

## FARKLI TEKNİKLERLE PLANLANAN GÖĞÜS DUVARI IŞINLAMALARINDA CİLT YÜZEYİ DOZUNUN DOZİMETRİK OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

Fatma ALTINTAŞ<sup>a,\*</sup> | Süheyla AYTAÇ ARSLAN<sup>b</sup> | Gonca ALTINIŞIK İNAN<sup>b</sup>  
Zerrin GANİ<sup>b</sup> | Gizem VAR<sup>a</sup> | Yılmaz TEZCAN<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

<sup>b</sup> Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ankara, Türkiye.

\*Sorumlu Yazar; Fatma ALTINTAŞ, E-Posta: fatma.akyol.03@gmail.com

### ÖZET

Bu çalışmada göğüs duvarı ışınlamalarında hasta cildinin aldığı yüzey dozunun farklı tekniklerle yapılan planlamalarda elde edilen değerler ile ölçüm sonucu elde edilen değerlerin kıyaslanması amaçlanmıştır. Rando fantomun boluslu ve bolussuz olmak üzere Bilgisayarlı Tomografi (BT) de iki farklı görüntülemesi yapıldı. Görüntülemesi yapılan fantom görüntüleri konturlama sistemine aktarıldı. Göğüs duvarına benzer şekilde hedef hacim ve kritik organlar çizildi, planlama sistemlerine aktarıldı. Çizilen bu konturlar üzerinden Tomotherapy ve Varian tedavi cihazlarına ait Tedavi planlama Sistemlerinde (TPS) göğüs duvarı bölgesine günlük 2 Gy den 25 iş günü toplamda 50 Gy doz tanımlanarak farklı tekniklerle planlamalar yapıldı. Varian True Beam Milenyum lineer akseleratör tedavi cihazında Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi (3BRT), Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (Intensity Modulated Radiotherapy-IMRT), Volumetrik Ark Terapi (VMAT), Accuray Radixact Tomotherapy tedavi cihazında ise Helikal tedavi planlamaları hazırlandı. Onaylanan planlar tedavi cihazlarında rando fantom üzerinde belirlenen noktalara MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistors) yerleştirilerek ışınladı ve cilt yüzeyi dozu ölçümleri alındı. Tedavi planlama sisteminde okunan cilt yüzeyi dozları ile mosfet ile okunan cilt yüzeyi dozları karşılaştırıldı. Planlama tekniğinden bağımsız işaretlenen noktaların plan üzerindeki ortalama değerleri ile ölçümleri arasında istatistiksel açıdan bir fark yoktur ( $p > 0.05$ ). Boluslu rando fantom üzerinde çalışılan farklı tedavi tekniklerinde planlamalarda tüm tekniklerinde hedef doza yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bolussuz planlamalarda ise tomotherapy ile yapılan planlamada cilt yüzeyi dozu reçete dozuna en yakın değerlere sahiptir (Bolussuz; Planlanan \ Ölçülen:  $4593 \pm 227$  \  $4408 \pm 52$ , Boluslu; Planlanan \ Ölçülen;  $5122 \pm 104$  \  $5025 \pm 175$ ). Bolussuz rando fantom üzerinde çalışılan farklı tedavi tekniklerinden elde edilen ölçüm sonuçlarının ortalamaları arasında anlamlı farklılık yoktur ( $p=0.075$ ). Fakat ölçülen değerlerin ortalama ve standart sapma değerlerine göre 5.000 cGy doza en yakın olan Helikal tekniktir ( $4408 \pm 52$ ). VMAT planlamadan elde edilen ölçüm sonucu ise reçete dozuna göre en düşük doza sahiptir ( $3425 \pm 175$ ). Planlama algoritmaları cilt yüzeyi dozunu öngörmede güvenilir bulunmuştur. Cilt yüzeyi dozu her iki durumda da Helikal planlama tekniğinde reçete dozuna en yakın, VMAT planlama tekniğinde ise en düşüktür. Bu durum cilt yüzeyi dozunun yüksek tutulması istenildiği durumda göz önünde bulundurulmalıdır.

#### Anahtar Kelimeler

- Meme kanseri
- Radyoterapi
- Tedavi planlama
- Rando fantom
- Mosfet
- Bolus

#### Makale Hakkında

Araştırma Makalesi

#### Gönderim Tarihi

07.03.2022

#### Kabul Tarihi

26.04.2022

## DOSIMETRIC COMPARISON OF SKIN SURFACE DOSE IN CHEST WALL IRRADIATIONS PLANNED WITH DIFFERENT TECHNIQUES

Fatma ALTINTAŞ\* | Süheyla AYTAÇ ARSLAN | Gonca ALTINIŞIK İNAN  
Zerrin GANİ | Yılmaz TEZCAN

\*Corresponding Author; Fatma ALTINTAŞ, E-Posta: fatma.akyol.03@gmail.com

### ABSTRACT

#### Keywords

- Breast cancer
- Radiotherapy
- Threatment planning
- Rando phantom
- Mosfet
- Bolus

