

Yazışma Adresi  
Correspondence Address

Aysun İNAL  
Sağlık Bilimleri Üniversitesi,  
Antalya Eğitim ve Araştırma  
Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi  
Bölümü, Antalya, Türkiye  
aysuntoy@yahoo.com

Geliş Tarihi : Ara 14, 2020  
Received  
Kabul Tarihi : Mar 30, 2021  
Accepted  
E Yayın Tarihi : May 01, 2022  
Online published

Bu makalede yapılacak atıf  
Cite this article as

İnal A, Sarpün İH.  
Elekta Synergy Platform Lineer  
Hızlandırıcı Cihazında On yıllık  
periyod için Foton Yüzde Derin Doz  
ve Işın Profil Parametrelerinin  
Değerlendirilmesi  
Akd Tıp D 2022; 8(2):173-178

Aysun İNAL  
Sağlık Bilimleri Üniversitesi,  
Antalya Eğitim ve Araştırma  
Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi  
Bölümü, Antalya, Türkiye  
ORCID ID: 0000-0002-1647-9787

İsmail Hakkı SARPÜN  
Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi,  
Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı,  
Antalya, Türkiye  
ORCID ID: 0000-0002-9788-699X

# Elekta Synergy Platform Lineer Hızlandırıcı Cihazında On yıllık periyod için Foton Yüzde Derin Doz ve Işın Profil Parametrelerinin Değerlendirilmesi

## Evaluation of Photon Percent Deep Dose and Beam Profile Parameters for a period of ten years in the Elekta Synergy Platform Linear Accelerator Device

### ÖZ

#### Amaç:

Radyasyon tedavisinin doğruluğunun kalite kontrolü, tedavi öncesi ve devam ettiği tüm süre boyunca dozimetrik ve geometrik bir dizi test gerektirmektedir. Çalışmada, on yıllık periyod için, arıza sebebiyle parça değişimi ve/veya yıllık Lineer Hızlandırıcı Cihazı kalite kontrol işlemleri boyunca elde edilen Yüzde Derin Doz (YDD) ve Işın Profil (IP) parametrelerini incelemek ve Tedavi Planlama Sistemine (TPS) aktarılan ölçüm parametreleri ile aralarındaki farkları değerlendirmek amaçlanmıştır.

#### Gereç ve Yöntemler:

Çalışmaya, 2011 Kasım – 2020 Eylül tarihleri arasında, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Antalya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi bölümünde bulunan Elekta marka, Synergy Platform model Lineer hızlandırıcı' da, cihaz kalite kontrol işlemleri sırasında elde edilen YDD ve IP parametreleri dahil edilmiştir.

#### Bulgular:

6 MV için, en yüksek fark, R50 için 2013 Mart ayında 2.1 mm olarak bulunmuştur. 18 MV için, en yüksek fark R90 için 2020 Şubat ayında 2.2 mm'dir. IP eğrisinden elde edilen düzgünlük parametresi için en büyük fark, 6 MV için AB yönde 2014 Aralık ayında %2.0 olarak bulunmuştur.

#### Sonuç:

Lineer Hızlandırıcı cihazlarının özellikle enerji ve profil parametrelerin değişme olasılığı içeren durumlarda, su fantomu ölçümlerinin yapılması ve tedavi planlama sistemine aktarılan değerlere göre tekrar değerlendirilmesi gerekmektedir.

#### Anahtar Sözcükler:

Lineer Hızlandırıcı, Yüzde Derin Doz, Işın Profil

### ABSTRACT

#### Objective:

Quality control of the accuracy of radiation therapy requires a series of dosimetric and geometric tests during and before the treatment period. In this study, it is aimed to examine the Percent Depth Dose (PDD) and Beam Profile (BP) parameters obtained during the parts replacement due to breakdown and / or during the annual Linear Accelerator (LINAC) quality control processes

for a period of ten years, and to evaluate the deviations between the measurement parameters transferred to Treatment Planning System.

### Material and Methods:

In this study, the PDD and BP parameters obtained during the LINAC quality control processes for Elekta brand, Synergy Platform model Linear accelerator, located in the Radiation Oncology Department of the University of Health Sciences, Antalya Training and Research Hospital, between November 2011 and September 2020 were included.

### Results:

For the 6 MV, the highest difference was found to be 2.1 mm for the R50 in March 2013. For the 18 MV, the largest difference was 2.2 mm for the R90 in February 2020. The biggest difference for the Flatness parameter obtained from the BP curve was found to be 2.0% in the AB direction in December 2014 for 6 MV.

### Conclusion:

In situations where the energy and profile parameters of LINAC devices are likely to change, water phantom measurements should be made and re-evaluated according to the values transferred to the treatment planning system.

