



Endometrium Kanseri Radyoterapisinde Alan Dışı Meme Dozlarının TLD ile Dozimetrik Olarak İncelenmesi

Gökçen İnan^{1*}, Osman Vefa Gül², Hamit Başaran³

^{1*} Selçuk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi, Konya, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-2995-0256), gokceninan85@gmail.com

² Selçuk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6773-3132), vefagul@selcuk.edu.tr

³ Selçuk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2122-8720), drhbasaran@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi 27 August 2021 ve Kabul Tarihi 10 November 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.987094)

ATIF/REFERENCE: İnan, G., Gul, O.V. & Başaran, H. (2021). Endometrium Kanseri Radyoterapisinde Alan Dışı Meme Dozlarının TLD ile Dozimetrik Olarak İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 818-822.

Öz

Radyoterapi alan hastalarda tedavi bölgesi dışında uzak organlarda istenmeyen dozlar meydana gelmektedir. Bu dozlar tedavi planlama sistemi (TPS) tarafından doğru olarak hesaplanmayabilir. Bu çalışma endometrium kanseri nedeniyle radyoterapi alan gerçek bir hastayı taklit eden bir fantom üzerinde alan içi alan konformal radyoterapi (FIF) ve yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) tekniklerinde termoluminesans dozimetre (TLD) kullanılarak alan dışı dozları ölçmeyi amaçlamaktadır. Alderson kadın rando fantom üzerinde endometrium bölgesi hedef tedavi hacmi olarak seçilmiştir. Alderson Rando fantom simüle edilerek ve 25 fraksiyonda 45 Gy ile Varian DHX lineer hızlandırıcıda üç farklı teknikte planlar oluşturulmuştur (FIF, 5A-YART, 7A-YART). Fantomda meme hacmi içerisine TLD-100 dozimetreleri yerleştirildikten sonra fantom ışınlanmıştır. Her bir teknik için elde edilen doz ölçümleri TPS dozları ile karşılaştırılmıştır. Sağ memenin TLD doz ölçümlerinin ortalaması FIF, 5A-YART ve 7A-YART teknikleri için sırasıyla 20.60±0.26 cGy, 23.32±0.16 cGy ve 27.11±0.28 cGy olarak ölçülmüştür. Sol memenin TLD doz ölçümlerinin ortalaması FIF, 5A-YART ve 7A-YART teknikleri için sırasıyla 20.17±0.13 cGy, 22.35±0.18 cGy ve 26.13±0.10 cGy olarak bulunmuştur. Sağ ve sol meme için TPS'den alınan ortalama doz değerleri 0 cGy olarak bulunmuştur. Sağ meme ve sol meme ortalama doz değerlerinde 5A-YART ve 7A-YART teknikleri için anlamlı fark bulunmuştur (p=0.000). Meme gibi radyasyona duyarlı dokular radyoterapi tedavisinde alan dışı dozdan etkilenebilmektedir. Endometrium kanseri radyoterapide en uygun tedavi tekniği seçilirken alan dışı dozlara dikkat edilmesi tedaviye pozitif katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Alan dışı doz, Endometrium kanseri, Termoluminesans dozimetre

Dosimetric Investigation of Out-of-Field Breast with TLD in Endometrial Cancer Radiotherapy

Abstract

Unwanted doses may occur in distant organs, outside of the region where we want to be irradiated in patients treated with radiotherapy. These doses may not be accurately calculated by the treatment planning system (TPS). This study aims to measure out-of-field doses using thermoluminescence dosimetry (TLD) in field in field conformal radiotherapy (FIF) and intensity modulated radiotherapy (IMRT) techniques on a phantom imitating the real patient receiving radiotherapy for endometrial cancer. Endometrium region on Alderson female rando phantom was selected as the target treatment volume. Plans were created by simulating the Alderson Rando phantom and using three different techniques (FIF, 5A-IMRT, 7A-IMRT) in a Varian DHX linear accelerator with 45 Gy in 25 fractions After TLD-100 dosimeters were placed in the breast volume in the phantom, the phantom was irradiated. TLD dose measurements obtained for each technique and TPS doses were compared. The mean TLD dose measurements of the right breast were measured as 20.60±0.26 cGy, 23.32±0.16 cGy, and 27.11±0.28 cGy for the FIF, 5A-IMRT, and 7W-IMRT techniques, respectively. The mean TLD dose measurements of the left breast were found to be 20.17±0.13 cGy, 22.35±0.18 cGy, and 26.13±0.10 cGy for the FIF, 5A-IMART, and 7A-IMRT techniques, respectively. The mean dose values obtained from TPS for the right and left breasts were found to be 0 cGy. A significant difference was found in the mean dose values of the right breast and left breast for the 5A-IMRT and 7A-IMRT techniques (p=0.000). Radiation-sensitive tissues such as the breast may be affected by out-of-field dose in radiotherapy treatment. When choosing the most appropriate treatment technique in endometrial cancer radiotherapy, paying attention to out-of-field doses will make a positive contribution to the treatment.

