

**HODGKİN HASTALIĞI MANTLE IŞINLAMASINDA TİROİDİN
ALDIĞI DOZUN ARAŞTIRILMASI**
Investigating Dose Received by Thyroid in the Mantle
Irradiation of the Hodgkin Disease

M.Tarkan AKSÖZEN¹, Oğuz Galip YILDIZ², Kadir YARAY³

Özet: Bu çalışmada; hodgkin hastalığı mantle ışınlamasında tiroid bezinin almış olduğu doz miktarının rando fantom üzerinde termoluminesans dozimetre (TLD) kullanarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılacak TLD'ler duyarlılıklarını ve doğal fonlarını standardize etmek için radyasyon ölçümleri yapmadan önce tavlama işlemi yapılmıştır. Çalışmada tavlama işlemi tamamlanan radyasyona karşı sağır olan toplam 168 adet TLD her gün sabah ve akşam 100'er santigray (cGy) olmak üzere toplam 1000 cGy ışınlanarak doygunluk düzeyine getirildi. Daha sonra bu TLD'ler için, Co-60 teleterapi cihazında, 80 cm kaynak-cilt mesafesi (SSD) değerinde, 10cm x 10cm alan boyutunda, yüzeyden 5 cm derinlikte 100 cGy doz alacak şekilde ışınlanıp "Element Correction Coefficient" (ECC) ve "Reader Calibration Factor" (RCF) değerleri bulunmuştur. \pm %1 hassasiyet sınırları seçilerek kalibrasyon işlemi yapılmıştır. İnsan vücuduyla birebir uyumlu olan erkek rando fantom üzerinde tiroid bezinin yeri tespit edildikten sonra fantom hodgkin hastalığı mantle tedavi alanı için simülasyon cihazında sabit kaynak cilt mesafesi değeri tek tek bulunmuştur. Rando fantom klasik hodgkin hastalığı mantle ışınlamasında olduğu gibi, Varian 2300 C/D lineer akselerator cihazında 6 MV foton enerjisinde, kaynak cilt mesafesi 100 cm değerinde anteroposterior alandan fraksiyon dozu olarak 90 cGy, posteroanterior alandan 90 cGy verilecek günlük toplam 180 cGy ışınlanmıştır. Işınlama işlemi 5 kez tekrarlandı. Her ışınlamadan sonra tiroidin sol ve sağ lobuna yerleştirilen TLD çipleri Harshaw 3500 TLD sisteminde WinRems yazılımı yardımıyla okunmuştur. Çalışma sonucu olarak hodgkin hastalığı mantle tedavisinde sabit kaynak cilt mesafesi tekniği ile orta hatta, AP ve PA alanlardan verilen toplam 180 cGy fraksiyon dozu için tiroidin almış olduğu ortalama doz yaklaşık olarak %25 oranında daha yüksek bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Mantle ışınlaması, termoluminesans dozimetre, rando fantom

¹ Bil.Uzm.Erc.Ün.Sağ.Bil.Ens.Radyasyon Onk. AD, Kayseri

² Doç.Dr.Erc.Ün.Tıp.Fak.Radyasyon Onk AD, Kayseri

³ Öğr.Gör.Dr.Erc.Ün.Tıp.Fak.Radyasyon Onk. AD, Kayseri

Geliş Tarihi : 24.06.2010

Kabul Tarihi : 27.09.2011

Abstract: In this study, it is aimed to determine the dose received by the thyroid gland in the mantle field radiation for Hodgkin disease using a thermoluminescence dosimeter on the rando phantom.