#### Article Info

Research Article

#### Received

mm.dd.2022

#### Accepted

mm.dd.2022

From this point of view, it is aimed to compare the calculated dose of the patient in the planning with the values obtained in the planning with different techniques and the values obtained from the measurement. Two different imaging of the Rando phantom on Computed Tomography was performed, with bolus and without bolus. The phantom images that were visualized were transferred to the contouring system. Similar to the chest wall, the target volume and critical organs were drawn and transferred to the planning systems. Based on these drawn contours, in the Treatment Planning Systems (TPS) of Tomotherapy and Linac treatment devices, a daily dose of 2 Gy to the chest wall area and a total of 50 Gy for 25 working days were defined and plans were made with different techniques. Three Dimensional Conformal Radiotherapy (3BRT), Intensity Modulated Radiotherapy (IMRT) and Volumetrik Ark Terapi (VMAT) were prepared in the Varian True Beam Millennium linear accelerator therapy device, and Helical treatment planning was prepared in the Accuray Radixact Tomotherapy therapy device. The approved plans were irradiated by placing a MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistors) at the points determined on the randomized phantom on the treatment devices, and skin surface dose measurements were taken. The skin surface doses read in the treatment planning system and the skin surface doses read with the mosfet were compared. There is no statistical difference between the mean values of the marked points on the plan and their measurements, independent of the planning technique ( $p > 0.05$ ). In different treatment techniques studied on the bolus rando phantom, results close to the target dose were obtained in all techniques in planning. In planning without bolus, the skin surface dose has the closest values to the prescription dose in planning made with tomotherapy ( Without Bolus; Planned \ Measured:  $4593 \pm 227$  \  $4408 \pm 52$ , With Bolus; Planned \ Measured;  $5122 \pm 104$  \  $5025 \pm 175$ ). There was no significant difference between the mean of the measurement results obtained from the different treatment techniques studied on the randomized phantom without bolus ( $p=0.075$ ). However, according to the mean and standard deviation values of the measured values, the closest to 5000 cGy dose is the Helical technique ( $4408 \pm 52$ ). The measurement result obtained from VMAT planning has the lowest dose compared to the prescription dose ( $3425 \pm 175$ ). Planning algorithms were found to be reliable in predicting skin surface dose. In both cases, the skin surface dose is closest to the prescription dose in the Helical planning technique and the lowest in the VMAT planning technique. This should be taken into account when it is desired to keep the skin surface dose high.

## GİRİŞ

Meme kanserleri, tüm dünyada kadınlarda en sık görülen kanserlerdir. Meme kanserlerinde, evreye göre uygulanan cerrahi tekniklerden biri olan modifiye radikal mastektomi (MRM) sonrası lokal yineleme en sık göğüs duvarında izlenir (1-3). Meme kanserleri için kemoterapi tedavisi, uzak organ metastazlarını önlemek için kullanılır. Eksternal radyoterapi tedavisinde ise meme/göğüs duvarı ve çevre lenfatik bölgelerdeki kanser hücrelerini yok etmek amaçlanmaktadır (4). Radyoterapi' nin başladığı günden beri normal doku reaksiyonundaki değişiklikler gözlemlenmiştir. Toksikite olasılığı ve şiddeti; radyasyon türü, toplam doz, fraksiyon dozu, ışınlanan alan ve doz homojenliği ile ilgili faktörlere bağlıdır. Meme kanseri tedavisinde cilt yüzeyi, kalp ve akciğerler riskli organlar arasında yer alırlar. Meme kanseri radyoterapisinde, cilt yüzeyi hem hedef organ hem de risk altındaki organ olabilmektedir. Bu nedenle aldığı doz hem hastalık kontrolü hem de akut ve geç dönemde cilt yüzeyinde oluşan yan etkiler nedeniyle, uzun dönemde kozmetis ve yaşam kalitesi açısından önemlidir (5).