### Key Words:

Linear Accelerator, Percent Depth Dose, Beam Profile

## GİRİŞ

Radyoterapinin (RT) temel amacı, yan etkileri en aza indirmek için, çevredeki normal doku ve kritik organ dozlarını kabul edilebilir tolerans sınırları içinde tutarken, hedef hacimde reçete edilen dozu sağlayabilmektir (1). Radyoterapide kullanılan en yaygın cihazlardan biri Lineer hızlandırıcılar (LİNAK). LİNAK'ta, üretilen elektronlar, hızlanan dalga kılavuzlarından geçerken uygulanan radyo frekans sebebiyle enerji kazanır. Bu yüksek enerjili elektron demetleri, yüksek atom numaralı bir hedefle (genellikle, tungsten) etkileşime girmeden önce birçok LİNAK'ta bükme mıknatısları sistemi tarafından bükülür. Bu mıknatıs sistemi ayrıca odaklama ve yönlendirme bobinleri içerir. Bükme mıknatısı, elektron akışının yönünü değiştirmek için kullanılır. Aynı zamanda, belirli enerjiye sahip elektronların bir çıkış penceresinden geçmelerine izin vererek, seçmeye de hizmet eder. Elektronlar çıktıktan sonra tungsten hedefe çarpar ve Bremsstrahlung etkileşimi ile fotonlar üretir. Çoğunlukla, ileriye doğru yayılan dar foton ışını, daha sonra düzleştirici bir filtreden geçirilir. Tüm bu yol boyunca yer alan sistem parçaları ve / veya bu bölümü etkileyen arızalar, cihazın var olan foton enerjisi ve belirlenen alan boyunca düzgünlüğü ve simetrisi açısından önem teşkil etmektedir (2). Radyoterapi cihazlarının kullanımı kanser tedavilerinde son derece faydalı olmakla birlikte çeşitli kazaların ortaya çıkabilme riski vardır. İyonize radyasyon tedavisinde bu kaza riskini ortadan kaldırmak için kalite kontrol (KK) programlarının oluşturulması ve uluslararası düzenlemelere uyulması

esastır (3). Kalite Kontrol, "Gerçek kalite performansının mevcut standartlarla karşılaştırmaktır. Ölçüm, düzenleyici bir süreç içeren, standartlara uyumu korumak veya yeniden kazanmak için gerekli eylemlerdir" (4). KK, kalite güvencesinin teknik yönü ile ilgilendirir, bir cihaz parametresinin mevcut performansını değerlendirir, parametreyi belirlenen standartlarla karşılaştırır ve istenen hedefe ulaşmak için sapma üzerinde çalışır.

Radyoterapinin karmaşık bir süreç olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Çünkü radyoterapi, kanserli hücrelerin görülemeyen bir şey (radyasyon) ile tedavisidir (5). Kanser tedavisi için doğru doz uygulamasının temel amacı ise, bir hızlandırıcının radyasyon üretiminde az bir sapma sağlayabilmektir (6). LİNAK'ı klinik kullanım için devreye alma süreci, her bir hasta için optimum radyasyon uygulamasını ve tedavi tekniğini seçmek için kullanılan tedavi planlama sistemine (TPS) aktarmak üzere kapsamlı ölçümler içermektedir. Dozimetrik ölçümler için en temel rölatif ölçümler; X-ışınının derinliğe bağlı olarak değişimini gösteren YDD ve belli bir derinlikte ışının düzgünlüğünü ve simetrisini gösteren IP parametrelerinden oluşmaktadır (7). YDD, belli bir derinlikte ölçülen radyasyon dozunun, maksimum doz derinliğinde ölçülen doza bölünmesiyle hesaplanır (8). KK programları, genellikle yayınlanmış kılavuzlardaki kontrol sıklığı, test yöntemleri ve toleransları takip etmektedir (9). Bu kılavuzların ışığında, cihazın belli standartlarda geometrik limitler içinde yer aldığı araştırıldıktan sonra dozimetrik ölçümlere başlanır.

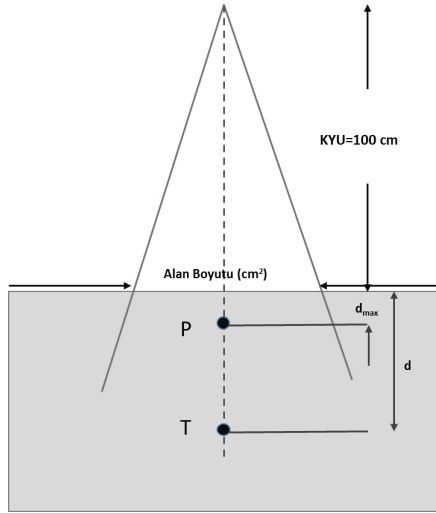
Doğru doz tespiti, iyi bir radyasyon tedavisinin temelidir. TPS modellemesi ile LİNAK özellikleri arasında yüksek düzeyde bir uyuma ulaşılmasını ve sürdürülmesini sağlamak medikal fizikçinin görevidir (10). LİNAK'lar için tüm KK programlarının amacı, cihaz özelliklerinin, kabul ve devreye alma sırasında elde edilen temel değerlerden sapmamasını garanti etmektir (9). Daha da önemlisi, TPS'de ki ışın modellerinin, kullanımı devam eden LİNAK için uygun olduğu doğrulanmalıdır (11). LİNAK'ta hasta alınmaya devam edildiği sürece, YDD ve IP parametrelerinin, tedavi planlama sistemine aktarılan parametrelerle karşılaştırıldığında,  $\pm\% 2$  (TG-40) içinde kalması gerekmektedir (12).