In order to standardize sensitivities and natural background of thermoluminescence dosimeters (TLD) to be used in the study, they were tempered before radiation measurements were performed. In the study, totally 168 TLDs, blind to the radiation and completely tempered, reached the saturation level by radiating the total dose of 1000 cGy, including 100 cGy every morning and night per day. Later, for those TLDs, "Element Correction Coefficient" (ECC) and "Reader Calibration Factor" (RCF) values were found by radiating in the Co-60 teletherapy device with the value of 80 cm source-skin distance (SSD) in a manner that 100 cGy dose is received at 5 cm depth from the surface on a 10 cm x 10 cm field area. Calibration procedure was performed using sensitivity ranges of \pm 1 percent. After the location of thyroid gland is determined on the male rando phantom perfectly matching the with human body, phantom is planned on the simulator device for mantle treatment field of Hodgkin disease. Moreover, lung protection blocks were focally prepared in the mould room. Calibrated TLD chips are placed to the thyroid of the phantom and source-skin distance values of points where chips are located are separately determined. As in the classical Hodgkin disease mantle field radiation, rando phantom was radiated totally 180 cGy, including the fraction dose of 90 cGy from anteroposterior field and 90 cGy from postero-anterior field, with the 6 MV photon energy and source-skin distances of 100 cm in the Varian 2300 C/D linear accelerator device. Radiation procedure was repeated 5 times. Following each radiation, TLD chips placed into the right and left lobes of thyroid gland were read using WinRems software in the Harshaw 3500 TLD system.

As a consequence of the study, total mean dose received by thyroid gland for total 180 cGy fraction dose given from mid-line, AP and PA fields using constant source-skin distance technique in the Hodgkin disease mantle treatment is approximately around 25 % higher than the total dose planned for mantle treatment.

Keywords: Mantle radiation, thermoluminescence dosimeter, rando phantom

***Bu araştırma Erciyes Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından Yüksek Lisans tezi olarak desteklenmiştir (Proje no:940).**

Hodgkin hastalığı, 1832 yılında Sir Thomas Hodgkin tarafından tanımlanan, Hodgkin hücreleri ve uygun sellüler yapı ile karakterize lenfoid dokunun malignitesidir (1, 2). Bunlar kemoterapi ve RT'ye duyarlı tümörlerdir. Erken evrede daha yüksek olmak üzere tüm hastalar için yüksek cevap oranı ve kür olanağı vardır (1, 3, 4).

Hodgkin hastalığında RT'nin primer amacı, tutulmuş ve komşu lenfatik zincirde tümör kontrolünü sağlayacak RT dozlarıyla hastalığı tedavi etmektir. Genellikle eşit ağırlıklı alan tedavisi kullanılır. Tedavi sahası mandibulanın alt bölümünden yaklaşık diyaframın bağlandığı seviyeye kadar uzanır. Eğer uygulanacak doz eşit ağırlıklı alanlarla sadece 36 Gy ise spinal kord koruması gerekmez, ancak 40 Gy'in üzerinde dozlarda koruma kullanılmalıdır. Subkarinal yayımlı veya perikardial tutulumlu yaygın mediastinal hastalıkta, kardiak bölge 15 Gy'lik radyoterapi alanına dahil edilir, daha sonra kalp apeksi üzerine blok yerleştirilir. 30-35 Gy doz uygulandıktan sonra subkarinal alana (yaklaşık karinanın 5 cm altı) blok yerleştirilerek perikard ve myokard korunur (5, 6).

Mantle tedavi alanı içerisinde bulunan tiroid bezi tedavi sırasında direkt hedef olmasa dahi saçılan ışınlardan etkilenmektedir. Radyasyona karşı yüksek hassasiyeti bulunan tiroid bezinin iyonizan radyasyon ile ışınlanması hipotiroide ve sekonder tiroid tümörlerinin gelişimine neden olabilir.

Bazı yalıtkan ve yarı iletken maddeler ısıtıldıkları zaman ışınla yaparlar. Bu fiziksel olaya "ısıtma ile ışınla" anlamına gelen termoluminesans (TL) denir (7).

