif bir kaynaktan çıkan ışınları ve bu kaynaklar çevresinde çalışan insanların aldıkları radyasyon miktarını belirlemek için kullanılan küçük boyuttaki dedektörlerdir. TLD ler teşhis, tedavi veya her ikisinde birden yapılan uygulamalar sırasında hastanın vücudu üzerine yerleştirilerek maruz kalınan iyonlaştırıcı radyasyon miktarının belirlenmesi için sıkça kullanılmaktadır [3,4]. TLD'lerin dozimetre aracı olarak kullanılmasının en önemli sebeplerinden biri absorbe edilen doz ile ışınlama sonrası malzeme tarafından yayılan ışığın yoğunluğu arasındaki ilişkidir. Aynı zamanda yüksek hassasiyetleri, geniş bir doz aralığında doğrusal doz cevabına sahip olmaları ve küçük boyutları nedeniyle doz ölçümlerinde sıklıkla tercih edilmektedirler [5]. TLD olarak kullanılan kristallerden bazıları arasında

magnezyum (Mg) ve titanyum (Ti) ile katkılanmış lityum florür (LiF:Mg,Ti), mangan (Mn) ile katkılanmış kalsiyum florür (CaF<sub>2</sub>:Mn), disprozyum (Dy) ile katkılanmış kalsiyum florür (CaF<sub>2</sub>:Dy), karbon (C) ile katkılanmış alüminyum oksit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C), mangan ile katkılanmış lityum borat (Li<sub>2</sub> B<sub>4</sub> O<sub>7</sub>:Mn) sayılabilir. Bunlar arasında personel dozimetri çalışmalarında en sık kullanılanı, TLD-100 olarak isimlendirilen ve etkin atom numarası ( $Z_{\text{eff}}=8.14$ ) dokuya eşdeğer olan LiF:Mg,Ti'dir

1940 yıllarında nükleer reaktörlerin geliştirilmesi ile yüksek enerjili gama ışınları yayan yapay radyoaktif maddeler elde edilmiş ve ilk radyoaktif kobalt (<sup>60</sup>Co) kaynağı 1951 yılında Kanada'da teleterapi ünitesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. <sup>60</sup>Co teleterapi cihazları radyasyon kaynağı olarak <sup>60</sup>Co kullanılan cihazlardır. <sup>60</sup>Co teleterapi cihazı kaynağın bulunduğu kafa, ışının hastaya gönderildiği kolimatör, kafanın 80 ya da 100 cm'lik izomerkez etrafında dönmesini sağlayan gantry, hastanın tedavi edildiği masa ve cihazın uzaktan kontrolünü sağlayan konsoldan oluşmaktadır [2, 6].

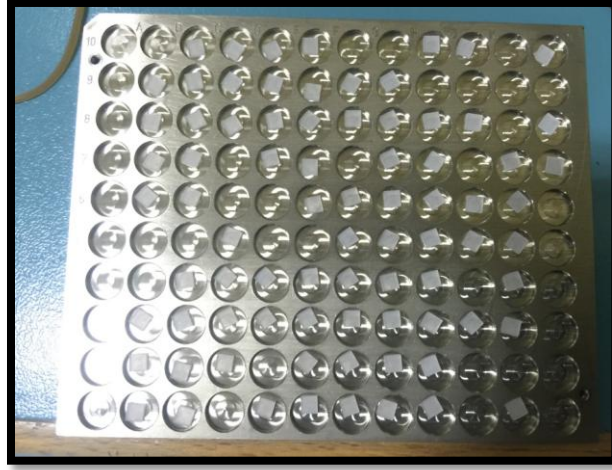
Nükleer tıp ve radyoloji alanında çalışan tıp personelleri ve tedavi gören kanser hastaları iyonlaştırıcı radyasyona yüksek ölçüde maruz kalmaktadır. Bu çalışmanın amacı iyonlaştırıcı radyasyon ve etkilerine karşı çalışanların, hastaların ve çevrenin belirlenen bir süre içinde, maruz kalınan radyasyon dozlarının ölçümünün yapılmasıdır. Bu amaçla Bezmiâlem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniği'nde lineer hızlandırıcı cihazı odasında ve dışında bir dozimetre yerleşim planı oluşturulmuştur.

## MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada Bezmiâlem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniği'nde, PET/BT odasında insan benzeri fantom kullanılarak, hem fantomun üzerine hem de odada cihazdan belirli mesafede bulunan yerlere ve kumanda odasına TLD-100 dozimetreler yerleştirilmiş ve PET/BT'den kaynaklanan saçılan radyasyon dozu tespit edilmiştir. Bu işlem için 104 adet TLD-100 dozimetre kullanılmıştır (Şekil 1). Her bir TLD-100 dozimetre 3.2 mm x 3.2 mm, kalınlığı 0.89 mm boyutlarında ve LiF:Mg,Ti içeriğinde olup insan dokusu eşdeğerine yakın olmasından dolayı çalışma için seçilmiştir.

Çalışmada daha önce hiç işlem görmemiş 104 adet TLD, kalibrasyon işlemi için Kırklareli Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan PROTHERM PLF 120/7 model

fırında ilk önce 400°C’de 1 saat 10 dakika, daha sonra 100°C’de 2 saat tavllanmış ve tüm bu tavlama işlemlerinden sonra seçilen 104 adet TLD kalibrasyon işlemi için hazır duruma getirilmiştir.



**Şekil 1.** Çalışmada Kullanılan TLD-100 Dozimetreler.

Kullanılan dozimetrelerin kalibrasyonu için Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniği’nde bulunan Cyrus marka lineer hızlandırıcı ve insan dokusu eşdeğerine sahip bolus kullanılarak 80 cm SSD değerinde, 20 cm x 20 cm matriks alanda, yüzeyden 0.5 cm derinlikte her biri 1 Gy doz alacak şekilde ışınlanmıştır.



**Şekil 2.** TLD Okuyucu Sistemi

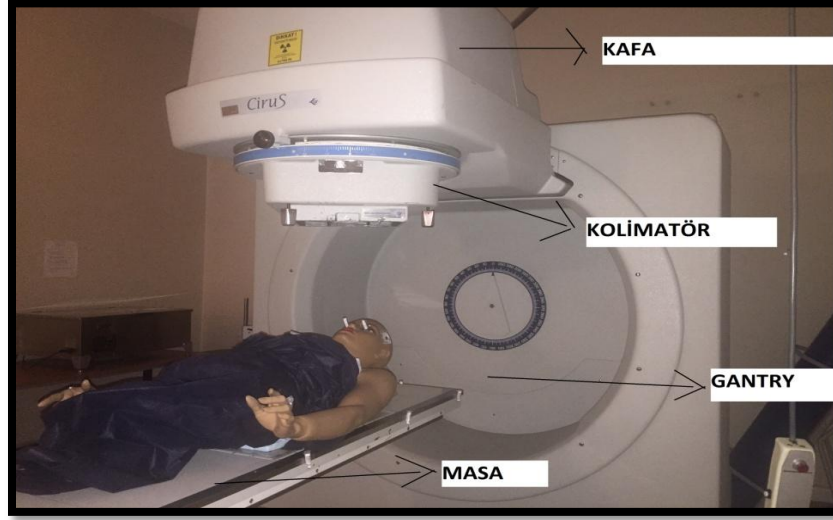
Tüm termolüminesans ölçümleri Harshaw Model 3500 TLD okuyucu kullanılarak yapılmıştır (Şekil 2). Dozimetre kalibrasyonu sonucunda 79 adet TLD-100 çalışmada kullanılmak üzere belirlenmiştir.

Kalibre edilen dozimetreler Bezmiâlem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniği'nde PET/BT odasında insan benzeri rando fantom kullanılarak, fantom üzerinde, yattığı masa etrafında, ışınlama ve kumanda odasında 36 farklı noktaya yerleştirilmiştir. Rando materyalleri radyasyon emilimi açısından, foton ve elektronlar için insan dokularına eşdeğeridir olmakla beraber, rando plastiği radyasyon ve fiziksel değişimlere karşı çok duyarlıdır. Çalışmada radyoterapi merkezlerinde doz ölçümleri için kullanılmak üzere üretilen 100 cm uzunluğunda ve 50 kg ağırlığındaki kadın fantom kullanılmıştır (Şekil 3).