Bu çalışmada amaç, 10 yıllık periyod için, arıza sebebiyle parça değişimi ve/veya yıllık LİNAK KK işlemleri boyunca elde edilen YDD ve IP parametrelerini incelemek ve TPS'e aktarılan ölçüm parametreleri ile arasındaki farkları değerlendirmektir.

## GEREÇ ve YÖNTEMLER

Çalışmaya, 2011 Kasım – 2020 Eylül tarihleri arasında, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Antalya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi bölümünde bulunan Elekta marka, Synergy Platform model Lineer hızlandırıcı da, cihaz kalite kontrol işlemleri sırasında elde edilen YDD ve IP parametreleri dahil edilmiştir. Ölçümler, 6 ve 18 MV foton enerjileri için, IBA marka su fantomu (IBA-Dosimetry, Schwarzenbruck, Germany Blue Phantom) kullanılarak elde edilmiştir. Tüm ölçümlerde, 0.13 cc aktif hacme sahip IBA CC13 model iyon odası (IBA-Dosimetry, Schwarzenbruck,

Germany) kullanılmıştır. Ölçüm kurulumu Şekil 1’de gösterildiği gibi kaynak-yüzey uzaklığı (KYU) 100 cm olacak şekilde ayarlanmıştır. Şekil 1’de T, d derinliğinde absorbe edilen, P ise sabit bir referans derinlikte ( $d_{max}$ ) absorbe edilen dozdur.



Şekil 1. Su fantomu ölçümleri için kurulumun şematik gösterimi

10x10 cm<sup>2</sup> alan boyutunda elde edilen YDD, maksimum doz derinliğinde 100 olacak şekilde normalize edilmiştir. Değerlendirmeye, elde edilen YDD eğrilerinden, 200, 100 ve 50 mm derinlikteki yüzde derin dozlar (sırasıyla; D200, D100 ve D50) ile maksimum doz derinliği (R100), Maksimum dozun %50’ sinin geçtiği derinlik (R50) Maksimum dozun % 80’nin geçtiği derinlik (R80) ve Maksimum dozun % 90’nın geçtiği derinlik (R90) parametreleri dahil edilmiştir. Ayrıca, D200 ve D100 parametrelerinden hesaplanan Doku-Fantom Oranı (DFO<sub>20/10</sub>) hesaplanmış ve kalite indeksi (Ki) olarak çalışmaya dahil edilmiştir.

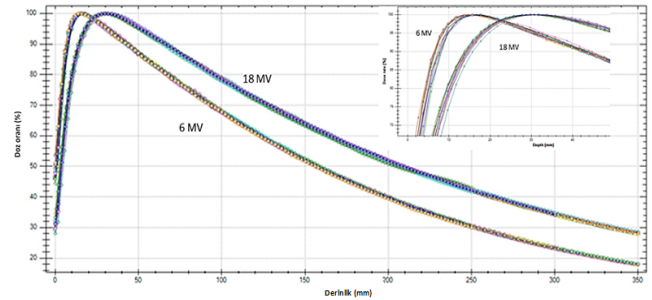
Işın Profil değerlendirilmesinde ise, alınan tüm profiller merkezi ekseninde 100 olacak şekilde normalize edilmiştir. 30x30 cm<sup>2</sup> alan boyutunda, 100 mm derinliklerde gantri-target yönünde boyuna (GT) ve A-B yönünde enine (AB) profiller alınmıştır. Profil eğrilerinden, alan simetri ve düzgünlük parametreleri elde edilmiştir. Simetri hesaplamaları, nokta farkı prensibine göre hesaplanmıştır. Bu hesaba göre; düzleştirilmiş alan boyunca, merkez ekseninden eşit uzaklıktaki grafiğin solundaki ve sağındaki noktalar arasındaki maksimum doz farkı, simetri olarak tanımlanmıştır.

Cihaz kurulumunda, kabul edilen ve TPS’e aktarılan parametre değerleri referans değer kabul edilmiştir. 2012-2020 yılları arasında gerçekleştirilen 18 ölçüm (yılıda iki kez olmak üzere) için ise farklar; R100, R50, R90, R80 için mili metre (mm) olarak bulunurken D50, D100, D200, Ki, yüzde (%) olarak araştırılmıştır. Düzgünlük ve Simetri parametreleri için ise yüzde değerlendirme yapılmıştır.