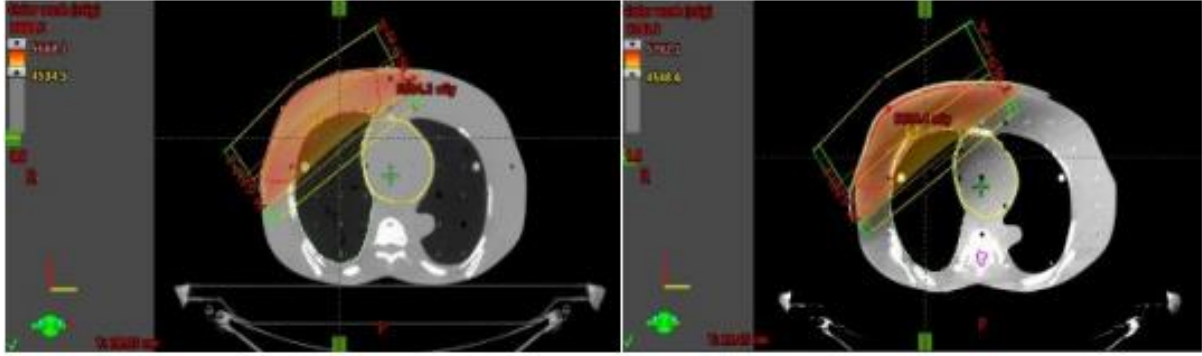
## YÖNTEM ve GEREÇ

Bu çalışma Eylül 2021 – Aralık 2021 tarihleri arasında Ankara Şehir Hastanesi 1 Nolu Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı tarafından 02/04/2020 tarihli ve 417 no' lu Etik Kurul Karar izni ile yapılmıştır. Çalışma Ankara Şehir Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniğinde GE Discovery Bilgisayarlı Tomografi, Varian True Beam Milenyum ve Accuray Radixact TomoTherapy tedavi cihazlarında Rando Fantom üzerinde yapılmıştır. Dozimetrik ölçümlerde katı fantom, su fantomu ve insan eşdeğeri olan fantomlar kullanılmaktadır. İnsan eşdeğeri olan fantomlardan en bilineni Alderson rando fantomlarıdır. Rando fantom vücut dokuları insan doku ve boşluklarının yapısına uygun materyallerden oluşturulmuş olup X-ışını ve elektronlar için insan dokusuna eşdeğer soğurma özelliğindedir. Rando fantom, kullanım amacına uygun olarak, kalınlıkları 2.5 cm olan 31 adet yatay kesite ayrılmıştır (6) Rando fantom Bilgisayarlı Tomografi masasına supine pozisyonunda yerleştirildi referans noktalar işaretlendi, boluslu ve bolusuz olmak üzere iki farklı görüntüleme yapıldı. Boluslu görüntüleme alınırken fantom üzerine 0.5 cm lik bolus yerleştirildi. Rando fantomun görüntüleri 5 mm aralıklarla alındı ve network aracılığıyla konturlama sistemine gönderildi. Göğüs duvarı hedef hacim olarak, akciğerler, kalp, özofagus ve medulla spinalis ise kritik organlar olarak hacimleri tanımlandı. Varian TrueBeam Milenyum lineer akseleratör tedavi cihazında 3BRT, IMRT ve VMAT, Accuray Radixact TomoTherapy tedavi cihazında ise Helikal tedavi planlamaları hazırlandı. Rando Fantom üzerinde belirlenen referans noktadaki cilt yüzeyi dozları önce planlama üzerinden okundu ve daha sonra tedavi cihazlarında rando fantom üzerinde mosfet ile ölçüm alındı ve sonuçlar analiz edildi.

### Tedavi Planlama Teknikleri

#### *3 Boyutlu Konformal Radyoterapi Tekniğinde; Alan içinde Alan Planlama (3BRT-FinF)*

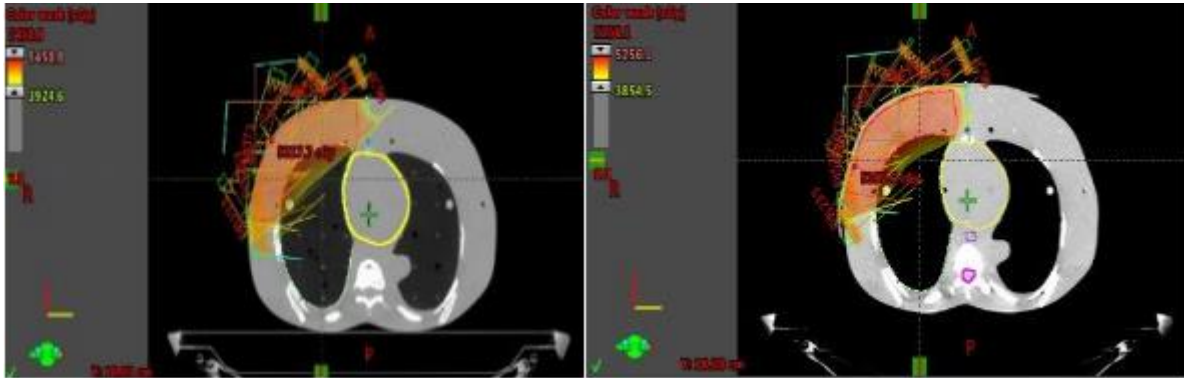
Plan Eclipse tedavi planlama sistemi kullanılarak oluşturuldu. Tedavi dozu 50 Gy (2 Gy x 25 fraksiyon) olarak belirlendi. Hedef hacim için 6 MV X-ışını ile tanjansiyel açılar 58 ve 233 derece seçildi. MLC (multileaf collimator) ler kullanılarak tedavi alanları şekillendirildi. Risk altındaki organlar korundu. Doz hesaplaması yapıldı oluşan sıcak doz bölgeleri MLC' ler ile kapatılarak yeniden hesaplandı. Alan ağırlıkları her iki açı için de 0.45 – 0.05 aralığında belirlendi.



