

Yazışma Adresi
Correspondence Address

Hamit BAŞARAN
Selçuk Üniversitesi, Tıp Fakültesi,
Radyasyon Onkolojisi Anabilim
Dalı, Konya, Türkiye
drhbasaran@gmail.com

Geliş Tarihi : Ocak 25, 2021
Received
Kabul Tarihi : Mayıs 18, 2021
Accepted
E Yayın Tarihi : Eylül 01, 2022
Online published

Bu makalede yapılacak atfı
Cite this article as

Başaran H, Gül OV, İnan G.
Farklı Radyoterapi Teknikleri İle
Meme Işınlamalarında Alan Dışı
Dozların TLD İle Dozimetrik Olarak
İncelenmesi
Akd Tıp D 2022; 8(3): 270 - 275

Hamit BAŞARAN
Selçuk Üniversitesi, Tıp Fakültesi,
Radyasyon Onkolojisi AD.
Konya, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-2122-8720

Osman Vefa GÜL
Selçuk Üniversitesi, Tıp Fakültesi,
Radyasyon Onkolojisi AD.
Konya, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-6773-3132

Gökçen İNAN
Selçuk Üniversitesi, Tıp Fakültesi,
Radyasyon Onkolojisi AD.
Konya, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-2995-0256

Farklı Radyoterapi Teknikleri İle Meme Işınlamalarında Alan Dışı Dozların TLD İle Dozimetrik Olarak İncelenmesi

Dosimetric Examination of Out-of-Field Doses with TLD in Breast Irradiation with Different Radiotherapy Techniques

ÖZ

Amaç:

Bu çalışmada Alderson Rando fantom üzerinde, tüm meme kanseri tedavisinde farklı organlarda absorbe edilen doz araştırılmıştır. Farklı organlardaki ortalama doz için tedavi planlama sistemi (TPS) ve termoluminesans dozimetre (TLD) doz ölçümleri karşılaştırılmıştır.

Gereç ve Yöntemler:

İnsan ölçüleri ile fiziksel olarak benzer şekilde üretilen fantom üzerinde sol meme dokusu hedef hacim olarak seçildi. Varian DHX cihazında 3DCRT, 5 Alan- IMRT, 7 Alan- IMRT tedavi planları oluşturuldu. Fantomda belirlenen hacim içindeki yerlere TLD-100 dozimetreleri yerleştirildikten sonra ışınıldı. Daha sonra her bir teknik için elde edilen doz ölçümleri TPS dozları ile karşılaştırıldı.

Bulgular:

3DCRT, 5 Alan- IMRT ve 7 Alan- IMRT tekniklerinde planlanan hedef volümün (PTV) ortalama doz değeri için TPS dozları ve TLD dozları arasındaki istatistiksel anlamlılık sırasıyla, $p=0.042$, $p=0.002$ ve $p=0.030$ olarak bulunmuştur. Tiroid'in ortalama dozunda IMRT tekniği ile yapılan planlarda TPS ve TLD dozları arasındaki farkın arttığı görülmüştür. Fetüs dozları incelendiğinde TPS ile doz saptanmazken TLD ile ortalama fetüs dozu 3.13-16.87 cGy olarak bulunmuştur. Ayrıca parotis dozları incelendiğinde TPS ile doz saptanmazken TLD ile ortalama parotis dozu 10.37- 57.75 cGy olarak ölçülmüştür.

Sonuç:

TPS'in 8 cm'den uzak mesafelerde organ dozlarını tahmin etmede başarısız olduğu söylenebilir. Meme radyoterapisinde 3DCRT tedavi tekniğinin tercih edilmesi daha avantajlı olacaktır.

Anahtar Kelimeler:

Termoluminesans dozimetre, Meme radyoterapi, Alan dışı doz

ABSTRACT

Objective:

In this study, the absorbed dose in different organs was investigated in the treatment of whole breast cancer on the Alderson Rando phantom. Treatment planning system (TPS) and thermoluminescence dosimeter (TLD) dose measurements were compared for the mean dose in different organs.

Material and Methods:

The left breast tissue was chosen as the target volume on the phantom, which was produced physically similar to human dimensions. 3DCRT, 5 Field-IMRT, 7 Field-IMRT treatment plans were created in the Varian DHX device. After TLD-100 dosimeters were placed in the places in the determined volume in the phantom, they were irradiated. Then, the dose measurements obtained for each technique were compared with the TPS doses.