Dozimetre; radyoaktif (RA) kaynaktan veya x-ışınları kaynaklarından çıkan ışınları ve bunların çevresinde çalışan insanların aldıkları radyasyon dozunun miktarını tayin etmeye yarayan düzenektir. Bu düzeneklerden temeli termoluminesansa dayananlara termoluminesans dozimetre (TLD) denir. TLD olarak en sık kullanılan kristal titanyum (Ti) ve magnezyum (Mg) ile aktive edilmiş lityum florür (LiF)'dir. (LiF:Ti:Mg) Bunun sebebi atom numarasının dokuya eşdeğer olmasıdır (8).

Çalışmalar sırasında "Harshaw TLD System 3500" manuel TL okuyucu kullanılacaktır. Sistem, okuyucu ve okuyucuyu kontrol etmek amacıyla okuyucuya bağlı bir bilgisayar sisteminden oluşmaktadır. Bilgisayarda kullanılan okuma programı WinRems'dir. Tüm verilerin depolanması, alet kontrolü ve operatör girişleri bilgisayar programında yapılmaktadır (9).

Bu çalışmadaki amacımız, Hodgkin hastalığı mantle alan ışınlamasında tiroid bezinin aldığı radyasyon dozu miktarını rando fantom üzerinde TLD kullanarak belirlemektir.

GEREÇ VE YÖNTEM

TLD'lerin Tavllanması: Bu çalışmada, daha önce hiç işlem görmemiş 168 adet TL dozimetre ilkin önce 400 °C'de 1 saat 10 dakika tavlanylıp, fırın kapağı açılmadan TLD'lerin oda sıcaklığına düşmeleri sağlandı. Tavlama işlemi 80 °C'de 16 saat 10 dakika ve 100 °C'de 1 saat 10 dakika için tekrarlandı. Bütün bu tavlama işlemlerinden sonra seçilen 168 adet TLD çipi kalibrasyon işlemi için hazır duruma getirildi.

TLD Çiplerinin Kobalt-60 (Co-60) Işınları İle Kalibrasyonu: TLD'ler, ikincil standart dozimetrelerdir. Diğer bir deyişle TLD'ler radyasyonun soğurulan dozunun mutlak bir ölçüsünü vermez. Genellikle kullanılan ikincil dozimetreler; film dozimetreler, sintilasyon sayaçları ve iyon odalarıdır. Bu dozimetrelerin hepsi birincil bir ölçüm sistemine göre doğrudan veya kalibre edilmiş ikincil bir sistem yardımıyla kalibre edilmelidir (10).

Bu çalışmada tavlama tamamlandığı toplam 168 adet TLD doyumluk düzeyine getirilmek için her gün sabah ve akşam 100'er cGy olmak üzere toplam 1000 cGy ışınlandı. Işınlamalar; su eşdeğeri katı fantom kullanılarak Co-60 teleterapi cihazında, 80 cm SSD değerinde, 10 cm x 10 cm alan boyutunda, yüzeyden 5 cm derinlikte yapıldı (11). TLD'lerin hassas olarak ışınlanabilmesi için, 30 cm x 30 cm boyutlarında sert pleksiglas materyal üzerinde 10 cm x 10 cm ışınlama alanı içerisinde her

birinin çapı 6 mm ve derinliği 1 mm olan 49 adet delik açılan bir düzenek oluşturuldu (Resim 1).

Çalışmada kullanılacak toplam 168 adet TL dozimetre ışınlanarak doyumluğa ulaştırıldıktan Co-60 teleterapi cihazında, 80 cm SSD değerinde, 10 cm x 10 cm alan boyutunda, yüzeyden 5 cm derinlikte 100 cGy doz alacak şekilde ışınlandı. Bu TLD'ler için dozimetre çiplerinin duyarlılıklarını gösteren "Element Correction Coefficient" (ECC) ve okuyucudan alınan, nanocoulomb (nC) cinsinden verilen fototüp akımının soğurulan radyasyon miktarına çevirmede kullanılan dönüşüm katsayısı "Reader Calibration Factor" (RCF) bulunarak sisteme kaydedildi. TLD çipleri içinden \pm %1 hassasiyete sahip olan 59 adet TLD çipi çalışmada kullanılmak üzere kalibre edilmiş oldu.