Keywords: Out of field dose, Endometrim cancer, Thermoluminescence dosimeter.

* Sorumlu Yazar: gokceninan85@gmail.com

1. Giriş

Endometrium kanseri gelişmiş ülkelerde yaygın olarak görülen jinekolojik kanserlerdendir. Radyoterapi tedavisi endometrium kanserinde önemli bir rol oynamaktadır (1). Radyoterapi tedavi planlamasının amacı, kritik organları ve sağlıklı dokuları koruyarak hedef hacme en iyi doz konformasyonunu sağlamaktır (2,3). İyonlaştırıcı radyasyonun kanser hastalıklarının tedavisi için kullanımı, hastanın sağ kalımı arttıkça ve yeni tedavi teknikleri ortaya çıktıkça sürekli olarak gelişmektedir (4). Radyoterapide hedef hacim dışında kalan sağlıklı dokular istenmeyen dozlar alabilmektedir. Radyoterapi gören hastalar, birincil ışından alan içi dozları ve aynı zamanda ışın hattında ve hasta içinde üretilen ikincil radyasyondan kaynaklanan alan dışı dozları da almaktadırlar (5). Alan dışı dozlar; kaynak cilt mesafesi (SSD), alan boyutları, ışınlanan yapının derinliği, tedavide kullanılan foton enerjisi, ölçüm yapılan alan dışındaki noktanın lateral pozisyonu ve bu noktanın ışın eksenine uzaklığına bağlıdır (6). Alan dışı saçılan radyasyon, düşük enerjili, yumuşak X-ışını radyasyonu ve elektron kontaminasyonu kaynaklarından gelen düşük doz radyasyonun tüm vücuda maruz kalması nedeniyle tedavi sırasında bir endişe kaynağı oluşturmaktadır (7).

Tedavi planlama sistemi (TPS) hedef hacim içerisinde dozu doğru bir şekilde hesaplayabildiği hacimlerin ötesinde iç saçılma ve sızıntıdan doz alan kritik dokular bulunmaktadır (8). Alan dışı organ dozları, tıpkı saha içi organlarda olduğu gibi ikinci kanser riskini azaltmak için yönetilmelidir, ancak ikincil radyasyondan kaynaklanan alan dışı dozlar, genellikle klinik TPS hesaplanmaz, çünkü bu dozlar saha içi dozlardan daha düşüktür. Ayrıca, TPS doğruluğu genellikle alan kenarının dışında birkaç santimetre ile sınırlıdır (9). Düşük dozlarda radyasyona maruz kalma durumunda; genetik değişiklikler, karsinojen etki, ömür kısalması, aplastik anemi ve katarakt oluşumu gibi etkiler radyasyonun geç etkileridirler ve başlıca sağlık risklerini oluştururlar (10).

Çalışmamızda endometrium kanserlerinin FIF, 5A-YART ve 7A-YART teknikleri ile radyoterapisinde alan dışındaki sağlıklı dokulardan olan, sağ ve sol memenin aldığı dozun dozimetrik olarak incelenmesi amaçlanmaktadır. İnsan eşdeğeri Rando fantomda TLD ile ölçülen sağ ve sol meme dozları, TPS'den elde edilen doz değerleri ile karşılaştırılacaktır

