

FARKLI TİP VE ÖZELLİKTEKİ İYON ODALARIYLA ÖLÇÜLEN YÜZDE DERİN DOZ VE DOZ MAKSİMUM PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ
Investigation of Percentage Depth Dose and Dose Maximum Parameters that Measured by Ionization Chambers with Different Type and Features

Ahmet ŞAHİN¹, Okan ORHAN², Kadir YARAY³

Özet : Radyoterapi de, yüksek enerjili foton ışınları, doz profillerinden elde edilen penumbra, flatnes, simetri, yüzde derin doz ve maksimum doz derinliği (d_{maks}) gibi dozimetri parametreleri göz önüne alınarak kullanılmaktadır. Kalite kontroller ve kalibrasyonlar sırasında bu parametrelerdeki hata oranının düşük tutulması tedavi edilecek doku hacmine istenilen dozun verilmesi açısından önemlidir.

Bu çalışma, radyoterapi dozimetrik kalite kontrollerinde kullanılan iyon odalarının doz ölçümlerini karşılaştırarak daha hassas sonuçlar veren iyon odalarını belirlemek amacıyla deneysel olarak yapıldı. Çalışma da, Siemens Primus Lineer Hızlandırıcı cihazının 6 MV ve 18 MV foton enerjileri için, su fantomu dozimetre sisteminde, farklı tipte iyon odalarıyla elde edilen doz profillerinden yararlanarak, yüzde derin doz ve maksimum doz derinliklerinin ölçümü yapıldı.

Cihazın maksimum doz derinliği (d_{maks}) değerlerinin üç tip iyon odasının ölçümü sonucunda, maksimum fark, 18 MV enerji değerinde markus tipi iyon odasıyla ölçüm sonucu % 3 daha az bulundu. 6 MV ve 18 MV'de cihazın % DD değerleriyle BJR Supplement 25 raporu arasında % 1 fark görüldü. İlave olarak yüzde derin doz ve doz maksimum değerleri, The American Association of Physicist in Medicine (AAPM) protokolüne göre tolerans sınırları içinde bulundu.

Anahtar kelimeler: İyon odası, yüzde derin doz, maksimum doz derinliği, su fantomu dozimetre sistemi

¹ Bilim Uz, Erc. Ün.Sağ.Bil. Ens.Sağlık Fiziği AD, Kayseri

¹ Yrd.Doç.Dr.Erc. Ün.Tıp Fak.Radyasyon Onk.AD, Kayseri

² Öğr.Gör.Dr.Erc. Ün.Halil Bayraktar SHMYO, Kayseri

Geliş Tarihi : 01.11.2011 Kabul Tarihi : 10.08.2012

Summary:In radiotherapy, photon beams of high energy are used in considering the penumbra obtained by means of profiles, flatness, symmetry, depth of maximum dose (d_{maks}) and dosimetry parameter such as percentage depth dose. During quality assurance and calibration, to low the rate of default in these parameters is important in terms of giving the required dose the volume of tissue to be treated.

This study was performed experimentally to determine the ionization chambers with more accurate results by comparing dose measurements of ionization chambers used in radiotherapy dosimetry quality assurance.

In this study, for 6 MV and 18 MV photon energies of lineer accelerator devices with dose profiles obtained with by ionization chambers of different types the percentage depth dose and depth of maximum dose values have been measured.

In 6 MV and 18 MV, maximum difference between 'The BJR Supplement 25 Report' with % DD values of the device has been seen % 1. For (d_{maks}) values of the devices, as a result of three type ionization chamber measurements, maximum difference obtained, by % 3 less tolerance by using the markus type ionization chamber in 18 MV energy values.

In addition, the dosimetric values of the percentage depth dose and depth of maximum dose found in the tolerance zone according to American Association of Physicist in Medicine (AAPM).

Keywords: Ionization chambers, percentage depth dose, depth of maximum dose, water phantom dosimeter systems.

Radyoterapideki en temel amaç, belirlenmiş tümöral yapıya hedeflenen radyasyon dozunu, rutin şekilde kalite güvenilirlik ölçümleri yapılarak hassasiyetle uygulamak, tümör etrafındaki sağlıklı doku ve organlara minimal dozu vermektir. Lineer hızlandırıcılarda üretilen x ışınlarının tedavi derinliğinde radyasyon alanı düzgünlüğünü ifade eden penumbra, flatnes (demet düzgünlüğü), simetri, yüzde derin doz ve maksimum doz derinliği değerleri doğru tedavilerin uygulanmasında önemli rol oynar (1). Cihaz kalite kontrollerinde ölçülen bu parametrelerin standart protokollere uygun olması gereklidir (1,2).

Cihaz kalite kontrollerinin ölçümlerinde kullanılan iyon odalarının hacimlerinin farklı olması nedeniyle yüksek doz farklılığı olan bölgelerde bir belirsizlik mevcuttur. Bu çalışmada, kliniğimizde bulunan farklı tip ve hacimdeki iyon odalarının belirsizliği azaltmadaki rolü değerlendirilecektir.