Results:

The statistical significance between TPS doses and TLD doses for the mean dose value of the planned target volume (PTV) in 3DCRT, 5 Fields- IMRT, 7 Fields- IMRT techniques were found as $p = 0.042$, $p = 0.002$ and $p = 0.030$, respectively. It was observed that the difference between TPS and TLD doses increased in the plans made with the IMRT technique in the mean dose of the thyroid. When the fetus doses were examined, the dose was not determined with TPS, while the average fetus dose was found to be 3.13-16.87 cGy with TLD. In addition, when the parotid doses were examined, the dose was not determined with TPS, while the mean parotid dose was measured as 10.37-57.75 cGy with TLD.

Conclusion:

It can be said that TPS fails to estimate organ doses at distances greater than 8 cm. It will be more advantageous to choose the 3DCRT treatment technique in breast radiotherapy.

Key Words:

Thermoluminescence dosimeter, Breast radiotherapy, Out of field dose

GİRİŞ

Meme kanseri dünyada kanser ölümlerinin %14'ünü oluşturmaktadır. Son yıllarda 40 yaş altındaki kadınlarda meme kanseri insidansının arttığı görülmektedir (1-3). Erken teşhis ve radyoterapi (RT) tedavisi meme kanseri hastalarının ölüm oranını düşürmekte ve hayatta kalma oranını artırmaktadır (4,5). RT' de temel amaç; hedef hacim'e istenilen dozu verirken, tedavi hacim çevresindeki kritik organları en iyi şekilde korumaktır. Meme RT' de üç boyutlu konformal radyoterapi (3DCRT) ve yoğunluk ayarlı radyoterapi (IMRT) tekniği yaygın olarak kullanılmaktadır. IMRT gibi modern teknikler ile tümörlü dokulara yüksek doz radyasyon verilirken, normal çevre dokular daha iyi bir şekilde korunabilmesine rağmen tedavi sonrası ikincil malignite gelişme riski vardır (6-8). İntegral doz, hedef hacim dışındaki dokuların almış olduğu radyasyon dozu olarak tanımlanır ve düşük doz hassasiyetine sahip kritik organlar için çok önemlidir. Bu düşük doz hassasiyetine sahip kritik organlar için bazı eşik değerler belirlenmiş olsa da "makul ölçüde elde edilebilecek kadar düşük" (ALARA) prensibi yaygın olarak kabul gören bir yaklaşımdır (9). Literatür çalışmalarında radyoterapiden sonra özellikle genç hastalarda tiroid kanserlerinde artış olduğu bildirilmiştir. RT esnasında ikincil radyasyon oluşumu integral doz artışına sebep olabilmektedir

(10). İkincil kanser oluşumunda, foton ve elektron saçılmasının neden olduğu absorbe doz etkin bir rol almaktadır (11, 12). Alan dışı absorbe edilen dozlar düşük olsa da ikincil kanser oluşumunda veya özel durumlu hastalarda önem arz etmektedir. Genç yaşlarda görülen meme kanserleri, tedavi esnasında olası bir hamilelik durumunu göz önüne almayı gerektirmektedir. Hamilelik esnasında tedavi veya tedavi aşamasında oluşabilecek hamilelikler durumunda uygulanacak tedavide fetüsün olabildiğince korunması gerekmektedir. Fetüsün maruz kaldığı radyasyon dozu ve oluşabilecek etkiler, hamileliğin evresine göre de değişiklik gösterebilmektedir. Uluslararası radyolojik koruma komisyonu (ICRP) belirttiği ve genel kabul görmüş kaniya göre 10 cGy' in altındaki dozlara maruz kalmış bir fetüs durumunda hamileliğin sonlandırılmasına gerek yoktur (13). 2. ve 16. hafta arasında organ oluşumu yoğun bir şekilde gerçekleşmektedir. Bu evrede 10 cGy veya daha yüksek dozlara maruz kalınacak olursa organlarda gelişim bozuklukları riski artmaktadır. Bu çalışmada Alderson Rando fantom üzerinde, farklı tedavi teknikleri için alan dışı yakın ve uzak çeşitli organlarda absorbe edilen radyasyonun in vivo dozimetri sistemlerinden termoluminesans dozimetre (TLD) ile ölçülüp karşılaştırılması amaçlanmıştır.