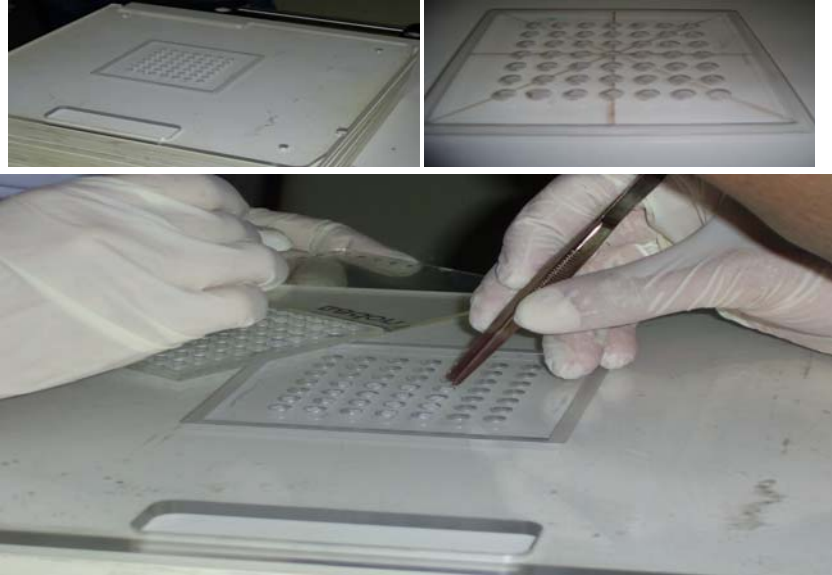
Rando Fantom Üzerinde Mantle Tedavi Alanının Simülasyonu: Rando Fantom üzerinde mantle tedavi alanı simülasyonu Varian Ximatron CDX simülatör cihazında SSD:100 cm değerinde anteroposterior (AP) ve posteroanterior (PA) olmak üzere iki alandan yapıldı. AP tedavi için teda-

vi alanı 29 cm x 25,8 cm iken PA tedavi alanı için saha boyutları 30,5 cm x 32,7 cm olarak ölçüldü. Tedavi sahasına giren akciğer blokları fokalize olarak hazırlanıp koruma alanlarına uygunluğu rando fantom üzerinde simülatör cihazının yardımıyla doğrulandıktan sonra tedavi alanı içerisine çizildi (Resim 2).

Rando Fantom Üzerinde Tiroid Bezinin Belirlenmesi: Rando fantom üzerinde tiroid bezinin belirlenmesi amacıyla Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi AD. Öğretim üyesinden yardım alındı ve tiroid bezinin sol ve sağ lobları 9. ve 10. kesit üzerinde çizildi.

Daha sonra rando fantomun 9. kesitinde bulunan tiroidin sol lobunun üst ucuna 1 numaralı ve sağ lobunun üst ucuna 2 numaralı toplam 2 adet, her biri 5 mm çapında delik açıldı (Resim 3).

Aynı şekilde, 10. kesitinde bulunan tiroidin sol lobuna 1 ve 2 numaralı 2 adet, sağ lobuna 3 ve 4 numaralı 2 adet olmak üzere toplam 4 adet, her biri 5 mm. çapında delik açıldı ve bu delikler doku eşdeğeri beyaz materyalle kapatıldı (Resim 3).



Resim 1. TLD'leri ışınlamak için özel olarak hazırlanan düzenek.



Resim 2. Tedavi alanında korumaların rando fantom üzerinde çizilmesi.



Resim 3. Rando fantom'un 9. ve 10. kesitinde tiroidin sol ve sağ lobuna TLD çiplerinin yerleştirilmesi.