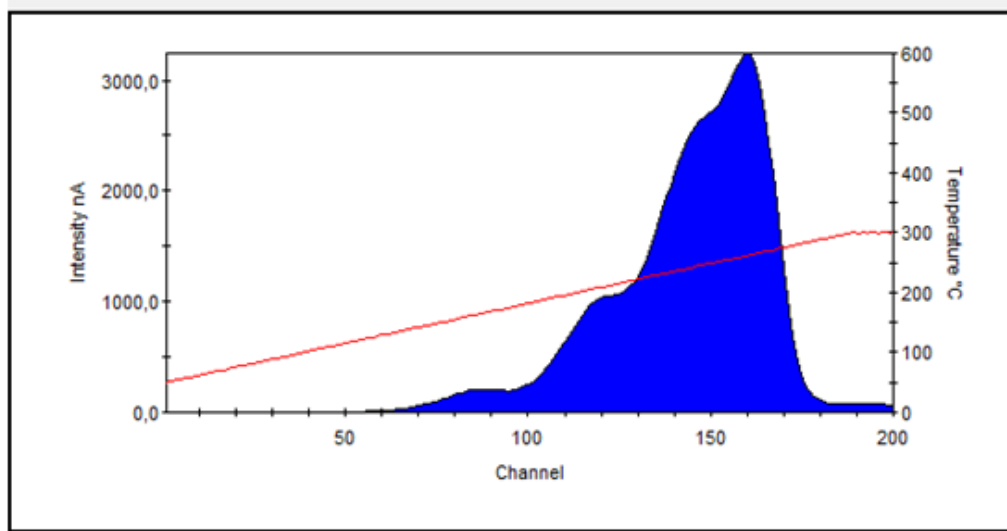
Çalışmada TLD'lerin kalibrasyonu için Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Birimi'ne ait  $^{60}\text{Co}$  teleterapi cihazı (CIS-B10, CYRUS, 1996) kullanılmıştır (Şekil 3). Terapi kafası kurşun kılıf içine yerleştirilmiş 2 cm çapında  $^{60}\text{Co}$  kaynak içermekte olup  $\pm 180^\circ$  lik açı ile hareket etme yeteneğine sahiptir. Kaynak-aks mesafesi (SAD) 80 cm olup cihazda birbirinden bağımsız hareket eden ve kolimatör alan boyutları 3.5x3.5 cm'den 32x32 cm'ye kadar açılabilen iki kolimatör sistemi bulunmaktadır.

Çalışmada içerisinde  $^{60}\text{Co}$  kaynak bulunan Cyrus marka model Lineer Hızlandırıcı kullanılarak kadın fantoma 2 Gy' lik total kranium (kafa) ışınlaması yapılmıştır (Şekil 3). Aynı sıralamada ve aynı yerleşimlerle ölçümler 3 kez tekrar edilmiştir.

Her ışınlama sonrası TLD okuyucu yardımıyla ışıma ölçümleri alınmış ve ışıma eğrilerinden yararlanarak TLD'lere ait doz değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4).



Şekil 3. Co-60 Teleterapi Cihazı.



Şekil 4. Çalışmada elde edilen örnek ışımaya eğrisi.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, içinde  $^{60}\text{Co}$  kaynağı bulunan lineer hızlandırıcı cihazı kullanılarak tüm vücut ışınlama pozisyonunda 2 Gy şiddetinde ışınlama işlemi gerçekleştirilmiş ve bu işlemin belirli konumlarda yarattığı etkilerin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan TLD'ler ilk olarak tavlama prosedürlerine uygun olarak tavlandıktan sonra kalibre edilmiş ve 36 ayrı noktaya ikişer tane TLD yerleştirilmiştir. Her bir konumlama ve ölçüm için elde edilen ortalama sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

Çalışmada üç ayrı ölçüm sonucunda elde edilen değerlerin ortalaması alınmış ve TLD-100'lerden hesaplanan soğurulan doz şiddetlerinin 0.05 ile 1.6 Gy değer aralığında değiştiği görülmüştür. Bu değişim literatürde de belirtildiği gibi dozimetrelerin konumlandırılmasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. En yüksek doz değeri rando fantomun kafasının altındaki yastık bölgesinde hesaplanmış olup, üç ölçüm için ortalama 1.59 Gy şiddetinde bulunmuştur. Konumlandırılan TLD-100 dozimetreleri arasında ölçülen en düşük şiddet zırhlı kapı karşısında yer alan koridorda bulunmuştur.

Bu konuda dünyada yapılmış başka çalışmalarda hesaplanan değerler ve çalışmamızda ölçülen dozlar arasında oluşan farkların nedenlerinden birinin de kalibrasyon ve okuma prosedüründen kaynaklanan hatalardan ve TLD'leri fantoma yerleştirirken yapılan hatalardan kaynaklanabileceği ve özellikle yüksek doz değişimi olan noktalarda, TLD ile elde edilen hesaplarda doz farklılığının olabileceği belirtilmiştir [7,8,9].