## BULGULAR

Su fantomunda elde edilen 6 ve 18 MV için yüzde derin doz eğrileri Şekil 2’de görülmektedir. Kasım 2011 tarihinde YDD eğrisinden elde edilen R100, R90, R80 ve R50 değerlerine göre 2012 Şubat -2020 Eylül tarihleri arasındaki değişimler

(mm) elde edilmiştir. R100; 6 MV için 2012 yılı Şubat ve Kasım aylarında sırasıyla 6 MV için 0.0 ve 0.1 mm, 18 MV için -2.0 ve -2.0 mm bulunurken, 2013 yılı Mart ve Aralık aylarında sırasıyla 6MV için 0.0 ve 0.9 mm, 18 MV için 0.0 ve -2.1 mm bulunmuştur. 2014 yılı Şubat ve Aralık aylarında sırasıyla 6 MV için 0.0 ve 1.9 mm, 18 MV için 0.1 ve -1.9 mm bulunurken, 2015 yılı Mart ve Aralık aylarında sırasıyla 6 MV için 1.9 ve 0.0 mm, 18 MV için -1.9 ve -1.0 mm bulunmuştur. 2016 yılı Nisan ve Kasım aylarında sırasıyla 6 MV için -1.1 ve 2.0 mm, 18 MV için -1.9 ve 0.0 mm bulunurken, 2017 yılı Mayıs ve Eylül aylarında sırasıyla 6 MV için 1.9 ve -0.1 mm, 18 MV için -1.8 ve 2.0 mm bulunmuştur. 2018 yılı Şubat ve Kasım aylarında sırasıyla 6 MV için 0.1 ve 0.0 mm, 18 MV için -2.0 ve -1.0 mm bulunurken, 2019 yılı Şubat ve Eylül aylarında sırasıyla 6 MV için 0.0 ve 0.0 mm, 18 MV için -1.9 ve -1.9 mm bulunmuştur. 2020 yılı Şubat ve Eylül aylarında sırasıyla -0.1 ve -1.9 mm, 18 MV için -1.9 ve 0.1 mm bulunmuştur. R90 değeri; 2012 yılı Şubat ve Kasım aylarında sırasıyla 6 MV için -0.1 ve -0.7 mm, 18 MV için 0.3 ve 0.5 mm bulunurken, 2013 yılı Mart ve Aralık aylarında sırasıyla -0.9 ve 0.4 mm, 18 MV için 1.7 ve 1.1 mm bulunmuştur. 2014 yılı Şubat ve Aralık aylarında sırasıyla 6 MV için -0.2 ve 2.0 mm, 18 MV için 2.0 ve 0.9 mm bulunurken 2015 yılı Mart ve Aralık aylarında sırasıyla 6 MV için 0.0 ve 1.6 mm, 18 MV için -2.0 ve -1.2 mm bulunmuştur.



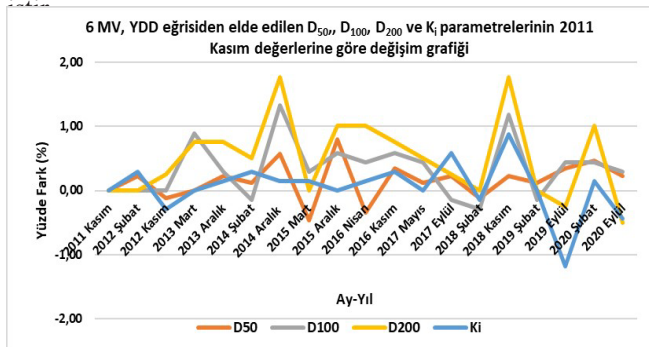
Şekil 2: 6 ve 18 MV foton enerjileri için YDD eğrileri

2016 yılı Nisan ve Kasım aylarında sırasıyla 6 MV için -0.5 ve 0.6 mm, 18 MV için -0.1 ve 0.7mm bulunurken, 2017 yılı Mayıs ve Eylül aylarında sırasıyla 6 MV için 0.4 ve -0.5 mm, 18 MV için 1.4 ve 1.5 mm bulunmuştur. 2018 yılı Şubat ve Kasım aylarında sırasıyla 6 MV için -0.5 ve -0.1 mm, 18 MV için 0.0 ve 1.2 mm, 2019 yılı Şubat ve Eylül aylarında sırasıyla 6 MV için -0.2 ve 0.7 mm, 18 MV için 0.0 ve 1.5 mm bulunmuştur. 2020 yılı Şubat ve Eylül aylarında sırasıyla 6 MV için 1.0 ve 0.3 mm, 18 MV için 2.2 ve 1.0 mm bulunmuştur. R80; 6 MV’ de 2012 yılı Şubat ve Kasım ayları için sırasıyla 0.2 ve -0.4 mm, 18 MV’de sırasıyla 0.3 ve 1.9 mm bulunurken, 2013 yılı Mart ve Aralık ayları için 6 MV’ de sırasıyla 0.5 ve 0.9 mm, 18 MV’ de sırasıyla 1.8 ve 2.0 mm bulunmuştur. 2014 yılı Şubat ve Aralık ayları için 6 MV’ de sırasıyla 0.1 ve 2.0 mm bulunurken 18 MV’ de sırasıyla 2.0 ve 1.2 mm bulunurken, 2015 yılı Mart ve Aralık ayları için 6 MV’ de sırasıyla -0.3 ve 1.8 mm, 18 MV’ de sırasıyla 0.3 ve 1.4 mm bulunmuştur. 2016 yılı Nisan ve Kasım ayları için 6 MV’ de sırasıyla -0.1 ve 1.1 mm, 18 MV’ de sırasıyla 0.2 ve 1.9 mm bulunurken, 2017 yılı Mayıs ve Eylül ayları için 6