TLD Çiplerinin Yerleştirildiği Fantom Kesitlerinin SSD Değerlerinin Bulunması: Rando fantomun anatomisinden dolayı AP ve PA mantle tedavi alanının merkezinde SSD değeri 100 cm iken TLD çiplerini yerleştirdiğimiz, fantom üzerinde tiroid loblarının bulunduğu 9. ve 10. kesitlerde SSD değerleri 100 cm'den daha büyük olacaktır. Bunu doğrulamak için TLD çiplerinin yerleştirildiği noktaların izdüşümleri fantom yüzeyine işaretlendi. Tedavi masasının boyuna ve enine hareket özellikleri kullanılarak masa kaydırılıp, tedavi alanının merkezi, işaretlenen noktalarla karşılaştırıldı ve cihazın optik SSD cetvelinden fantom yüzeyinde işaretlenen noktalar için yeni SSD değerleri okundu.

Rando Fantom Üzerindeki Mantle Tedavi Alanının Işınlanması: Üzerinde mantle tedavi alanı planlanan, tiroid bölgesine TLD çipleri yerleştirilen rando fantom Varian 2300 C/D lineer akseleratör tedavi cihazında farklı beş günde AP ve PA alan 11 cm yarı kalınlık için fraksiyon dozu olarak 90 cGy verilecek şekilde ışınlandı. Rando fantomun 9. ve 10. kesitlerinde bulunan tiroidin sol ve sağ lobuna yerleştirilen TLD çipleri Harshaw 3500 TLD sisteminde WinRems yazılımı yardımıyla okundu. Verilerin istatistiksel değerlendirilmesi için SPSS 15.0 for Windows paket programı kullanıldı.

BULGULAR

Rando fantomun 9. ve 10. kesitinde açılan toplam altı deliğin merkezlerinin cilt yüzeyinden derinlikleri fantomun anatomisinden dolayı farklılık göstermektedir. Açılan bu deliklere TLD çipleri yerleştirileceğinden çiplerin merkezlerinin fantom cildinden derinlikleri ayrı ayrı ölçüldü (Tablo I).

Rando fantom üzerinde sabit SSD tekniğine göre planladığımız AP ve PA klasik mantle tedavi alanlarının SSD değerleri 100 cm'dir. Rando fantomun anatomisinden dolayı TLD çiplerini yerleştirdiğimiz fantom üzerinde tiroid loblarının bulunduğu 9. ve 10. kesitlerde SSD değerleri 100 cm'den büyük olacaktır (Tablo II).

Tiroidin sol ve sağ loblarına yerleştirilen TLD çiplerinin almış oldukları doz miktarları Harshaw 3500 TLD sistemi ve WinRems yazılımı ile okundu. Ortalama değerleri ve standart sapmaları (Tablo III), aynı zamanda sol ve sağ loblar için ortalama değer ve total tiroid için ortalama doz ve standart sapma bulundu (Tablo IV).

Tiroidin sol ve sağ lobuna yerleştirilen TLD çiplerinin almış oldukları doz ölçümlerinin dağılımı normal bulundu ($p=0.2$). Sol ve sağ lobun aldığı dozlar karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p=0.758$).

Tablo I. TLD çiplerinin fantom cildinden derinlikleri.

LOB	KESİT NO	ÇİP NO	DERİNLİK (Ön Alan İçin)	DERİNLİK (Arka Alan İçin)
SOL	9	1	1.2 cm	11.9 cm
	10	1	1.1 cm	11.7 cm
	10	2	1.4cm	12.2 cm
SAĞ	9	2	1.2 cm	12.2 cm
	10	3	1.5 cm	12.2 cm
	10	4	1.2 cm	12.2 cm

Tablo II. Rando fantom üzerinde tiroid loblarının SSD değerleri.