Şekil 1. a) Bolusuz rando fantom CT görüntüsü üzerinde planlanan 3BRT planlama tekniği  
b) Boluslu rando fantom CT görüntüsü üzerinde planlanan 3BRT planlama tekniği

### IMRT Planlama

Plan, Eclipse tedavi planlama sisteminde tersten planlama (inverse planning) kullanılarak oluşturuldu. Hedef hacim için 6 MV X-ışını ile BEV (Beam's eye view) den faydalanarak risk altındaki organları ve alanlar birbirini direkt görmeyecek şekilde açılar 58, 38, 18, 233, 253, 273, 315 derece olarak belirlendi. Tanımlanan hedef organın ve riskli organların doz sınırlamaları (constraint) ile öncelikleri (priority) girilerek Eclipse TPS' nin dinamik IMRT optimizasyonu çalıştırıldı.



Şekil 2. a) Bolusuz rando fantom CT görüntüsü üzerinde planlanan IMRT planlama tekniği  
b) Boluslu rando fantom CT görüntüsü üzerinde planlanan IMRT planlama tekniği

### VMAT Planlama

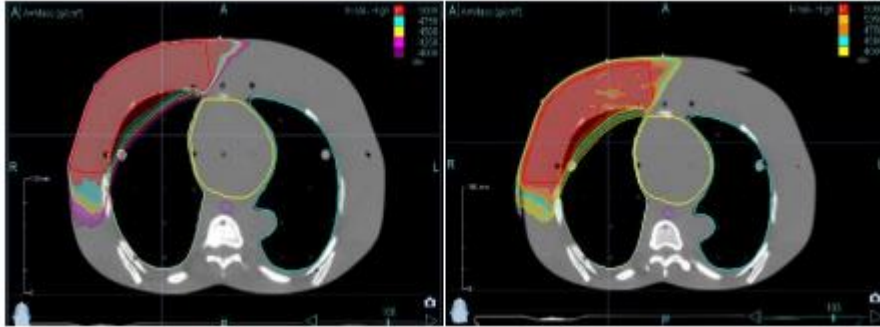
VMAT tedavi planları Eclipse tedavi planlama sistemi kullanılarak üçü saat yönünde(CW) diğer üçü de saat yönünün tersine (CCW) dönen 6 parçalı ark' dan oluşan ışınlardan oluşturuldu. Açılar ARC01(3°-53°)(CW), ARC02(283°-333°)(CW), ARC03(3°-53°)(CW), ARC04(53°-3°)(CCW), ARC05(3°-313°)(CCW) ve ARC06(283°-233°)(CCW) olarak belirlendi. Tanımlanan hedef organın ve riskli organların doz sınırlamaları (constraint) ile öncelikleri (priority) girilerek Eclipse TPS' nin dinamik IMRT optimizasyonu çalıştırıldı. Boluslu ve bolusuz olarak görüntülemesi alınan rando fantom üzerinde aynı şartlarda farklı tekniklerle planlamalar yapıldı. Planlamaların kabulünde hedef hacim içerisindeki doz homojenitesi planlama üzerinde izodoz dağılımı ve Dose Volume Histogramı (DVH) ile değerlendirildi. Kabul edilen tedavi planının ve izomerkezin doğruluğunun tedavi cihazında kontrol edilmesi amacıyla gantry 0° ve 270° set-up alanları konuldu.



Şekil 3. a) Bolussuz rando fantom CT görüntüsü üzerinde planlanan VMAT planlama tekniği  
b) Boluslu rando fantom CT görüntüsü üzerinde planlanan VMAT planlama tekniği

### Helikal Planlama

Hedef hacim ve kritik organ konturlaması yapılan rando fantom görüntüleri (boluslu ve bolussuz olarak) tomoterapi planlama istasyonuna aktarıldı. Doz hacim sınırlamaları, öncelik, önem ve penalty faktörleri hedef ve kritik organlar için belirlendi. Jaw genişliği 5cm, pitch değeri 0,430, modülasyon faktörü de 2 olacak şekilde tomoterapi planı oluşturuldu. Hedef hacmin tamamı tanımlanan dozun en az %95'ini (V%95) kapsayacak şekilde optimizasyon yapıldı. Her iki rando fantom görüntüleri üzerinde aynı şartlarda planlamalar yapıldı. Planlamaların kabulünde hedef hacim içerisindeki doz homojenitesi planlama üzerinde izodoz dağılımı ve Dose Volume Histogramı (DVH) ile değerlendirildi.