GEREÇ ve YÖNTEMLER

Bu çalışmada, yüksek enerjinin daha çok kullanıldığı meme bölgesi hedef tedavi alanı olarak seçildi. Varian DHX (Varian Medical Systems, Palo Alto, California, USA) cihazında farklı tedavi teknikleri ile (3DCRT, 5 Alan- IMRT, 7 Alan-IMRT) yapılmış uygulamalara özel tedavi planlaması sonrasında rando fantomda hedef hacim ve alan dışı hacimdeki belirlenen noktalara TLD-100 dozimetreleri yerleştirilip ışınlandı. Daha sonra her bir teknik için elde edilen in vivo doz ölçümleri tedavi planlama sistemi (TPS) ile karşılaştırıldı.

Alderson Rando Fantom

Alderson marka kadın rando fantom gerçek insan boyutlarında ve bazı organların yoğunluk inhomojenitelerine sahip olan insan şekilli (antropomorfik) fantom doku özelliklerine uygun olarak yapılmıştır. Doku yoğunluğu 0,975 gr/cm³ ve akciğerlerin yoğunluğu 0,25-0,3 gr/cm³'tür. Fantomun kemikler gerçek insan kemiğinden üretilmiştir. Fantom 35 kesitten oluşmaktadır ve her bir kesit 2,5 cm kalınlığındadır. Her bir kesit absorbe dozu ölçmede kullanılan TLD roduları yerleşimine uygun deliklere sahiptir. Fantomun meme hacmi yaklaşık olarak 800 ml' dir.

Bilgisayarlı Tomografi ve Konturlama

Rando fantomun bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüsü Toshiba (Toshiba medikal sistem) marka BT cihazı kullanılmıştır. Fantom, BT masasının üstüne sırt üstü yatırılmış ve sol meme bölgesi tedavi alanı olacak şekilde işaretleyiciler yerleştirilerek 2,5 mm kalınlıkta kesitler oluşturacak şekilde BT görüntüleri çekilmiştir. BT'den elde edilen görüntüler DICOM ağı ile TPS'e aktarılmıştır. BT görüntüler üzerinden Radyasyon Terapisi Onkoloji Grubu

(RTOG) konturlama atlasına göre klinik tümör volüm (CTV) tanımlanmış ve 3 mm marj verilerek planlanan tümör volüm (PTV) oluşturulmuştur. PTV ciltten 2 mm içeri çekilerek son hali verilmiştir. Hedef volüme yakın riskli organlar (OAR) (sol ve sağ akciğer, kalp, karşı meme, yemek borusu, tiroid), ayrıca sağ ve sol parotis ve ilk trimesteri temsilen pelvisde fetüs konturlanmıştır. Bütün konturlama işlemleri tek bir radyasyon onkoloğu tarafından tanımlanmıştır.

Tedavi planlama

Çalışmamızda Eclipse V.15.1 planlama sistemi kullanılarak oluşturulan 3DCRT, 5 Alan- IMRT ve 7 Alan- IMRT planlarının doz hesaplamalarında "Anisotropic Analytical Algorithm, AAA" algoritması kullanılmıştır. 3DCRT planlarında, karşılıklı iki tanjansiyel alan tekniği 305° ve 132° gantri açılarında ve diğer iki plan için dinamik IMRT tekniği kullanılmıştır. Meme koruyucu cerrahi geçirdiği varsayılan hedef volüm 6 MV ile 50 Gy (2 Gy x 25 fr) olacak şekilde ışınlanmıştır. Işınlama için yapılan tedavi planlarında, standart olarak dikkat edilen ve yüksek doz almasından kaçınılan kritik organlar aynı şekilde korunmuştur. IMRT planlarında en iyi hedef hacimleri elde etmek ve kritik yapıları korumak için optimum ışın gantri açıları 5 Alan-IMRT için 310°, 350°, 20°, 60°, 115° ve 7 Alan- IMRT için 310°, 345°, 15°, 45°, 75°, 105°, 140° seçildi. Tüm planlar için PTV'nin içindeki maksimum dozun %107'yi geçmemesi ve PTV'nin referans izodoz (tedavi dozu olarak verilen 50 Gy'in %95) tarafından yeterli kadar iyi sarılması kriteri dikkate alındı. Risk altındaki organlar için hedeflenen doz sınırları ise kalp, sol akciğer, karşı akciğer ve karşı meme için sırasıyla, Dmean<700 cGy, V20 < %20, Dmean< 400 cGy ve Dmean< 2.5 cGy olarak belirlenmiştir. Fantom için yapılan tedavi planının gerçek tedavilere uyumu ne kadar çok olursa, alınacak uzak nokta ölçümleri de o kadar gerçeğe yakın olacaktır.