2. Materyal ve Metot

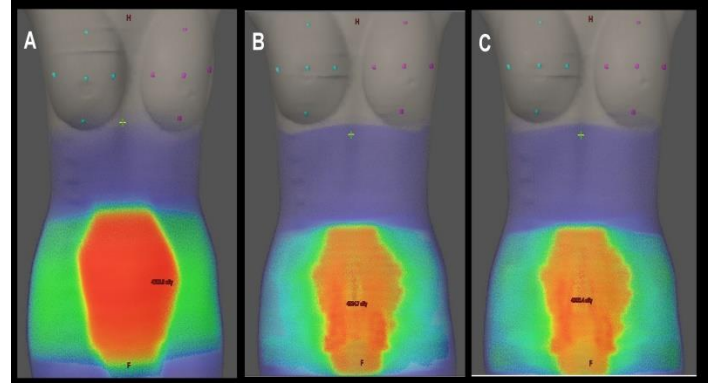
2.1. Alderson Rando Fantomun Hazırlanması ve Konturlaması

Çalışmamızda kullanılan Alderson Rando fantom gerçek insan eşdeğeri. Doku yoğunluğu 0.975 gr/cm^3 ve akciğerlerin yoğunluğu $0.25-0.3 \text{ gr/cm}^3$ tür (11). Alderson Rando fantom Toshiba marka bilgisayarlı tomografi (BT) cihazına şeffaf baş altı yastık kullanılarak supin olarak yatırılmıştır. Endometrium bölgesi tedavi alanı olacak şekilde referans noktaları belirlenerek 2.5 mm kalınlıkta kesitler oluşturacak şekilde BT görüntüleri çekilmiştir. BT'den elde edilen görüntüler tedavi planlama sistemine (TPS) aktarılmıştır. Gross Tümör Hacim (GTV), Klinik Hedef Hacim (CTV) ve Planlanan Hedef Hacim (PTV) gibi hedef hacimler, Uluslararası Radyasyon Üniteleri ve Ölçümleri Komisyonu (ICRU) 83' de tanımlanan kriterlere göre tanımlanmıştır (12). Kritik organlar olarak mesane, rektum,

bağırsak, sağ ve sol femur başları konturlanmıştır. Bütün konturlama işlemleri tek bir radyasyon onkoloğu tarafından tanımlanmıştır.

2.2. Tedavi planlama

Çalışmamızda Eclipse V.15.1 TPS kullanılarak oluşturulan FIF, 5A-YART ve 7A-YART planlarının doz hesaplamalarında "Anisotropic Analytical Algorithm, AAA" algoritması kullanılmıştır. Tedavi dozu 45 Gy (1.8 Gy x 25 fraksiyon) olarak belirlenmiştir. FIF planlarında, 18 MV X-ışını kullanılarak 4 alan box tekniğinde ışın açıları olarak 0° , 90° , 180° ve 270° lik açılar kullanılmıştır. Belirlenen alanlar kopyalanmış ve çizdirilen sıcak doz bölgeleri kapatılarak yeniden hesaplatılmıştır. YART planları tersten planlama (inverse planning) yöntemiyle 6 MV X-ışını kullanılarak hazırlanmıştır. YART tekniğinde, 5A-YART planı 0° , 72° , 144° , 216° ve 288° 'lik açılar kullanılarak sanal plan oluşturulmuştur. 7A-YART planında ise 0° , 52° , 104° , 156° , 204° , 256° ve 308° lik açılar kullanılmıştır. Planlar oluşturulurken hedef hacimlere minimum ve maksimum doz sınırlamaları yapılarak PTV' nin %95' inin tanımlanan dozun %100' ünü alması hedeflenmiştir. Risk altındaki organlara belirlenen kriterler arasında en düşük dozu verebilmek için gerekli doz sınırlamaları yapılmıştır.