LOB	KESİT NO	ÇİP NO	SSD (Ön Alan İçin)	SSD (Arka Alan İçin)
SOL	9	1	103.5 cm	102.0 cm
	10	1	104.0 cm	101.5 cm
		2	103.5 cm	101.5 cm
SAĞ	9	2	103.5 cm	102.0 cm
	10	3	103.0 cm	101.5 cm
		4	103.5 cm	101.5 cm

Tablo III. TLD çiplerinin almış oldukları ortalama doz miktarları

KESİT NO	ÇİP NO	ÇİP'İN ORTALAMA DOZU	STANDART SAPMA	P DEĞERİ
SOL 9	1	229.72 cGy	1.49	0.938
SAĞ 9	2	232.48 cGy	1.31	
SOL 10	1	221.94 cGy	3.87	0.162
SAĞ 10	3	221.70 cGy	2.73	
SOL 10	2	224.00 cGy	3.31	0.763
SAĞ 10	4	223.18 cGy	3.17	

Tablo IV. Sol ve sağ lobların, aynı zamanda total tiroidin almış olduğu ortalama doz miktarları

LOB	LOB'UN ORTALAMA DOZU	STANDART SAPMA	p DEĞERİ	TİROİDİN ORTALAMA DOZU	STANDART SAPMA
SOL	225.22cGy	4.43	0.758	225.50 cGy	4.90
SAĞ	225.78 cGy	5.46			

TARTIŞMA

RT'de ideal hedef, tümör çevresindeki normal dokuları yapısal ve fonksiyonel olarak tahribata uğratmadan tümörün tamamen yok edilmesidir. Normal dokularda onarımı mümkün zararlar bir noktaya kadar kabul edilmektedir, ancak hayati dokuların korunması mutlaka gereklidir. Tiroid bezine dışarıdan verilebilecek girici ışının maksimum dozu boyun derisi, üst solunum, özafagus mukozası ve kartilajın radyasyon toleransı ile sınırlıdır. Maksimum doz birkaç bin cGy'dir (12). Tiroid bezi radyasyon karşısında yüksek derecede hassas olduğundan iyonizan radyasyonla ışınlanması önemli anormalliklere neden olabilir ve eksternal radyasyon sonrasında sekonder tiroid tümörlerinin gelişimi ile sonuçlanabilir (13, 14). Tiroid bezi doğrudan tedavinin hedefi olmasa dahi saçılan ışın nedeniyle etkilenebilmektedir ve bu saçılma hematolojik malignitelerde merkezi sinir sistemi (MSS)'nin profilaktik kranial ışınlanması esnasında meydana gelmektedir. Bu günkü tedavi koşullarında tiroid

bezini eksternal ışınlardan koruyacak hiçbir önlem bulunamamıştır (13,15).

Bu çalışmada fantomun 9. ve 10. kesitlerinde tiroidin sol ve sağ lobuna her fraksiyon için ayrı ayrı yerleştirilen altı TLD çipinin almış olduğu ortalama doz miktarı 225.50 cGy, standart sapması ise 4.90 bulundu. Sağ ve sol lob ölçümlerinin dağılımı normal olarak bulundu ($p=0.20$). Sağ ve sol lobun aldığı dozlar karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p=0.758$).

Ölçülen bu ortalama dozun, tek fraksiyon için verilen toplam 180 cGy dozdan yüksek olmasının sebebi; tiroid loblarının bulunduğu kesitlerdeki SSD değerinin sabit SSD tekniğindeki SSD=100 cm değerinden büyük olması ve yine bu bölgedeki fantom kalınlık değerlerinin ışınlama tekniğine göre mantle tedavi alanının merkezindeki kalınlık değerinden küçük olması ile ilgilidir. Bütün bu farklılıklar sebebi ile, rando fantom üzerinde tiroid bezinin bulunduğu bölgede izodoz dağılımında düzensizliklere bağlı olarak istenmeyen sıcak nok-

olarak oluşacak, dolayısıyla bu bölge istenilenden miktardan daha yüksek doz alacaktır.