MV' de sırasıyla 0.2 ve 0.1 mm, 18 MV' de sırasıyla 2.0 ve 1.4 mm bulunmuştur. 2018 yılı Şubat ve Kasım ayları için 6 MV' de sırasıyla -0.2 ve 1.9 mm, 18 MV' de sırasıyla 0.8 ve 1.4 mm bulunurken, 2019 yılı Şubat ve Eylül ayları için 6 MV' de sırasıyla -0.2 ve 0.5 mm, 18 MV' de sırasıyla 0.3 ve 1.3 mm bulunmuştur. 2020 yılı Şubat ve Eylül ayları için 6 MV' de sırasıyla 1.0 ve 0.1 mm, 18 MV' de sırasıyla 1.6 ve 1.8 mm bulunmuştur. R50; 6 MV için 2012 yılı Şubat ve Kasım ayları için sırasıyla 0.1 ve 0.1 mm, 18 MV için sırasıyla 0.2 ve 2.0 mm bulunurken, 2013 yılı Mart ve Aralık aylarında 6 MV' de sırasıyla 2.1 ve 0.6 mm, 18 MV için sırasıyla 2.1 ve 1.2 mm bulundu. 2014 yılı Şubat ve Aralık aylarında 6 MV için sırasıyla -0.4 ve 1.6 mm, 18 MV için sırasıyla 2.0 ve 1.1 mm bulunurken, 2015 yılı Mart ve Aralık ayları için sırasıyla 1.1 ve 1.9 mm, 18 MV için sırasıyla -0.2 ve 0.0 mm bulundu. 2016 yılı Nisan ve Kasım aylarında 6 MV için sırasıyla 1.1 ve 1.3 mm, 18 MV için sırasıyla -1.8 ve -2 mm bulunurken, 2017 yılı Mayıs ve Eylül aylarında 6 MV için sırasıyla 1.6 ve -0.3 mm, 18 MV için sırasıyla 1.7 ve 1.1 mm bulundu. 2018 yılı Şubat ve Kasım aylarında 6 MV için sırasıyla -0.2 ve 1.7 mm, 18 MV için sırasıyla 1.1 ve 1.9 mm bulunurken, 2019 yılı Şubat ve Eylül aylarında 6 MV için sırasıyla -0.5 ve -0.3 mm, 18 MV için sırasıyla -1.4 ve -1.8 mm bulundu. 2020 yılı Şubat ve Eylül aylarında 6 MV için sırasıyla -0.2 ve -0.6 mm, 18 MV için sırasıyla 2.0 ve 1.9 mm bulundu. Ortalama farklar ve standart sapmaları ise R100, R90, R80 ve R50 için sırasıyla 6 MV'de  $0.63\pm 0.85$ ,  $0.56\pm 0.52$ ,  $0.61\pm 0.66$  ve  $0.83\pm 0.69$  mm olarak elde edilirken, 18 MV'de  $1.34\pm 0.85$ ;  $1.02\pm 0.72$ ;  $1.24\pm 0.70$  ve  $0.53\pm 0.42$  mm olarak elde edilmiştir.

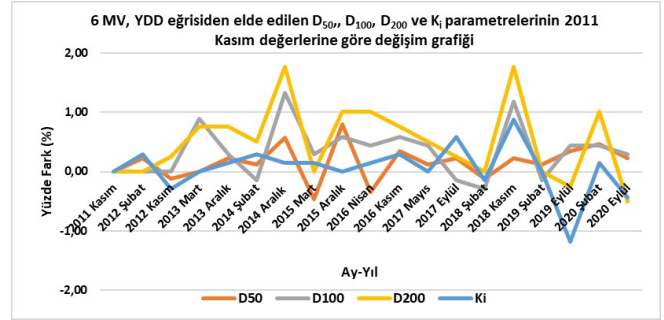
6 MV için, 2011 Kasım ile 2020 Kasım tarihleri arasında elde edilen YDD ölçümlerine ait D50, D100, D200 ve Ki parametrelerinin değişim grafiği Şekil 3'de görülmektedir. Bulgulara göre en yüksek fark, D50 için 2015 Aralık ayında %0.8, D100 için 2014 Aralık ayında %1.3, D200 için 2014 Aralık ve 2018 Kasım aylarında %1.8 ve Ki için 2019 Eylül ayında %1.2 olarak bulunmuştur. Ortalama farklar ve standart sapmaları ise D50, D100, D200 ve Ki için sırasıyla  $0.27\pm 0.20$ ,  $0.42\pm 0.37$ ,  $0.59\pm 0.55$  ve  $0.27\pm 0.32$  olarak elde edilmiştir.