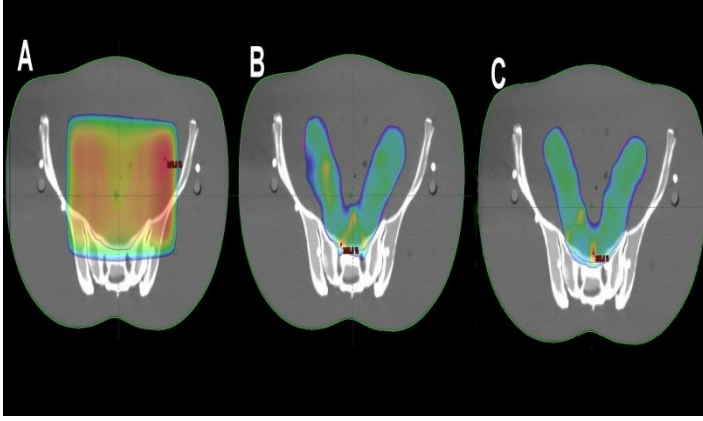


Şekil 1. Rando fantom içerisindeki TLD konumları

2.3. TLD kalibrasyonu

TLD dozimetrelerin üretimleri sırasında farklı miktarlarda katkıları nedeniyle tuzak yapıları farklıdır bu nedenle; tuzak yapılarının farklı olmasından kaynaklanan duyarlılık farklılıklarının ortadan kaldırılması amacıyla kalibrasyon yapılmalıdır. Bu çalışmada $3.2\text{mm} \times 3.2\text{mm} \times 0.9\text{mm}$ boyutlarında çip şeklinde doğal lityum florüre (LiF) Mg ve Ti ile katkılandırılmasıyla elde edilmiş olan TLD-100 dozimetreleri kullanılmıştır. TLD dozimetreler aynı zamanda ışınlama kalibrasyon öncesi tavlama işlemi yapılmalıdır. Tavlama işlemi ışınlama sonrası kalan radyasyonun silinmesi tüm tuzakların boşatılması TLD hassasiyeti açısından önemlidir. 60 adet LiF:Mg,Ti (TLD 100) dozimetreler fırında 400°C 'de 1 saat ardından 100°C 'de 2 saat tavlansınır. Tüm mevcut TLD'ler, her birine isim verilerek kalibrasyon ve doz ölçüm işlemleri yapılmıştır. 60 adet TLD çipinden sapması fazla olanlar elenmiştir. Relatif standart sapması $\pm 1\%$ in altında olan yani doz cevapları birbirine yakın olan 60 TLD çipi çalışma için seçilmiş ve kullanılmak üzere kalibrasyonu yapılmıştır. TLD'ler Varian DHX lineer hızlandırıcı cihazı ve bolus kullanılarak $10 \text{ cm} \times 10$ alanda, SSD 100 cm (kaynak cilt mesafesi) ve yüzeyden 1,5 cm derinlikte her bir dozimetre 1Gy olacak şekilde ışınlanmıştır. Her tedavi planlamasından sonra TLD' ler

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 bekletilmiştir. TLD' lerin doz ölçüm işlemi bölümümüzde bulunan dozimetri laboratuvarında Harshaw marka 3500 model TLD okuyucu kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 2. A:FIF tekniği için doz dağılımı, B: 5A-YART tedavi tekniği için doz dağılımı, C: 7A-YART tedavi tekniği için doz dağılımı

2.4. Alan Dışı Dozların TLD ile Ölçülmesi

Alan dışı dozların TLD ile ölçülmesi için TPS' de Alderson rando fantom üzerinde sanal olarak hazırlanan FIF, 5A-YART ve 7A-YART planları, Varian DHX tedavi cihazına aktarılmıştır. Alderson rando fantomun hedef hacimden 18 cm alan dışı uzaklıkta bulunan her iki memesi için sol, sağ, üst, alt ve merkezinde olmak üzere 5 farklı noktaya TLD roduları yerleştirilmiştir. Rando fantom içerisindeki TLD konumları Şekil 1.de gösterilmiştir. Her bir noktaya üçer adet TLD yerleştirilmiştir. TLD' ler arasında hava kalmasını engellemek amacıyla rando fantom ile aynı malzemeden yapılmış doku eşdeğeri tıplar kullanılmıştır. Ölçümler FIF, 5A-YART ve 7A-YART planları için üçer defa tekrarlanarak yapılmıştır. Ölçümler sonrasında her iki meme için farklı noktalardan TLD ile ölçülen doz değerlerinin ortalamaları alınmıştır. Elde edilen ortalamalar 25 fraksiyon sonucunda bu bölgelerin aldığı dozlara ulaşmak için 25 ile çarpılarak sonuçlar hesaplanmıştır. Belirlenen noktalardaki absorbe dozlar okunarak TPS' den elde edilen doz değerleri ile karşılaştırılmıştır.