TLD'lerin kalibrasyonu

Bu çalışmada 3,2mm x 3,2mm x 0,9mm boyutlarında çip şeklinde doğal lityum florüre (LiF) TLD-100 dozimetreleri kullanılmıştır. 125 adet LiF:Mg,Ti (TLD 100) dozimetreler fırında 400°C'de 1 saat ardından 100°C'de 2 saat tavlansmıştır. Tüm mevcut TLD'ler, her birine isim verilerek kalibrasyon ve doz ölçüm işlemleri yapılmıştır. Relatif standart sapması %3'ünün altında olan 72 TLD çipi çalışma için seçilmiştir. Seçilen her bir TLD karışmaması için isimlendirilmiştir. Dozimetrelerin kalibrasyonu Varian DHX lineer hızlandırıcı cihazı ve bolus kullanılarak 10 cm x 10 alanda, SSD 100 cm (kaynak cilt mesafesi) ve yüzeyden 1,5 cm derinlikte her bir dozimetre 1Gy olacak şekilde ışınlanmıştır. Her tedavi tekniği için TLD'ler ışınlama sonrası yerlerinden çıkartılarak ölçümleri yapılmıştır. TLD'lerin okunma işlemine geçmeden önce kararsız tuzaklardan kaynaklanan lüminesans sinyallerini gidermek amacıyla ön ısıtma işlemi fırında 100°C'de 10 dk süreyle yapılmıştır. TLD'lerin doz ölçüm işlemi bölümümüzde bulunan dozimetri laboratuvarında Harshaw marka 3500 model TLD okuyucu kullanılarak yapılmıştır.

TLD'lerin fantoma yerleştirilmesi

Kadın RANDO fantomun sol ve sağ meme, bölümlerine dozimetrik ölçümlerde kullanılmak için sekizer tane lokalizasyon seçilerek isimlendirilmiştir. Her bir lokalizasyona üçer adet TLD dikey olarak yanyana yerleştirilmiştir. TLD'lerin istenilen derinliklere denk gelmesini sağlamak ve TLD'ler arasında hava kalmasını engellemek amacıyla RANDO fantom ile aynı malzemeden yapılmış doku eşdeğeri tıplar kullanılmıştır. Hedef hacimden 17.25 cm alan dışı uzaklıkta bulunan fantomun 5 kesitindeki her iki parotise üçer adet TLD yerleştirilmiştir. Sol memeye 8.25 cm uzaklıkta tedavi alanı dışında ve 9. kesitte bulunan tiroide 6 TLD yerleştirilmiştir. Hedef volümün alt sınırından 25.84 cm uzaklıkta bulunan ve hamileliğin ilk trimester dönemin hacimsel büyüklüğünde bulunması olası olan fantomun 31. kesitine 12 TLD yerleştirilmiştir.

Doz değerlendirilmesi

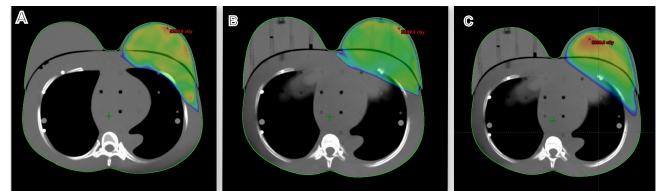
Bilgisayarlı tomografi çekimi öncesinde random fantomda her bir lokalizasyona artefakt oluşturmayacak işaretleyiciler yerleştirildi ve bu lokalizasyonlar TPS' de ayrı ayrı konturlandı. 3DCRT, 5 Alan- IMRT ve 7 Alan- IMRT teknikleri ile PTV 50 Gy olacak şekilde yapılan planlarda belirlenen lokalizasyonlardaki nokta dozlar belirlendi. Random fantomda her bir teknik için TLD'ler önceden belirlenen lokalizasyonlara yerleştirildi. Çalışmada fantomu 25 gün boyunca ışınlamak yerine her bir ışınlamada 2 Gy doz verilecek şekilde toplam 3 kere ışınlama yapılmış ve bunların ortalamaları alınarak 1 tedavi süresi boyunca belirlenen lokalizasyonlardaki dozlar belirlenmiştir. Daha sonra 25 fraksiyon sonucunda bu bölgelerin aldığı dozlara ulaşmak için 25 ile çarpılarak sonuçlar hesaplanmıştır. Belirlenen lokalizasyonlardaki absorbe dozlar okunarak TPS' den elde edilen doz değerleri ile karşılaştırıldı.