Konvansiyonel lineer hızlandırıcılarda ve çok yapraklı kolimatörlü (ÇYK) lineer hızlandırıcılarda elde edilen yüksek enerjili foton demetleri; yüzde derin dozları, izodoz eğrileri, maksimum doz derinliği gibi dozimetrik parametreleri göz önüne alınarak kullanılmalıdır. Tedavi planlaması sırasında bu parametrelerdeki hata oranının düşük tutulması tedavi edilecek doku hacmine istenilen dozun verilmesi açısından önemlidir (3, 4).

X ışını foton demetleri hastaya veya fantoma girdiğinde, soğurulan doz derinlik ile değişir. Bu değişimin enerji, derinlik, alan büyüklüğü, kaynaktan olan uzaklık, demet kolimasyon sistemi gibi birçok nedeni vardır. Bu durumda hasta içerisindeki dozu hesaplamak için, derin doz parametrelerini etkileyecek yukarıda bahsedilen şartların bilinmesi gerekir.

Doz hesaplamasında en önemli basamak, radyasyon demeti merkezi eksenini boyunca derin doz değişimini belirlemektir. Derin doz değişiminin iyi anlaşılması için, % DD (Yüzde Derin Doz) (Percentage Depth Dose), D^{maks} , TAR (Doku Hava Oranı)(Tissue-Air-Ratio), TPR (Doku Fantom Oranı)(Tissue-Phantom-Ratio), TMR (Doku

Maksimum Oranı)(Tissue-Maximum-Ratio), SAR (Saçılma Hava Oranı)(Scatter-Air-Ratio), SMR (Saçılma Maksimum Oranı)(Scatter-Maximum-Ratio) kavramlarının bilinmesi gerekir. Bu nicelikler genellikle küçük hacimli iyon odası kullanılarak su fantomunda veya su eşdeğeri katı fantomlarda ölçülür. TLD, diyot ve film dozimetrisi de ölçüm yöntemi olarak kullanılmaktadır (1).

Yüzeiden maksimum doz noktasına kadar olan bölgeye maksimum doz derinliği (d_{maks}) denir. Düşük enerjili radyasyonlarda maksimum doz hemen yüzeyde oluşurken daha yüksek enerjilerde, fotonlar maddeye girdiklerinde yüzeyden daha sonraki tabakalardan elektron koparırlar ve orijinlerinden uzakta depolarlar; bundan dolayı elektronların akışı ve maksimum doz derinliği artar. Düşük enerjili fotonlarda yan saçılmalar fazlayken, enerjinin artışıyla beraber ileri doğru saçılmalar artmakta, böylece enerjinin artışıyla birlikte fotonların doku içindeki giricilik kabiliyetlerinde de farklılıklar olabilmektedir. Buna bağlı olarak fotonun doku içindeki giricilik kabiliyeti artmaktadır. Böylece fotonların maksimum doz derinliği enerjinin artışıyla daha derinlerde oluşmakta ve % DD değerleri de artmaktadır (5).

Maksimum doz derinliği; alan büyüklüğüne, kaynak cilt mesafesine (KCM) ve birincil radyasyonun enerjisine bağlıdır. Radyoterapide sık kullanılan enerjilerde maksimum doz derinliği Co-60 gama ışınlarında beş mm, 4 MV x-ışınlarında 10 mm, 6 MV x-ışınlarında 15 mm, 10 MV x-ışınlarında 25 mm, 15-18 MV x-ışınlarında yaklaşık 35 mm'dir (6).

Çalışmamızda, kliniğimizin rutin kontrollerinde ölçülen yüzde derin doz ve maksimum doz derinliği dozimetrik parametrelerinin 0.125 cc, 0.6 cc farmer ve markus tipi iyon odalarıyla ölçüm sonuçlarını karşılaştırarak varsa bu iyon odalarının farklılığını ortaya koymak ve hangi tip iyon odası kullanılmasının daha uygun olacağı hedeflenmiştir. Ayrıca bu çalışma kalite kontrol ölçümlerinde kullanılan iyon odası seçiminde yol gösterici olacaktır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmalar sırasında “Siemens Primus lineer hızlandırıcı cihazı, Multidata su fantomu dozimetre sistemi, elektrometre, markus tipi paralel plak, 0.6 cc farmer tipi silindirik ve 0.125 cc’ lik silindirik iyon odaları ” kullanıldı. Lineer hızlandırıcıda ışınlandırılacak olan su fantomu dozimetre sistemi, elektrometre ve su fantomunu kontrol etmek amacı ile entegre bir bilgisayar sisteminden oluşmaktadır. Bilgisayarda, su fantomunda ölçümü alınan verilerin depolanması ve değerlendirilmesi için özel Multidata software yazılımı kullanılmaktadır.