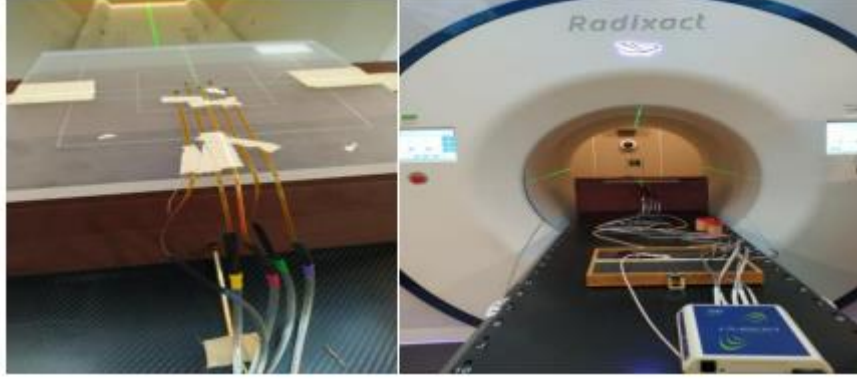


Şekil 4. a) Bolussuz rando fantom CT görüntüsü üzerinde planlanan Helical planlama tekniği  
b) Boluslu rando fantom CT görüntüsü üzerinde planlanan Helical planlama tekniği

Onaylanan planlar tedavi cihazlarında rando fantom üzerinde belirlenen noktalara mosfet yerleştirilerek ışınlandı ve cilt yüzeyi dozu ölçümleri alındı. Tedavi planlama üzerinden okunan cilt yüzeyi dozu ile mosfet ile okunan cilt yüzeyi dozu karşılaştırıldı.

### MOSFET Kalibrasyonu

Mosfet dozimetreler ölçümlerde kullanılmadan önce ölçüm aldığımız her bir tedavi cihazında da ayrı ayrı kalibre edildi. Tomoterapi cihazında kalibrasyonda 6 MV foton demetinde  $d_{maks}=1.5$  cm' de yapıldı. Katı su fantomu kullanılarak 1.5 cm derinlikte, 5 cm x 40 cm açık alan içine 5 tane mosfet dozimetre yerleştirildi, SSD=85 cm olacak şekilde ayarlandı ve 1000 cGy doz verildi. 3 kez ışınlama yapıldı. Daha sonra mosfet dozimetre programı kullanılarak her bir mosfet dozimetre için kalibrasyon faktörü (CF) bulundu ve sisteme kayıt edildi.



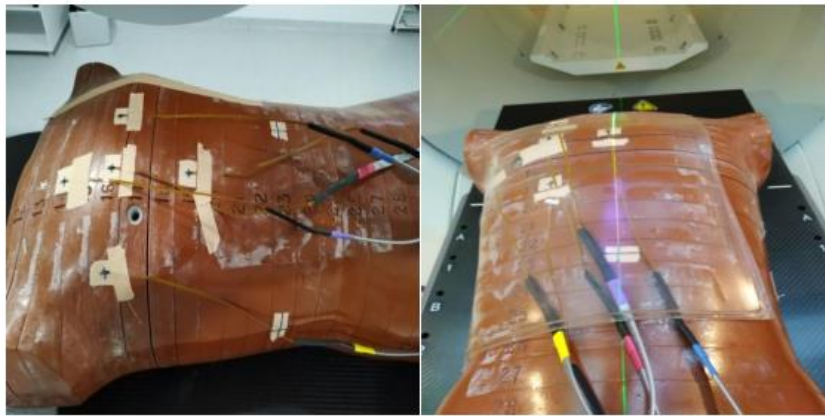
Şekil 5. Mosfet' in Tomotherapy tedavi cihazında kalibre edilme şekli

Varian Truebeam tedavi cihazındaki kalibrasyonda 6 MV foton demetinde  $d_{maks}=1.5\text{ cm}$  de yapıldı. Katı su fantomu kullanılarak 1.5 cm derinlikte, 10 cm x 10 cm açık alan içine 5 tane mosfet dozimetre yerleştirildi, SSD=100 cm olacak şekilde ayarlandı ve 100 cGy doz verildi. 3 kez ışınlama yapıldı. Daha sonra MOSFET dozimetre program kullanılarak her bir mosfet dozimetre için kalibrasyon faktörü (CF) bulundu ve sisteme kayıtlı edildi.



Şekil 6. Mosfet' in Varian Truebeam tedavi cihazında kalibre edilme şekli

Daha sonra Rando Fantom üzerine mosfet yerleştirilerek tedavi planlarının ışınlanması yapıldı kalibrasyon faktörleri kullanılarak doz ölçüm sonuçları kayıt altına alındı. Her planlama için 3 ölçüm alındı ve bu ölçümlerin ortalamaları hesaplandı. Hasta tedavi planları 25 gün olduğu için bulduğumuz sonuç 25 ile çarpıldı böylece tedavide verilen toplam doza ulaşıldı. Planlamadan elde edilen cilt yüzeyi dozu ile mosfet ile ölçülen cilt yüzeyi dozu karşılaştırıldı.