İstatistiksel Analiz

Tüm veriler Sosyal Bilimler için İstatistiksel Paket (SPSS) yazılımında (sürüm 25.1, IBM) kaydedildi ve analiz edildi. Üç farklı tedavi planının arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için Paired Samples t- testi kullanıldı. P <0.05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

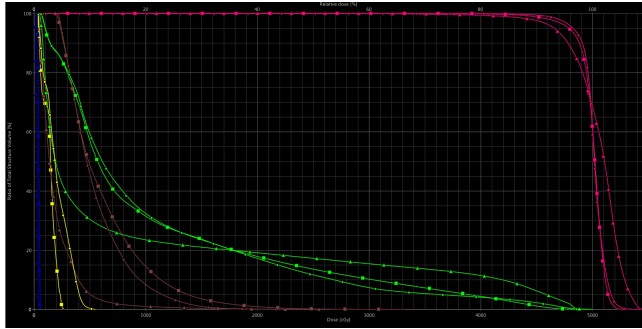
BULGULAR

TPS' de üç farklı teknik ile yapılan planlara ait doz dağılımları Şekil 1. de gösterilmiştir.



Şekil 1: A:3DCRT plan tekniği için doz dağılımı B: 5 Alan- IMRT plan tekniği için doz dağılımı C: 7 Alan- IMRT plan tekniği için doz dağılımı.

PTV' nin hedeflenen dozu alması amaçlanırken, kritik organ dozlarının planlama sırasında kabul edilebilir sınır dozların altında olması amaçlandı. 3DCRT, 5 Alan- IMRT ve 7 Alan- IMRT plan teknikleri için doz volüm histogramı karşılaştırması Şekil 2. de gösterilmiştir.



Şekil 2: 3DCRT, 5 Alan- IMRT ve 7 Alan- IMRT için doz volüm histogramı karşılaştırması; Pembe: PTV, kahverengi: kalp, mavi: tiroid, yeşil: sol akciğer, sarı: spinal kord.
▲: 3DCRT •: 5 Alan- IMRT ■: 7 Alan- IMRT

Eclipse TPS' de oluşturulan üç farklı teknik için hedef hacim, kritik organlar, homojenite indeks (HI), conformite indeks (CI), toplam MU ve aktif ışınlama süreleri Tablo I.' de gösterilmiştir.

Tablo I: Eclipse TPS ile hesaplanan planlanan hedef hacim ve kritik organ doz değerleri.

Parametreler	3DCRT	5 ALAN IMRT	7 ALAN IMRT
PTV D ₉₈ (cGy)	4500,48	4702,65	4615,48
PTV D ₉₅ (cGy)	4751,91	4825,81	4787,65
PTV D ₅₀ (cGy)	5107,67	5016,73	5021,24
PTV D ₂ (cGy)	5383,20	5207,19	5171,10
PTV D _{mean} (cGy)	5048,75	5014,50	5057,50
CI	0,8	0,63	0,63
HI	0,17	0,10	0,11
MU	228	1047	1367
Aktif Işınlama Süresi (dk)	0,91	4,18	5,47
Sol Akciğer V ₂₀ (%)	19,11	17,09	17,58
Kalp D _{mean} (cGy)	198,60	453,50	469,23

Bu tabloya göre hedeflenen dozun %95 üç plan tekniği için sağlanmış olup, 5 Alan-IMRT tekniği yüksek dozda diğer tekniklere göre daha üstün bulunmuştur. 3DCRT tekniği için CI değeri 0.8 iken diğer iki teknik için 0.63 olarak bulunmuştur. HI değeri 3DCRT, 5 Alan- IMRT ve 7 Alan IMRT teknikleri için sırasıyla, 0.17, 0.10 ve 0.11 olarak bulunmuştur. 3DCRT tekniğinin MU değeri diğer tekniklere göre düşük olup aynı şekilde aktif ışınlama süresi diğer iki IMRT tekniğine göre daha kısadır. Sol akciğerin V₂₀ için 5 Alan IMRT tekniği üstün bulunmuştur. Kalbin ortalama dozu için ise 3DCRT tekniği diğer IMRT planlarına göre daha üstün bulunmuştur. PTV ve kritik organlar için TPS ve TLD ortalama doz değerleri Tablo II' de verilmiştir.