Şekil 3: 6 MV, YDD eğrisinden elde edilen D50, D100, D200 ve Ki parametrelerinin 2011 Kasım tarihli değerlerine göre değişim grafiği

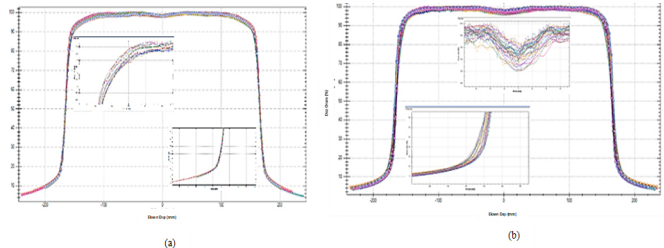
18 MV için, 2011 Kasım ile 2020 Eylül tarihleri arasında elde edilen YDD ölçümlerine ait D50, D100, D200 ve Ki parametrelerinin değişim grafiği Şekil 4'de görülmektedir. Bulgulara göre en yüksek fark, D50 için 2020 Şubat ayında %1.2, D100 için 2014 Şubat/2018 Kasım aylarında %1.5, D200 için 2016 Kasım ayında %1.8 ve Ki için 2019 Eylül ayında %1.8 olarak bulunmuştur. Ortalama farklar ve standart sapmaları ise D50, D100, D200 ve Ki için sırasıyla  $0.53\pm 0.42$ ;  $0.76\pm 0.48$ ;  $0.67\pm 0.49$  ve  $0.31\pm 0.42$  olarak bulunmuştur.

Şekil 4: 18 MV, YDD eğrisinden elde edilen D50, D100, D200 ve Ki parametrelerinin 2011 Kasım tarihli değerlerine göre değişim grafiği. Grafik, 2011 Kasım ile 2020 Eylül arasındaki aylık değişimleri göstermektedir. D50 (turuncu), D100 (gri), D200 (sarı) ve Ki (mavi) parametreleri için yüzde farklar görülmektedir.



Şekil 4: 18 MV, YDD eğrisinden elde edilen D50, D100, D200 ve Ki parametrelerinin 2011 Kasım tarihli değerlerine göre değişim grafiği

6 (Şekil 5a) ve 18 MV (Şekil 5b) için, 2011 Kasım - 2020 Eylül yılları arasındaki GT ve AB düzlemlerdeki IP eğrileri Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 5: 6 MV 2011 Kasım-2020 Eylül arası profil eğrileri (a), 18 MV 2011 Kasım - 2020 Eylül arası profil eğrileri (b)

IP'den elde edilen düzgünlük ve simetri yüzde değerleri GT ve AB düzlemleri için Tablo I'de yer almaktadır.

Tablo I. Işın Profil Eğrilerinden elde edilen Düzgünlük ve Simetri % değerleri

Yıl-Ay	6 MV				18 MV			
	Düzgünlük %		Simetri %		Düzgünlük %		Simetri %	
	AB	GT	AB	GT	AB	GT	AB	GT
2011 Kasım	103,3	103,2	100,6	100,6	103,3	103,3	100,4	100,8
2012 Şubat	103,4	103,1	100,6	101,8	103,5	103,1	101,5	100,9
2012 Kasım	103,8	104,0	100,6	101,2	103,3	102,9	100,6	100,7
2013 Mart	104,2	103,8	101,2	101,3	103,4	103,0	100,6	100,9
2013 Aralık	104,1	102,8	100,8	100,0	103,5	104,4	101,3	101,0
2014 Şubat	105,0	103,9	100,8	101,8	103,7	103,0	100,8	101,4
2014 Aralık	105,3	104,0	101,8	100,6	104,0	102,9	100,4	100,7
2015 Mart	103,7	104,3	100,8	101,1	104,7	102,9	101,8	101,1
2015 Aralık	103,9	104,2	101,3	101,3	103,4	102,5	100,5	100,7
2016 Nisan	104,2	104,8	101,5	100,9	104,6	103,5	101,5	101,3
2016 Kasım	104,5	103,7	102,3	100,5	103,5	103,7	100,8	101,1
2017 Mayıs	104,1	104,6	100,4	101,6	104,2	103,7	101,4	102,0
2017 Eylül	104,3	104,3	101,0	102,1	103,5	102,7	101,0	100,9
2018 Şubat	103,4	103,2	100,8	100,7	104,0	103,7	100,7	101,2
2018 Kasım	104,4	104,9	101,0	101,5	103,8	103,1	100,9	100,7
2019 Şubat	103,5	104,7	101,2	100,5	103,6	103,3	101,4	101,2
2019 Eylül	104,3	104,5	101,1	101,7	104,2	103,3	101,6	101,4
2020 Şubat	103,7	103,4	101,5	101,0	103,7	102,6	101,5	101,0
2020 Eylül	103,8	104,6	101,8	101,9	104,6	103,4	101,7	100,7

Bulgulara göre, düzgünlük kabul değerleri ile en büyük farklar, 6 MV için AB yönde 2014 Aralık ayında %2.0 iken, GT yönde 2018 Kasım ayında %1.7 olarak bulunmuştur. Ortalama fark ve standart sapmaları ise AB ve GT için sırasıyla  $0.75 \pm 0.53$  ve  $0.85 \pm 0.55$  olarak elde edilmiştir. Simetri kabul değerleri ile en büyük farklar ise, AB yönde 2016 Kasım ayında % 1.7 iken, GT yönde 2020 Eylül ayında %1.2 olarak bulunmuştur. Ortalama fark ve standart sapmaları ise AB ve GT için sırasıyla  $0.53 \pm 0.47$  ve  $0.65 \pm 0.48$  olarak bulunmuştur.