2.5. İstatistiksel Analiz

Tüm veriler Sosyal Bilimler için İstatistiksel Paket (SPSS) yazılımında (sürüm 25.1, IBM) kaydedildi ve analiz edildi. Tedavi planları arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için One-Way Anova kullanılmıştır. $p < 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Tablo 1. Varian DHX tedavi cihazında ışınlanan TLD' lerin ortalama doz ölçüm değerleri ile Eclipse TPS' de hesaplan doz değerleri

Konum		FIF (cGy)	5 YART (cGy)	7 YART (cGy)	TPS (cGy)
Sağ meme	Sol	19.65±0.37	20.91±0.97	24.51±0.57	0
	Sağ	22.59±0.80	25.98±0.62	24.76±0.25	0
	Üst	10.70±0.33	12.35±0.15	15.58±0.12	0
	Alt	31.09±0.38	37.84±0.21	41.72±0.46	0
	Merkez	18.98±0.71	19.51±0.40	28.98±1.39	0
	Ortalama doz	20.60±0.26	23.32±0.16	27.11±0.28	0
Sol meme	Sol	18.46±0.15	20.82±0.41	22.80±0.48	0
	Sağ	18.71±0.33	19.69±0.11	24.73±0.31	0
	Üst	10.66±0.22	11.46±0.58	14.55±1.06	0
	Alt	29.25±0.35	34.58±0.62	38.30±0.21	0
	Merkez	23.80±0.48	25.18±0.42	30.28±0.57	0
	Ortalama doz	20.17±0.13	22.35±0.18	26.13±0.10	0

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Bulgular

FIF, 5A-YART ve 7A-YART ile yapılan planlara ait doz dağılımları Şekil 2. de gösterilmiştir. TPS' de oluşturulan üç farklı plan için planlanan hedef hacim, risk altındaki organlar (mesane, rektum, sağ femur, sol femur ve bağırsak), konformalite indeks (CI) ve homojenite indeks (HI) Tablo 2.' de verilmiştir. Buna göre; PTV için 7A-YART tekniği FIF ve 5A-YART tekniklere göre daha üstün bulunmuştur. CI değeri FIF, 5A-YART ve 7A-YART planlama teknikleri için sırasıyla, 1.85, 0.83 ve 0.89 olarak bulunmuştur. FIF tekniği için HI değeri 0.05 iken diğer iki teknik için sırasıyla 0.09 ve 0.08 olarak bulunmuştur. Mesane ve rektumun D_{ort} , V_{30} , V_{45} ve V_{50} değerleri için 7A-YART tekniği diğer tedavi tekniklerine göre üstün bulunmuştur. Sağ femur ve sol femurun D_{ort} , V_{20} değerleri için

7A-YART tekniği diğer tedavi tekniklerine göre üstün bulunmuştur. Ayrıca 7A-YART tekniği bağırsak D_{ort} değeri için daha iyi koruma sağlamaktadır. FIF, 5A-YART ve 7A-YART tedavi tekniklerinde her iki meme için TPS ve TLD ortalama doz değerleri Tablo II' de verilmiştir. Sağ ve sol meme için TPS' den alınan ortalama doz değerleri 0 cGy olarak bulunmuştur. Sağ memenin TLD doz ölçümlerinin ortalaması FIF, 5A-YART ve 7A-YART teknikleri için sırasıyla 20.60±0.26 cGy, 23.32±0.16 cGy ve 27.11±0.28 cGy olarak ölçülmüştür. Sol memenin TLD doz ölçümlerinin ortalaması FIF, 5A-YART ve 7A-YART teknikleri için sırasıyla 20.17±0.13 cGy, 22.35±0.18 cGy ve 26.13±0.10 cGy olarak bulunmuştur. FIF ve 5A-YART teknikleri arasında anlamlı fark görülmüş olup, sağ ve sol meme ortalama doz değerleri için anlamlı olarak bulunmuştur ($p=0.000$). FIF ve 7A-YART teknikleri arasında anlamlı fark gözlenmiş olup sağ meme ve sol meme ortalama doz değerleri için anlamlı olarak bulunmuştur ($p=0.000$).