Tablo II: Varian DHX tedavi cihazında ışınlanan TLD' lerin ortalama doz ölçüm değerleri ile Eclipse TPS de hesaplanan hedef hacim ve kritik organ doz değerleri

Parametreler	3DCRT			5 ALAN IMRT			7 ALAN IMRT		
	TPS	TLD	p	TPS	TLD	p	TPS	TLD	p
PTV D _{mean} (cGy)	5048,75	5091,50	0,042	5014,50	5067,10	0,002	5057,0	5107,25	0,030
Sağ Meme D _{mean} (cGy)	155,15	198,25	0,009	438,50	536,75	0,005	279,50	321,25	0,010
Tiroid D _{mean} (cGy)	21,50	29,63	0,001	40,50	88,50	0,000	39,50	87,00	0,000
Sağ Parotis D _{mean} (cGy)	0,00	10,37	0,000	0,00	39,00	0,000	0,00	42,50	0,000
Sol Parotis D _{mean} (cGy)	0,00	15,38	0,000	0,00	46,25	0,000	0,00	52,75	0,000
Fetus D _{mean} (cGy)	0,00	3,13	0,000	0,00	16,87	0,000	0,00	16,65	0,000

Planlanan hedef volüm için ortalama TPS dozları ve ortalama TLD dozlarında anlamlı fark görülmüş olup 3DCRT, 5 Alan- IMRT ve 7 Alan- IMRT teknikleri için sırasıyla, p=0.042, p=0.002 ve p=0.030 olarak bulunmuştur. Sağ meme için en anlamlı fark 5 Alan- IMRT tekniğinde p=0.005 olarak bulunmuştur. Tiroid volümünde IMRT tekniği ile yapılan planlar için konformal tedavi tekniğine nazaran TPS ve TLD doz ölçümleri arasındaki farkın arttığı görülmüştür. Sağ ve sol parotis için TPS dozları 0 cGy olarak bulunmuştur. Sağ parotis için TLD doz ölçümlerinin ortalaması 3DCRT, 5 Alan- IMRT ve 7 Alan- IMRT teknikleri için sırasıyla 10.37 cGy, 39.00 cGy ve 42.50 cGy olarak ölçülmüştür. Sol parotis için TLD doz ölçümlerinin ortalaması 3DCRT, 5 Alan- IMRT ve 7 Alan- IMRT teknikleri için sırasıyla 15.38 cGy, 46.25 cGy ve 52.75 cGy olarak ölçülmüştür. Hedef volümden uzakta bulunan ve ışınlanan fantomun fetüsün bulunduğu kabul edilen rahim bölgesinde 3DCRT, 5 Alan- IMRT ve 7 Alan- IMRT teknikleri için TPS doz ölçümü 0.00 cGy olarak bulunmuştur. Fantomun fetüsün bulunduğu kabul edilen rahim bölgesinde TLD doz ölçümleri ortalaması 3DCRT, 5 Alan- IMRT ve 7 Alan- IMRT teknikleri için sırasıyla 3.13 cGy, 16.87 cGy ve 16.65 cGy olarak bulunmuştur.

TARTIŞMA

Bu çalışmada, radyoterapi tedavisi gören hastalarda saha dışı organlarda sekonder kanser riskinin önemi dikkate alınarak, meme kanserinin radyasyon tedavisi için TPS tarafından hesaplanan alan dışı organlardaki absorbe dozun doğruluğu TLD-100 ile ölçülerek karşılaştırılmıştır. İkincil kanseri değerlendiren makalelere göre, ikincil kanseri oluşumunda en önemli parametre radyasyon alanları dışında absorbe edilen dozdur. Genel olarak bu çalışmadaki sonuçlar, tedavi alanlarına yakın organlardaki absorbe dozun tedavi alanlarından uzaktaki organlara göre daha büyük olduğunu göstermektedir. Bu açıkça ters kare yasasıyla ilgilidir (7).