18 MV için AB yönde 2016 Nisan - 2020 Eylül aylarında %1.4 iken, GT yönde 2013 Aralık ayında %1.1 olarak bulunmuştur. Ortalama fark ve standart sapmaları ise AB ve GT için sırasıyla  $0.52 \pm 0.36$  ve  $0.36 \pm 0.29$  olarak bulunmuştur. Simetri kabul değerleri ile en büyük farklar ise, AB yönde 2015 Mart ayında %1.2 iken, GT yönde 2017 Mayıs ayında %1.4 olarak bulunmuştur. Ortalama fark ve standart sapmaları ise AB ve GT için sırasıyla  $0.67 \pm 0.47$  ve  $0.29 \pm 0.29$  olarak bulunmuştur.

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Radyasyon ile kanser tedavisi, TPS’de, hastaların bilgisayarlı tomografi görüntüleri üzerinde yapılan tedavi planlarına göre uygulanmaktadır. Hasta tedavi planlamaları yapılırken, sisteme yüklenen ölçümlerine ait dozimetrik parametreler kullanılmaktadır. Bu parametreler, merkezi eksen boyunca değişen doz yüzdesi (YDD), Doku-fantom oranı (DFO), Doku-maksimum oranı (DMO), ışın profillerinin hem referans hem de referans olmayan koşullar için alan boyutuna bağlı verim faktörleridir (13).

Çalışmada, TPS’e aktarılacak ölçüm parametreleri İngiliz Radyoloji Dergisi 25 (14) ve Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC 60976) protokolü (15) izlenerek değerlendirilmiştir. Lineer hızlandırıcıların, uzun bir periyod için enerji kararlılığı hakkında yeterli sayıda yayın olmadığı için bulgularımızla önceki araştırmalar arasında doğrudan bir karşılaştırma yapılamamıştır. Bununla birlikte, Peng ve ark. başka bir tür Elekta lineer hızlandırıcıda, enerjinin  $\pm 2\%$  aralığında kaldığını gösteren bir çalışma yayımlamıştır (16). YDD ölçümlerinde, ışın kalitesi parametreleri değerlendirmesinde, özellikle D100, DFO20/10 ve R80 parametrelerinin yanı sıra R50 parametresinin de değerlendirilmesi önerilmektedir (13). Bizim çalışmamızda 10 yıllık periyod boyunca, TPS’ e yüklenen değerler ile karşılaştırıldığında tüm veriler (birkaç adet  $0.1 \text{ mm} / \% 0.1$  fark dışında)  $2 \text{ mm} / \% 2$  limitleri içinde bulunmuştur. Ancak yıllar arasındaki farklar, bazı değerlerde  $2 \text{ mm} / \% 2$  dışındadır. Bu, uluslararası protokollerde bir değerlendirme ve hata kriteri olmamakla beraber, aradaki farkın büyüklüğü oldukça dikkat çekicidir. En büyük fark 6 MV için R100 değerinde, 2016 Kasım 2 mm iken 2020 Eylül ayında -1.9 mm olduğu için 3.9 mm fark bulunmaktadır. 18 MV için ise en büyük fark R90 değerinde 2015 Mart – 2.0 mm iken 2020 Şubat ayında 2.2 mm olduğu için 4.4 mm fark olduğu görülmektedir.

Arıza sonrası ilk ölçümlerde, tüm parametrelerin limit dışına çıktığı ve/veya limite çok yaklaştığı görülmüştür. Özellikle, bükülme mıknatısları ve bunları etkileyen mekanik parçaların değişiminde, enerji ve profil düzgünlüğünün etkilendiğine dair çalışmalar mevcuttur (2). Bu mekanik değişimlerin ardından gerekli ayarların yapılmaması ve ölçümlerin tekrarlanmaması durumunda %10’dan daha yüksek farklılıkların doğabileceği bildirilmiştir (2). Rutin parça değişimi sonrası alınan ölçümlerde klinik tecrübemizde yaklaşık %5 civarında farklılıklar görebilmekle beraber, cihazda yapılan ayarlamalar sonucu bulgularımızda var olan değerler elde edilmiştir. Bulgularda, hasta sayısının artışı veya cihazın yıl olarak yaş almasına paralel bir değişim görülmemiştir. Aynı zamanda, YDD parametrelerinin herhangi birinde görülen maksimum farkın diğer parametrelerin paralel olarak değişimine dair bir bulguya rastlanmamıştır. Alan düzgünlüğünün değişim oranı ile simetri değişim oranında da bir paralellik görülmemekle beraber, AB ile GT arasındaki farklar içinde paralel bir değişim olmadığı bulunmuştur.