Tablo 2. TPS’de PTV ve kritik organ doz değerleri

Parametreler		FIF	5 A	7 A
PTV	D ₉₈ (cGy)	4414	4445	4449
	D ₉₅ (cGy)	4400	4423	4450
	D ₅₀ (cGy)	4588	4557	4552
	D ₂ (cGy)	4660	4754	4728
	CI	1.85	0.83	0.89
	HI	0.05	0.09	0.08
Mesane	D _{ortalama}	4370	3536	3321
	V ₃₀	4524	4097	3827
	V ₄₅	4495	3843	3406
	V ₅₀	4483	3719	3285
Rektum	D _{ortalama}	4214	3478	3247
	V ₃₀	4593	4087	4010
	V ₄₅	4505	3888	3673
	V ₅₀	4467	3803	3394
Sağ Femur	D _{ortalama}	1928	1806	1263
	D _{mak}	4408	3850	3270
	V ₂₀	2548	2315	2269
Sol Femur	D _{ortalama}	2180	1824	1259
	D _{mak}	4501	4057	3233
Bağırsak	V ₂₀	2612	2310	2274
	D _{ortalama}	3079	2553	2548

Tablo 3. TPS ve TLD doz ölçümlerinin istatistiksel karşılaştırması

Konum		FIF/ 5 A	FIF/ 7 A	5 A/ 7 A
Sağ meme	Sol	0.059	0.000*	0.002*
	Sağ	0.000*	0.008*	0.030*
	Üst	0.000*	0.000*	0.000*
	Alt	0.000*	0.000*	0.000*
	Merkez	0.317	0.000*	0.000*
	Ortalama doz	0.000*	0.000*	0.000*
Sol meme	Sol	0.000*	0.000*	0.000*
	Sağ	0.004*	0.000*	0.000*
	Üst	0.036*	0.001*	0.007*
	Alt	0.000*	0.000*	0.000*
	Merkez	0.008*	0.000*	0.000*
	Ortalama doz	0.000*	0.000*	0.000*
Tiroid	Ortalama doz	0.000*	0.000*	0.000*

3.2. Tartışma

Radyoterapide modern tedavi tekniklerinin uygulanması, risk altındaki organların dozunu en aza indirirken, hedef hacimde yüksek dozlara çıkılmasına olanak sağlamıştır. Bu gelişmelere rağmen, radyoterapide alan dışı dozlarla ilgili kaygı devam etmektedir. Alan dışı dozdaki artış radyoterapiye bağlı ikincil kanser risklerinin artışına neden olabilmektedir. Bu çalışmada insan benzeri Alderson rando fantom üzerinde sanal olarak oluşturulmuş, postoperatif evre II endometrium kanseri için FIF, 5A-YART ve 7A-YART tedavi tekniklerinin meme dokusunda oluşturdukları alan dışı dozlar TLD-100 ile ölçülmüş ve TPS’den gelen doz değerleri ile karşılaştırılmıştır. TLD’lerin hassasiyetinin yüksek ve kullanım skalasının geniş olması, düşük radyasyon dozlarını ölçebilmesi, yoğunluğunun doku yoğunluğuna eşdeğer olması, boyutlarının küçük olması ve ölçülen dozu uzun süre saklayabilmesi gibi avantajları vardır. Çalışmamızla birebir örtüşen makaleye literatürde rastlanmamıştır.

e-ISSN: 2148-2683

Cyriac ve ark. (13) Elektra marka Synergy platform medikal hızlandırıcı (Elekta, İngiltere) cihazının, Oncentra TPS kullanarak yaptıkları çalışmada, TPS’ in alan dışı doz doğruluğunu TLD kullanarak incelemişlerdir. Cyriac ve ark. hedef hacim kenarında TPS ve TLD ölçümleri arasında önemli bir fark bulunmadığı bildirmişlerdir. Ancak alan kenarından 2 cm’ den 7.5 cm’ ye kadar olan uzaklıklarda yaptıkları ölçümlerde, TPS ve TLD doz değerleri arasındaki farkın %10’ dan %60 kadar arttığını göstermişlerdir. Bizim çalışmamızda alan kenarından 18 cm uzaklıkta bulunan meme dokusu için TPS’ de 0 cGy bulunmuştur. Farklı tedavi tekniklerinde sağ meme için TLD ile ölçülen doz değerleri ortalaması FIF, 5A-YART ve 7A-YART tekniklerinde sırasıyla, 20.60±0.26 cGy, 23.32±0.16 cGy ve 27.11±0.28 cGy olarak bulunmuştur. Sol meme için ise TLD doz ölçümleri ortalaması FIF, 5A-YART ve 7A-YART tekniklerinde sırasıyla, 20.17±0.13 cGy, 22.35±0.18 cGy ve 26.13±0.10 cGy olarak ölçülmüştür.