**Tablo 1.** 36 ayrı noktaya yerleştirilen TLD-100'lerin ortalama sonuçları

Dozimetre Yeri	Hesaplanan Ortalama Doz (mGy)	Dozimetre Yeri	Hesaplanan Ortalama Doz (mGy)
Masa Başı fantom kafa hizası sağ taraf	5.83±0.78	Kapı girişi sol duvar	0.16±0.05
Masa Başı fantom kol hizası sağ taraf	4.89±0.51	Sol duvar	0.22±0.03
Masa sağ taraf	0.85±0.10	Fantom karşısı sol duvar	0.28±0.12
Masa sağ taraf	0.22±0.05	Cihazın arkası sağ taraf	0.18±0.05
Masa sağ taraf	0.19±0.06	Fantom sağ el	0.76±0.08
Masa ucu fantom ayak hizası	0.25±0.05	Cihazın arkası sol taraf	0.21±0.04
Masa sol taraf	0.20±0.07	Fantom karşısı sağ duvar	0.27±0.04
Masa sol taraf	0.26±0.08	Sağ duvar	0.17±0.04
Masa sol taraf	0.80±0.12	Cihazın karşısındaki duvar	0.21±0.11
Masa Başı fantom kol hizası sol taraf	4.49±0.73	Merkez-Masa altı	265±229
Masa Başı fantom kafa hizası	7.19±0.11	Zırhlı Kapı-iç kısım	0.15±0.05
Masa Başı fantom kafa hizası sol taraf	6.50±1.97	Zırhlı Kapı-yan kısım	0.18±0.05
Hasta Yastığı	1.6 Gy±0.1	Zırhlı Kapı-dış kısım	0.18±0.04
Göğüs	14.77±4.80	Koridor-Zırhlı Kapı karşısı	0.13±0.01
Fantom sağ göz	279±108	Kumanda odası yan duvar	0.20±0.04
Fantom sol göz	301±71	Kumanda odası karşı duvar	0.16±0.06
Fantom sol el	1.31±0.06	Kumanda odası dolap	0.22±0.06
Fantom Boyun	22.68±2.38	Koridor (Background)	0.23±0.09



Bu tür çalışmalarda tüm vücut ışınlanmasında şartlar farklıdır. Hasta vücudunun tedavi alanı içerisine konumlandırılmasının hatasız olması için hasta tedavisinde birkaç metre uzaklıktaki alanlar kullanılır. Çalışmamızda farklı mesafelere yerleştirilen TLD-100 dozimetrelerinden alınan sonuçlar, hesaplanarak beklenen sonuçlarla uyumlu bulunmuştur.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılmasında yardımlarından dolayı Bezmiâlem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Bölümüne ve Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Bölümüne teşekkürü bir borç biliriz. Ayrıca Kırklareli Üniversitesi Rektörlüğü'ne de tüm desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- [1] Bor, D. “Radyasyon Nedir? Halkımız İçin Bilgilendirme Kılavuzu”. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fizik Mühendisliği, 2015.
- [2] Kurt, Z. A. “Radyoterapi Uygulamalarında Termoluminesans Dozimetreler ile Doz Dağılımlarının İncelenmesi”, Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2016.
- [3] Aksözen, M. T., Yaray, K., Menteş, S., Gündoğ, M., Eroğlu, C. “Calibration of Gamma Rays With LiF Thermoluminescence Dosimeters”. Türk Onkoloji Dergisi, 27(1), 24-28, 2012.
- [4] Yüksel, M. “Doğal ve Katkılanmış Bor Minerallerinin Dozimetre Geliştirmek Amacıyla Termoluminesans (TL) Yöntemi Kullanılarak Çalışılması”. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 2013.
- [5] McKeever, S., Moscovitch, M., Townsend, P. “Thermoluminescence Dosimetry Materials, Properties and Uses”. Nuclear Technology Publishing, England, 1995.
- [6] Khan, F.M. “The Physics of Radiation Therapy”. 3rd Edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2003.
- [7] Steciw, S., Warkentin, B., Rathee, S., Fallone, B. G. “Three- Dimensional IMRT Verification

with a Flat Panel EPID”. *Medical Physics*, 32(2), 600-612, 2005.

[8] Han, Y., Shin, E. H., Lim, C., Kang, S., Park, S. H. “Dosimetry in an IMRT Phantom Designed for a Remote Monitoring Program”. *Medical Physics*, 35, 2519-2527, 2008.

[9] Richardson, S., Tome, W., Orton, N., McNutt T., Paliwal, B. “IMRT Delivery Verification Using Spiral Phantom”, *Medical Physics*, 30(9):2553-2558, 2003.