Al-Rahbi ve ark. (14) Meme kanserinin tedavisinde radyoterapi tekniklerinin dozimetrik karşılaştırması üzerine yaptıkları fantom çalışmasında, sol meme radyoterapisinde karşı memenin almış olduğu dozları TPS ve TLD doz ölçümleri ile karşılaştırmışlardır. Al-Rahbi ve ark. TPS' de bütün tekniklerde karşı memenin almış olduğu dozun TLD doz ölçümlerinden daha düşük olduğunu göstermişlerdir. Bizim çalışmamızda karşı memenin almış olduğu ortalama TPS

dozları ve TLD dozları arasında 3DCRT, 5Alan- IMRT ve 7 Alan- IMRT teknikleri için anlamlı fark bulunmuştur (0.009, 0.005 ve 0.010). Howell ve ark. (15) AAA algoritması kullanılarak Eclipse TPS' de (v 8.6) fantom üzerinde yaptıkları plan için alan dışı doz doğruluklarını araştırmışlardır. Hedef hacimden 3.75 – 11.25 cm arasındaki uzaklıklarda TPS ve TLD dozlarını karşılaştırmışlar ve Eclipse TPS' nin TLD' ye göre belirlenen aralıklarda %40 daha düşük absorbe doz değeri gösterdiğini 11.25 cm' den daha büyük uzaklıklarda ise TPS ve TLD doz değerleri arasındaki farkın %55' e çıktığını göstermişlerdir. Çalışmamız Howell ve ark. ile paralel sonuçlar vermiştir. Hedef volüm üst sınırından 17.25 cm uzaklıkta bulunan parotisler için Eclipse TPS ortalama 0 cGy doz gösterirken TLD ile yapılan doz ölçümlerinde absorbe doz sağ parotis için 3DCRT, 5Alan- IMRT ve 7 Alan- IMRT tekniklerinde sırasıyla, 10.37 cGy, 39.00 cGy ve 42.50 cGy bulunmuştur. Sol parotis için TPS ve TLD ortalama doz ölçümleri arasındaki fark daha da artarak 3DCRT, 5Alan- IMRT ve 7 Alan- IMRT için sırasıyla, 15.38 cGy, 46.25 cGy ve 52.75 cGy olarak okunmuştur. Rando fantomun 9. kesitinde ve hedef volüme 8.25 cm uzaklıkta bulunan tiroidin ortalama dozu TPS' de 3DCRT, 5Alan- IMRT ve 7 Alan- IMRT teknikleri için sırasıyla 21.50 cGy, 40.50 cGy ve 39.50 cGy olarak hesaplanmışken TLD doz ölçümünde sırasıyla, 29.63 cGy, 88.50 cGy ve 87.00 cGy olarak bulunmuştur. Mazonakis ve ark. (16) fantom üzerinde yaptıkları çalışmada hedefe 6 MV ile 50 Gy tanjansiyel konformal tedavi planı tasarlanmışlar ve fantom üzerinde alınan TLD doz ölçümlerinde fetüsün toplam 2 ila 8 cGy arasında doza maruz kaldığını göstermişlerdir. Bizim yaptığımız araştırmada hedef hacimin alt sınırından 26.33 cm uzaklıkta bulunan ve ilk trimesteri temsil eden ışınlanan fantomun fetüsün bulunduğu kabul edilen rahim bölgesinde üç teknik için TPS' de ortalama absorbe doz 0 cGy olarak hesaplanmış iken ortalama TLD doz ölçümlerinde 3DCRT, 5Alan- IMRT ve 7 Alan- IMRT teknikleri için sırasıyla, 3.30 cGy, 16.87 cGy ve 16.65 cGy olduğunu dozimetrik olarak tespit ettik.

SONUÇ

Meme radyoterapisinde 3DCRT ve IMRT teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Meme kanseri nedeniyle radyoterapi alan gerçek hastayı taklit eden bir fantom üzerinde yapılan bu çalışmaya göre PTV ortalama doz değeri için TPS ve TLD dozlarının birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Meme radyoterapisinde alan dışı dozlar göz önünde bulundurulurken 3DCRT tedavi tekniği tercih edilebilir. Ayrıca TPS' in 8 cm' den uzak mesafelerde organ dozlarını tahmin etmede başarısız olduğu söylenebilir.

Etik Komite Onayı:

Çalışmamız dozimetrik fantom çalışması olduğu ve herhangi hasta verisi kullanılmadığı için Etik Kurul Kararı alınmamıştır.

Yazar Katkıları:

Fikir – O.G.; Tasarım - O.G.; Denetleme – H.B.; Kaynaklar - H.B.; Malzemeler - H.B.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi - G.İ.; Analiz ve/veya Yorum - O.G.; Literatür Taraması - H.B.; Yazıyı Yazan – H.B.; Eleştirel İnceleme – O.G.;

Çıkar Çatışması:

Yazarların beyan edecek çıkar çatışması yoktur.