Abdelaal ve ark. (14) radyoterapide dozimetrik ölçümler için sıklıkla tercih edilen Markus iyon odası dedektörünü kullanarak alan dışı dozun alan boyutu, derinlik ve uzaklık ile değişimini incelemişlerdir. Yapılan ölçümlerde farklı derinliklerde ve uzaklıklarda iyon odası ile doz saptanırken, aynı noktalarda TPS’in alan dışı doz hesaplamasında başarısız olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamız Abdelaal ve ark. ile paralel sonuçlar vermiştir. Endometrium alan kenarından 23 cm uzaklıkta bulunan tiroid için TPS ortalama doz değeri 0 cGy iken TLD ile ortalama doz ölçümlerinde FIF, 5A-YART ve 7A-YART teknikleri için sırasıyla, 18.53±0.49 cGy, 11.20±0.70 cGy ve 11.10±0.12 cGy olarak bulunmuştur.

Majer ve ark. (15) yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) ve üç boyutlu konformal radyoterapi (3BKRT) beyin tümörünü simüle ederek antropomorfik pediatrik fantomlarda alan dışı organ dozlarını TLD ile ölçmüşlerdir. Majer ve ark. YART ve 3BKRT tedavi tekniklerini kullanarak yaptıkları çalışma sonucunda TPS tarafından hesaplanan alan dışı dozların her iki teknik için de eksik olduğunu göstermişlerdir. Bizim araştırmamızda TPS’ in alan dışı meme hacimleri için 0 cGy doz hesaplamasına rağmen TLD ölçümlerinde üç farklı teknik için de her iki meme ve tiroidin aslında doz aldığı bulunmuştur.

Sungkoo ve ark. (16) radyoterapi sonrası ikincil kanser riskinin önemli bir konu haline geldiğini belirterek, 3BKRT ve YART tedavi teknikleriyle kanser hastalarının ortalama hayatta kalma süresinin arttığını ve ikincil kanser riskinin önemini aynı şekilde arttığını ifade etmişlerdir. 6 ve 10 MV enerjili X-ışını kullanarak yaptıkları prostat radyoterapi ölçümlerinde, fraksiyon dozu 2 Gy için meme dozunu 0,7 cGy - 0,9 cGy aralığında bulmuşlardır. 1.8 Gy fraksiyon dozu ile yapılan endometrium ışınlanması için ortalama TLD ölçümleri sağ memede 0.8 cGy – 1.08 cGy aralığında, sol memede 0.80 cGy – 1.05 cGy aralığında ölçülmüştür.

Jia ve ark. (17) serviks kanseri için IMRT tekniği ile 6-MV enerji ile insan benzeri bir fantomu ışınlarken iyonizasyon odasını kullanarak meme dokusu dozunu ölçmüşlerdir. Toplam meme dozunu 22,6 cGy olarak bulmuş olup sonuçlar çalışmamızla uyumludur.

4. Sonuç

Jinekolojik kanser grubunda başlıca endometrium, serviks ve over kanserleri yer alır. Bu kanserler arasında en sık

endometrium kanseri görülmektedir. Endometrium kanseri radyoterapisinde en uygun tedavi tekniği seçilirken alan dışı dozlara dikkat edilmelidir. Ayrıca TPS' in alan kenarından uzaklaştıkça dozları doğru tahmin etmede yetersiz kaldığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Kaynakça

Hanna, T.P., Delaney, G.P. & Barton M.B. (2016). The population benefit of radiotherapy for gynaecological cancer: Local control and survival estimates. *Radiotherapy and Oncology*, 120(3), 370-377.