Şekil 7. a) Bolusuz rando fantom üzerinde mosfet ile ölçüm alınma şekli  
b) Boluslu rando fantom üzerinde mosfet ile ölçüm alınma şekli

## İstatiksel Analiz

Bu çalışmada SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) (IBM sürüm 22) yazılımı aracılığı ile analizler gerçekleştirildi. Her planlama tekniğinde boluslu ve bolussuz grupların karşılaştırılmasında T testi kullanıldı, p – değeri < 0.05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Bolussuz rando fantom üzerinde çalışılan farklı tedavi tekniklerinden elde edilen ölçüm değerlerine ilişkin ortalamalar ve standart sapmalar hesaplandı. Grupların karşılaştırılmasında One-Way ANOVA testi kullanıldı, p – değeri < 0.05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

## BULGULAR

SPSS IBM 22 istatistik programıyla analizler gerçekleştirildi. Her planlama tekniğinde 5 farklı referans noktadan ölçüm alındı fakat işaretlenen 2 referans nokta hedef hacim dışında kaldığı için 3 noktanın ortalaması alınarak istatistiksel analiz yapıldı. Dört tekniğe ilişkin boluslu ve bolussuz rando fantomda planlanan ve ölçülen değerlere ilişkin ortalamalar ve standart sapmalar hesaplandı.

**Tablo 1.** Planlanan ve Ölçülen Doz Değerlerine İlişkin Bulgular

Teknikler	Bolussuz (n=3)		Boluslu (n=3)	
	Planlanan Doz (cGy)	Ölçülen Doz (cGy)	Planlanan Doz (cGy)	Ölçülen Doz (cGy)
	A.O. ± S.S.	A.O. ± S.S.	A.O. ± S.S.	A.O. ± S.S.
Helikal	4593±227	4408 ± 52	5122±104	5025 ± 175
Gruplar arası p	p = 0.242		p = 0.454	
3BRT	3773 ± 429	3799 ± 262	5240 ± 115	5350 ± 90
Gruplar arası p	p = 0.934		p = 0.263	
IMRT	3708± 698	3692± 717	4999 ± 87	5092 ± 250
Gruplar arası p	p = 0.979		p = 0.579	
VMAT	3775 ± 477	3425 ± 175	5033 ± 57	5075 ± 444
Gruplar arası p	p = 0.299		p = 0.886	

\*p < 0.05 Boluslu ve Bolussuz gruplar arasında anlamlı bir fark olup olmadığı T testiyle incelenmiştir.

A.O: Aritmetik ortalama; S.S: Standart sapma; 3BRT: Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi; IMRT: Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (Intensity Modulated Radiotherapy); VMAT: Volumetrik Ark Terapi

Bolussuz rando fantom için Helikal tekniğiyle yapılan çalışmada, planlanan değerlerin ortalamaları 4593 ± 227'dir. Bununla birlikte ölçülen değer ortalamaları 4408±52'dir. Bu çalışmada, planlanan değer ortalamaları ile ölçülen değer ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p = 0.242). Boluslu rando fantom için Helikal tekniğiyle yapılan çalışmada, planlanan değerlerin ortalamaları 5122 ± 104'dür. Bununla birlikte ölçülen değer ortalamaları 5025 ± 175'dir. Bu çalışmada, planlanan değer ortalamaları ile ölçülen değer ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p = 0.454). Bolussuz rando fantom için 3BRT tekniğiyle yapılan çalışmada, planlanan değerlerin ortalamaları 3773 ± 429'dir. Bununla birlikte ölçülen değer ortalamaları 3799 ± 262'dir. Bu çalışmada, planlanan değer ortalamaları ile ölçülen değer arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p = 0.934). Boluslu rando fantom için 3BRT tekniğiyle yapılan çalışmada, planlanan değerlerin ortalamaları 5240 ± 115'dir. Bununla birlikte ölçülen değer ortalamaları 5350 ± 90'dir. Bu çalışmada, planlanan değer ortalamaları ile ölçülen değer ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p = 0.263). Bolussuz rando fantom için IMRT tekniğiyle yapılan çalışmada, planlanan değerlerin ortalamaları 3708 ± 698'dir. Bununla birlikte ölçülen değer ortalamaları 3692 ± 717'dir. Bu çalışmada, planlanan değer ortalamaları ile ölçülen değer ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p = 0.979). Boluslu rando fantom için IMRT tekniğiyle yapılan çalışmada, planlanan değerlerin ortalamaları 4999 ± 87'dir. Bununla birlikte ölçülen değer ortalamaları 5092 ± 250'dir. Bu çalışmada, planlanan değer ortalamaları

ile ölçülen değer ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p = 0.579$ ). Bolussuz rando fantom için VMAT tekniğiyle yapılan çalışmada, planlanan değerlerin ortalamaları  $3775 \pm 477$ 'dir. Bununla birlikte ölçülen değer ortalamaları  $3425 \pm 175$ ' dir. Bu çalışmada; planlanan değer ortalamaları ile ölçülen değer ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p = 0.299$ ). Boluslu rando fantom için VMAT tekniğiyle yapılan çalışmada, planlanan değerlerin ortalamaları  $5033 \pm 57$ 'dur. Bununla birlikte ölçülen değer ortalamaları  $5075 \pm 444$ 'dir. Bu çalışmada; planlanan değer ortalamaları ile ölçülen değer ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p = 0.886$ ).