DFO20/10 ve 10 cm derinlikteki ölçümler kQ belirlenmesinde önemlidir (13). KQ değerinin absorbe doz ölçümlerinde önemli bir parametre olması sebebiyle çalışma da sınırlar içinde (%2) değişmiş olması absorbe doz ölçümlerinde kullanılan parametreler içinde herhangi bir değişikliğe gidilmesine gerek olmadığını göstermiştir.

Lineer Hızlandırıcı cihazlarının, özellikle enerji ve profil parametrelerinin değişme olasılığı içeren durumlarda, su fantomu ölçümlerinin yapılması ve tedavi planlama sistemine aktarılan değerlere göre tekrar değerlendirilmesi gerekmektedir.

## Etik Kurul:

Çalışma, insan ve hayvan üzerinde yapılan bir çalışma olmadığı, cihaz kalite kontrolünün retrospektif bir değerlendirmesi olduğu için etik kurul başvurusu yapılmamıştır.

## Yazar Katkıları:

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

## Çıkar Çatışması:

Yazarların beyan edecek çıkar çatışması yoktur.

## Finansal Destek:

Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

1. Biltekin F, Yazıcı G, Cengiz M, Doğan A, Ünlü B, Yeğiner M, Özyiğit G. Dosimetric and Mechanical Stability of CyberKnife Robotic Radiosurgery Unit: 5 Years' Clinical Experience. *Turk J Oncol* 2016;31(2):45-50.
2. Hossaina M, Rhoades J. On beam quality and flatness of radiotherapy megavoltage photon beams. *Australas Phys Eng Sci Med*. 2016;39(1): 135-45.
3. Şahiner T, Kurt M, Eker S, Gül SS. Lineer hızlandırıcı radyoterapi cihazının yapısında bulunan monitör iyon odasının kalite kontrol testlerinin uygunluğunun belirlenmesi. *FNG & Bilim Tıp Dergisi* 2015;1(3):115-23.
4. Thwaites DI, Centre EC, Hospital WG, Kingdom U, Mijneer BJ, Mills JA. Quality Assurance of External Beam Radiotherapy. Chapter 12 Quality Assurance. 2003; 407-50.
5. Mackie TR. Linac Based Radiosurgery and Stereotactic Radiotherapy. Depts. Of Medical Physics, Human Oncology, and Engineering Physics University of Wisconsin seminar 2015;35-8.
6. Uddin T. Quality control of modern linear accelerator dose stability long and short-term. *Conf.Proc.C 1205201.2012*; 2660-2.
7. Islam MM, Khan KA, Bhuiyan MMH. Measurement of Percentage Depth Dose of a Linear Accelerator for 6 MV and 10 MV Photon Energies. *Nuclear Science and Applications*. 2015; 24: 1&2
8. Packard C. Calculation of percentage depth dose. *Radiology Society of North America. 82nd scientific assembly and annual meeting, Chicago, Illinois*. 2009; 130(5): 44-8.
9. Klein E, Hanley J, Bayouth J, Yin F, Simon W, Dresser S, Serago C, Aguirre F, Ma L, Arjomandy B, Liu C, Sandin C, Holmes T. Task group 142 report: quality assurance of medical accelerators. *Med Phys*. 2009; 36:4197-12.
10. Kerns JR, Followill D, Lowenstein J, Molineu A, Alvarez P, Taylor PA, Kry SF. Reference dosimetry data and modeling challenges for Elekta accelerators based on IROC-Houston Site Visit Data. *Med Phys*. 2018; 45(5): 2337-44.s
11. Smith K, Balter P, Duhon J, White GA, Vassy DL, Miller RA, Serago CF, Fairbent LA. AAPM Medical Physics Practice Guideline 8.a.: Linear accelerator performance tests. *J Appl Clin Med Phys*. 2017; 18(4):23-39.
12. Kutcher GJ, Coia L, Gillin M, Hanson S, Leibel S, Morton RJ, Palta J, Purdy J, Reinstein LE, Svensson GK, Weller M, Wingfield L. Comprehensive QA for radiation oncology: Report of AAPM radiation therapy committee task group 40. *Med Phys*. 1994; 21(4):381-18.
13. International Atomic Energy Agency Absorbed dose determination in external beam radiotherapy: an international code of practice for dosimetry based on standards of absorbed dose to water. Technical Reports Series No: 398, Vienna, Austria. 2000.
14. Day MJ and Aird EG. Central Axis Depth Dose Data for Use in Radiotherapy. *BJR, Sup 25*, 1996; 90s.
15. IEC (International Electrotechnical Commission), "Medical electrical equipment-Medical electron accelerators-Functional performance characteristics," Standard IEC-60976, IEC, Geneva. 2007.
16. Peng JL, Kahler D, Li JG, Amdur RJ, Vanek KN, Liu C. Feasibility study of performing IGRT system daily QA using a commercial QA device. *J Appl Clin Med Phys*. 2011;12 (3): 3535.