Aras, S. (2021). Effect of Flattening Filter and Flattening Filter Free beams on radiotherapy-induced peripheral blood cell damage. *Radiat Phys Chem*, 182.

Krishnan, J., Shetty, J., Rao, S., Hegde, S. & Shambhavi, C. (2017). Comparison of Rapid Arc and Intensity-modulated Radiotherapy Plans Using Unified Dosimetry Index and the Impact of Conformity Index on Unified Dosimetry Index Evaluation. *Journal of Medical Physics*, 42(1), 14-17.

Ardenfors, O., Dasu, A., Lillhok, J., Persson, L. & Gudowska I. (2018). Out-of-field doses from secondary radiation produced in proton therapy and the associated risk of radiation-induced cancer from a brain tumor treatment. *Phys Medica*, 53, 129-36.

Huang, J.Y., Followill, D.S., Wang, X.A. & Kry, S.F. (2013). Accuracy and sources of error of out-of field dose calculations by a commercial treatment planning system for intensity-modulated radiation therapy treatments. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 14(2), 186-97.

Stern, R.L. (1999). Peripheral dose from a linear accelerator equipped with multileaf collimation. *Medical Physics*, 26(4), 559-63.

Kim, D.W., Chung, K., Chung, W.K., Bae, S.H., Shin, D.O., & Hong, S. et al. (2014). Risk of secondary cancers from scattered radiation during intensity-modulated radiotherapies for hepatocellular carcinoma. *Radiat Oncol*, 9.

Garrett, L., Hardcastle, N., Yeo, A., Lonski, P., Franich, R. & Kron, T. (2021). Out-of-field dose in stereotactic radiotherapy for paediatric patients. *Phys Imag Radiat Onc*, 19, 1-5.

Joosten, A., Bochud, F., Baechler, S., Levi, F., Mirimanoff, R.O. & Moeckli R. (2011). Variability of a peripheral dose among various linac geometries for second cancer risk assessment. *Phys Med Biol*, 56(16), 5131-51.

Aras, S., Tanzer, I.O., Can, U., Sumer, E. & Baydili, K.N. (2021). The role of melatonin on acute thyroid damage induced by high dose rate X-ray in head and neck radiotherapy. *Radiat Phys Chem*, 179.

Toossi, M.T.B., Soleymanifard, S., Farhood, B., Mohebbi, S. & Davenport, D. (2018). Assessment of accuracy of out-of-field dose calculations by TiGRT treatment planning system in radiotherapy. *J Cancer Res Ther*, 14(3), 634-9.

Gregoire, V. & Mackie, T.R. (2011). State of the art on dose prescription, reporting and recording in Intensity-Modulated Radiation Therapy (ICRU report No. 83). *Cancer Radiother*. 15(6-7), 555-9.

Cyriac, T.S., Musthafa, M.M., Raman, R.G., Haneefa, K.A. & Bhasi S. (2015). Out-of-field photon dosimetry study between 3-D conformal and intensity modulated radiation therapy in the management of prostate cancer. *Int J Radiat Res*, 13(2), 127-34.

Bayatiani, M.R., Fallahi, F., Aliasgharzadeh, A., Ghorbani, M., Khajetash, B. & Seif F. (2020). Determination of effective source to surface distance and cutout factor in small fields in electron beam radiotherapy: A comparison of different dosimeters. *Pol J Med Phys Eng*, 26(4), 235-42.

Hauri, P. & Schneider, U. (2019). Whole-body dose equivalent including neutrons is similar for 6 MV and 15 MV IMRT, VMAT, and 3D conformal radiotherapy. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 20(3), 56-70.

Zhang, Q.B., Liu, J.B., Ao, N.J., Yu, H., Peng, Y.Y. & Ou L.Y. et al. (2020). Secondary cancer risk after radiation therapy for breast cancer with different radiotherapy techniques. *Sci Rep-Uk*, 10(1).

Jia, M.X., Zhang, X., Yin, C., Feng, G., Li, N. & Gao, S. (2014). Peripheral dose measurements in cervical cancer radiotherapy: a comparison of volumetric modulated arc therapy and step-and-shoot IMRT techniques. *Radiat Oncol*, 9:61.