**Tablo 2.** Bolussuz Randofantom Üzerinde Farklı Tekniklerle Yapılan Planlamalara Ait Ölçülen Doz Değerlerine İlişkin Bulgular

Teknikler	Ölçülen Doz (cGy)	
	A.O. $\pm$ S.S.	Sig (p)
Helikal	4408 $\pm$ 52	0.075
3BRT	3799 $\pm$ 262	
IMRT	3692 $\pm$ 717	
VMAT	3425 $\pm$ 175	

\* $p < 0.05$  Gruplar arasında anlamlı bir fark olup olmadığı One-Way ANOVA testiyle incelenmiştir.

A.O: Aritmetik ortalama; S.S: Standart sapma; 3BRT: Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi; IMRT: Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (*Intensity Modulated Radiotherapy*); VMAT: Volumetrik Ark Terapi

Bolussuz rando fantom üzerinde çalışılan farklı tedavi tekniklerinden elde edilen ölçüm sonuçlarının ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık yoktur ( $p=0.075$ ).

## TARTIŞMA

Çalışmamızda meme kanseri tedavisinde göğüs duvarı ışınlamasında cilt yüzeyinin aldığı dozu dozimetrik olarak belirleyebilmek için farklı tedavi planlama teknikleri ve ölçümleri yapıldı. Rando fantom üzerinde 5 ayrı nokta belirlendi ve boluslu ve bolussuz olarak görüntüleri alındı. Konturlama yapılarak planlama sistemlerine aktarıldı. Dört farklı tedavi planlama tekniği uygulanarak hedef hacme 5000 cGy doz tanımlandı. Her bir planlama tekniğinde tedavi cihazında rando fantom üzerine belirlenmiş referans noktalara mosfet yerleştirilerek ölçümler alındı. Her planlama tekniğinde 5 farklı referans noktadan ölçüm alındı fakat işaretlenen 2 referans nokta hedef hacim dışında kaldığı için 3 noktanın ortalaması alınarak istatistiksel analiz yapıldı. Planlama tekniğinden bağımsız işaretlenen noktaların plan üzerindeki ortalama değerleri ile ölçümleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık yoktur ( $p > 0.05$ ). Planlama algoritması cilt yüzeyi dozunu belirlemede güvenli bulunmuştur. Bu nedenle ölçülen değerlerin ortalama ve standart sapma değerlerine göre 5.000 cGy doza en yakın olan teknikler incelendi. Boluslu planlamalarda tüm tekniklerinde hedef doza yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bolussuz planlamalarda ise tomotherapy ile yapılan planlamada cilt yüzeyi dozu reçete dozuna en yakın değerlere sahiptir (Bolussuz; Planlanan \ Ölçülen:  $4593 \pm 227$  \  $4408 \pm 52$ , Boluslu; Planlanan \ Ölçülen;  $5122 \pm 104$  \  $5025 \pm 175$ ). Bolussuz rando fantom üzerinde çalışılan farklı tedavi tekniklerinden elde edilen ölçüm sonuçlarının ortalamaları arasında anlamlı farklılık yoktur ( $p=0.075$ ). Fakat ölçülen değerlerin ortalama ve standart sapma değerlerine göre 5.000 cGy doza en yakın olan Helikal tekniktir ( $4408 \pm 52$ ). VMAT planlamadan elde edilen ölçüm sonucu ise reçete dozuna göre en düşük doza sahiptir ( $3425 \pm 503$ ). Volker Rudat ve ark. (7) Meme koruyucu cerrahi (MKC) yada mastektomi sonrası 45 hasta ile yaptıkları çalışmada cilt yüzeyi dozunu kıyaslamak için 7 Field IMRT (7 F-IMRT), Tangential Beam IMRT (TB-IMRT), ve 3 Boyutlu Konformal Radyoterapi (3D-CRT) planlama tekniklerini kullanmıştır. Yüzey dozu gafkromik film ile ölçülmüştür. Sonuç olarak 7 F-IMRT de TB-IMRT ye göre cilt yüzeyi dozunda önemli bir düşüş gözlenmiştir. TB-IMRT ve 3D-CRT kıyaslandığında cilt yüzeyi dozunda önemli bir fark gözlenmemiştir. Bizim çalışmamızda da bolussuz