Başka bir deyişle, klasik mantle ışınlanmasında total doz olan 3600 cGy için tiroidin almış olduğu toplam doz 4500 cGy civarında olmaktadır. Bu durum tedavi sırasında dikkate alınmamaktadır. Bunun sonucu olarak tiroid bezinde kanser oluşma riski artmaktadır. Ancak bugünkü tedavi koşullarında tiroid bezini eksternal ışınlardan koruyacak hiçbir önlem kullanılmamaktadır. Tiroid bezinde hasar meydana getirme riskini minimum seviyelere indirmek amacıyla tiroidin alacağı dozu azaltma yönünde çeşitli teknikler geliştirmek akılcı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Rosen PJ, Lavey RS, Haskell CM. Hodgkin's Disease In: Haskell CM (ed). Cancer treatment. 4th ed. W.B. Saunder Company, Philadelphia 1995; pp 951-979.
- Lester EP, Ultmann JE. Hodgkin Disease. In: Williams WJ, Beutler E, Erslev AJ et al. Hematology. 4th ed.(International ed.). McGraw-Hill, New York 1991; pp 1039-1066.
- Coşkun ŞH, Er Ö, Eser B ve ark. Erken evre hodgkin hastalığı: Erciyes Üniversitesi deneyimi. Erciyes Tıp Dergisi 2002; 24: 120-125.
- Stein RS. Hodgkin's Disease. In: Lee RG, Foerster J, Lukens J et al. (eds). Wintrobe's Clinical Hematology. 10th ed. Mass Pub, Egypt 1999; pp 2538-2571.
- Chao KSC, Perez CA, Brady LW. Radiation Oncology Theratment Principles. Çeviri: Gemici C, Mayadağlı A, Parlak C. Bölüm Çeviri: Özşeker NI. Hodgkin hastalığı. Kitap: Radyasyon Onkolojisi Tedavi Kararları. Nobel Tıp Kitapevi, İstanbul 2004; ss 575-587.
- Hoppe RT. Hodgkin Lymphoma. In: Halperin EC, Perez CA, Brady LW (eds), Principles and Practice of Radiation Oncology. 15th ed. Lippincott Williams&Wilkins, Philadelphia 2008; pp 1721-1733.
- Yüksel M. Orta Anadolu FluoritLerinin (CaF₂) Termolüminenans (TL) Işıma Tepelelerine Tavlamanın Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana 2008.
- McKinlay AF. Thermoluminescence Dosimetry-Medical Physics Handbook;5. Çeviri: Aypar A, Akın E. Kitap:Medikal Fizik Kitapları-5 Termolüminenans Dozimetri. Adam Hilger Ltd, Konya; ss 14-19.
- Thermo Electron Corporation, WinRems'li Model 3500 Manuel TLD Okuyucu İşletmen Kılavuzu.USA; Kısım 1 ss 1-3.
- McKinlay AF. Thermoluminescence Dosimetry-Medical Physics Handbook;5. Çeviri: Aypar A, Akın E. Kitap:Medikal Fizik Kitapları-5 Termolüminenans Dozimetri. Adam Hilger Ltd, Konya; ss 123.
- Karaçam SÇ, Öksüz DÇ, Koca A ve ark. Hodgkin hastalığı mantle ışınlanmasında fetus dozlarının araştırılması. Cerrahpaşa Tıp Dergisi 2008; 39: 56-62.
- Emre D. Tiroid Bezinin Eksternal Işınlamaya Karşı Duyarlılığının Belirlenmesi ve Fonksiyonlarının Değişmelerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 1985.
- Acun H, Kemikler G, Karadeniz A. Dosimetric analysis of thyroid doses from total cranial irradiation. Radiation Protection Dosimetry 2007; 123: 498-504.
- Rubino C, Cailleux AF, De Vathaire F, Schlumberger M. Thyroid cancer after radiation exposure. European Journal of Cancer 2002; 38: 645-647.
- Cohen A, Van der Schaaf A. Scatter irradiation in childhood causes thyroid cancer. Medical Journal Aust. 2002; 176: 570-571.