Finansal Destek:

Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

1. Jemal A, Bray F, Center MM, Ferlay J, Ward E, Forman D. Global cancer statistics. *CA Cancer J Clin* 2011;61(2):69- 90.
2. Aras S, Ikizceli T, Aktan M. Dosimetric Comparison of Three-Dimensional Conformal Radiotherapy (3D-CRT) and Intensity Modulated Radiotherapy Techniques (IMRT) with Radiotherapy Dose Simulations for Left-Sided Mastectomy Patients. *Eur J Breast Health*. 2019;15(2):85-9.
3. Adam D, Suditu MB, Popa R, Ciocaltei V. Volumetric-modulated arc therapy vs. 3dconformal radiotherapy for breast cancer. *Romanian Reports in Physics*. 2015; 67(3):978–86.
4. Berris T, Mazonakis M, Stratakis J, Tzedakis A, Fasoulaki A, Damilakis J. Calculation of organ doses from breast cancer radiotherapy: a Monte Carlo study. *J Appl Clin Med Phys*. 2013;14:4029.
5. Sant M, Allemani C, Santaquilani M, Knijn A, Marchesi F, Capocaccia R. UROCARE-4. Survival of cancer patients diagnosed in 1995–1999. Re-sults and commentary. *Eur J Cancer*. 2009;45:931-91.
6. Lee B, Ahn SH, Kim H, Son J, Sung J, Han Y, Huh SJ, Kim JS, Kim DW, Yoon M. Radiotherapy-induced secondary cancer risk for breast cancer: 3D conformal therapy versus IMRT versus VMAT. *J Radiol Prot* 2014;34:325-31.
7. D'Arienzo M, Masciullo SG, de Sanctis V, Osti MF, Chiacchiararelli L, Enrici RM. Integral dose and radiation-induced secondary malignancies: com-parison between stereotactic body radiation thera-phy and three-dimensional conformal radiotherapy. *Int J Environ Res Public Health*. 2012;9:4223-40.
8. Joosten A, Bochud F, Baechler S, Levi F, Mirimanoff RO, Moeckli R. Variability of a peripheral dose among various linac geometries for second cancer risk assessment. *Phys Med Biol*. 2011;56:5131-51.
9. The International Commission on Radiological Protection. Human carcinogenic risk from intra-uterine radiation. In: *Biological Effects after Prenatal Irradiation (Embryo and Fetus)*, ICRP Report 90. Oxford, UK: Elsevier Ltd.; 2003. p. 176-82.
10. D S Sharma, Animesh, S S Deshpande, R D Phurailatpam, D D Deshpande, S K Shrivastava, K A Dinshaw. Peripheral dose from uniform dynamic multileaf collimation fields: implications for sliding win-dow intensity-modulated radiotherapy. *Br J Ra-di-ol*. 2006;79:331-5.
11. Banaee N, Nedaie H, Esmati E, Nosrati H, Jamali M. Dose measurement outside of radiotherapy treat-ment field (Peripheral dose) using thermolumine-sent dosimeters. *International Journal of Radiation Research*. 2014;12:356.
12. Yoon J, Heins D, Zhao X, Sanders M, Zhang R. Measurement and modeling of out-of-field doses from various advanced post-mastectomy radiother-apy techniques. *Phys Med Biol*. 2017;62:9039-53.
13. Kourinou KM, Mazonakis M, Lyrarakis E, Damilakis J. Photon-beam radiotherapy in pregnant patients: can the fetal dose be limited to 10 cGy or less? *Phys Med*. 2015;31(1):85-91.
14. Al-Rahbi ZS, Ravichandran R, Binukumar JP, Davis CA, Satyapal N, Al-Mandhari Z. A Dosimetric Comparison of Radiotherapy Techniques in the Treatment of Carcinoma of Breast. *Journal of Cancer Therapy*. 2013; 4: 10-17.
15. Howell RM, Scarboro SB, Kry SF, Yaldo DZ. Accuracy of out-of-field dose calculations by a commercial treatment planning system. *Phys Med Biol*. 2010;55(23):6999-7008.
16. Mazonakis M, Varveris H, Damilakis J, Theoharopoulos N, Gourtsoyiannis N. Radiation dose to conceptus resulting from tangential breast irradiation. *Int J Radiat Oncol*. 2003;55(2):386-91.