rando fantom üzerinde çalışılan farklı tedavi tekniklerinden hedef doza en yakın olan Helikal tekniktir. VMAT planlamadan elde edilen ölçüm sonucu ise reçete dozuna göre en düşük doza sahiptir. Johnathon R. ve ark. (8) meme cerrahisi sonrası radyoterapi (post mastectomy radiotherapy; PMRT) uygulamasında 20 hasta ile yaptıkları çalışmada cilt yüzeyi dozunu kıyaslamak için Hybrid IMRT ve VMAT tekniklerini kullanmıştır. Cilt yüzeyi dozunu OSL (Optik Uyarımlı Lüminesans) ile ölçmüştür. Boluslu yapılan hasta planlamalarında okunan doz ile tedavi sırasında cilt yüzeyi üzerinde OSL ile ölçülen doz sonuçları birbirine yakın bulunmuştur. Bizim çalışmamızda da boluslu planlamaların tüm tekniklerinde hedef doza yakın sonuçlar elde edilmiştir. Jan Seppala ve ark. (9) meme kanseri radyoterapisinde FFF (Flattening Filter Free) ve FF (Flattening Filter) ışınları ile çeşitli tedavi planlama teknikleri ile çalışmıştır. Çalışma silindirik fantom üzerinde radyokromik filmler ile gerçekleştirilmiştir. Tedavi planlama teknikleri olarak tanjansiyel açık alan, tanjansiyel IMRT, tanjansiyel VMAT ve sürekli VMAT kullanılmıştır. Sonuç olarak FFF ve FF ışınları arasında ölçülen veya hesaplanan cilt yüzeyi dozlarında önemli bir fark bulunmamıştır. En homojen cilt yüzeyi doz dağılımına VMAT tekniklerinde ulaşılmıştır. Bizim çalışmamızda planlama tekniğinden bağımsız işaretlenen noktaların plan üzerindeki ortalama değerleri ile ölçümleri arasında istatistiksel açıdan bir fark bulunmamıştır. Çalışmanın kısıtlı yönleri ise şunlardır. Referans olarak 3 nokta alınmıştır. Nokta sayısını arttırmak doz homojenliğini ve doğruluğu belirlemek açısından daha uygun olabilirdi. Ayrıca rando fantom ölçümleri hareketsiz platformda yapılan ölçümler olduğundan hasta üzerinde solunum etkisinin de hesaba katıldığı ölçümler daha gerçekçi olacaktır.

## SONUÇ

Planlama algoritmaları cilt yüzeyi dozunu öngörmede güvenilir bulunmuştur. Boluslu rando fantom üzerinde yapılan planlama tekniklerinin tamamında cilt yüzeyi dozu reçete dozuna yakındır veya daha yüksektir. Bolusuz rando fantom üzerinde yapılan planlama tekniklerinden elde edilen ölçüm sonucunda cilt yüzeyi dozu Helikal planlama tekniğinde reçete dozuna en yakın VMAT planlama tekniğinde ise en düşüktür. Bu durum cilt yüzeyi dozunun yüksek tutulması istenildiği durumda göz önünde bulundurulmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Overgaard M, Hansen PS, Overgaard J, et al Postoperative radiotherapy in high-risk premenopausal women with breast cancer who receive adjuvant chemotherapy: Danish Breast Cancer Cooperative Group 82b Trial. *N Engl J Med.*; 1997: 949-55.
2. Overgaard M, Jensen MB, Overgaard J, et al Postoperative radiotherapy in high-risk postmenopausal breast cancer patients given adjuvant Tamoxifen: Danish Breast Cancer Cooperative Group (DBCG) 82c randomized trial. *Lancet*; 1999: 1641-8.
3. Ragaz J, Olivetto IA, Spinelli JJ, et al. Locoregional radiotherapy in patients with high-risk breast cancer receiving adjuvant chemotherapy: 20-year results of the British Columbia randomized trial: *J Natl Cancer*; 2005: 116-26.
4. Clark, R. M., Whelan, T., Levine, M., et al.. Randomized clinical trial of breast irradiation following lumpectomy and axillary dissection for node-negative breast cancer: an update: *Journal of the National Cancer Institute*; 1996: 1659-1664.
5. Waljee, J. F., Hu, E. S., Ubel, P. A., et al., Effect of esthetic outcome after breast-conserving surgery on psychosocial functioning and quality of life: *Journal of Clinical Oncology*; 2008: 3331-3337.
6. Instruction Manuel Of Art Phantoms" Radiology Support Devices.
7. Volker Rudat, Alaa Nour, Abdul Aziz Alaradi, Adel Mohamed and Saleh Altuwaijri, In vivo surface dose measurement using GafChromic film dosimetry in breast cancer radiotherapy: comparison of 7-field IMRT, tangential IMRT and tangential 3D-CRT: *Radiation Oncology*; 2014: 9-156.

8. Johnathon R. Wake, Feng Qin Chen, Simon Ashworth, Karen Byth, Wei Wang, Kirsty E. Stuart, Verification using in vivo optically stimulated luminescent dosimetry of the predicted skin surface dose in patients receiving postmastectomy radiotherapy: *Medical Dosimetry*; 2020: 0-57.
9. Jan Seppälä, Aleks Voutilainen, Janne Heikkilä, Marko Vauhkonen, Surface doses of flattening filter free beams with volumetric modulated arc therapy dose delivery for breast cancer: *Elsevier*; 2017: 17–22