Öte yandan alan kenarlarındaki saçılmalar cihazın kolimatör yapısından oldukça etkilenmektedir. Bundan dolayı yüksek enerjili foton ışınlarının merkezi eksen yüzde derin dozları (% DD) ve izodoz dağılımı gibi dozimetri parametrelerinde,

üretici firmalar tarafından standart olarak üretilerek tedavi merkezlerine gönderilen değerlere göre farklılıklar oluşabilmektedir. Çalışmamızda, Siemens Primus lineer hızlandırıcı cihazından elde edilen iki farklı düzeydeki yüksek enerjili foton ışınının % DD ve d_{maks} değerlerinin, cihazın üretici firması tarafından beyan edilen orijinal değerlerinin iyon odaları arasındaki uyumlarının kontrol edilmesi de amaçlanmıştır.

Ölçüm yapılacak her enerji ve iyon odası için (0.6 cc, 0.125 cc, markus) multidata su fantomu dozimetre sisteminde 10x10 cm alanda SSD=100 cm’ de alanın merkezi ekseninde, 0 cm’den 25 cm derinliğe kadar 1 mm aralıklarla yüzde derin doz ve maksimum doz derinliği (d_{maks}) ölçümleri alındı. Ölçümler 6 MV ve 18 MV enerjilerde gerçekleştirildi. Yüzde derin doz ölçümleri alındıktan sonra, d_{maks} noktası % 100’e normalize edildi.

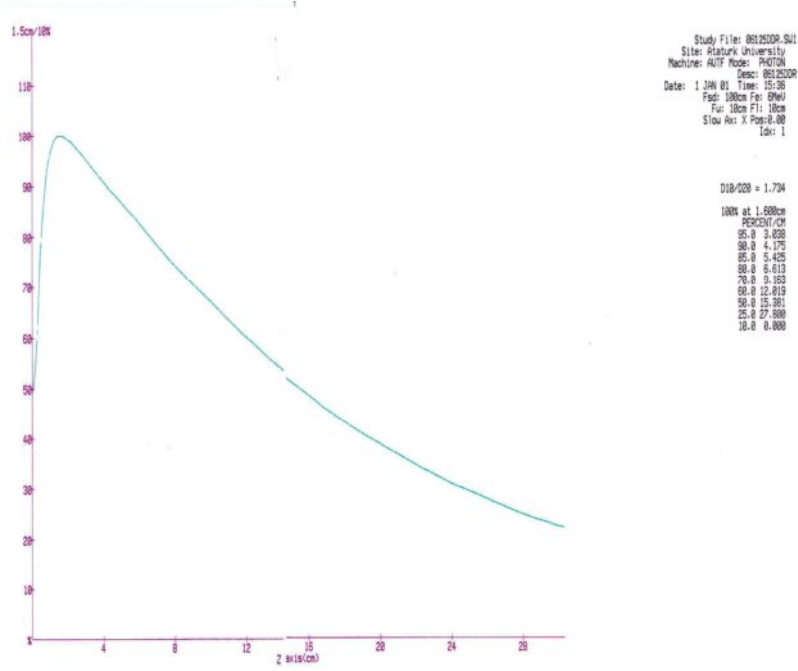


Resim 1. Multidata Su Fantomu Dozimetre Sistemi.

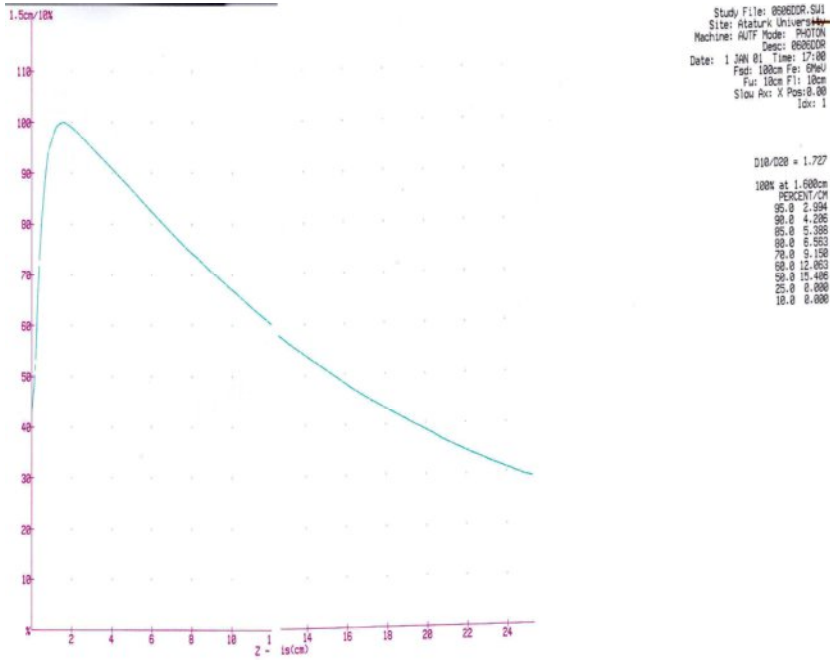
BULGULAR

Çalışmamızda Siemens Primus lineer hızlandırıcı cihazına ait 6 ve 18 MV enerjilerinin 0.125 cc, 0.6 cc ve markus tipi iyon odalarında ölçülen yüzde derin doz (% DD) eğrilerinde, $d=5$ cm ve $d=10$ cm derinlikler için yüzde olarak doz değişimini gösteren

derinlikler ve bu enerjilere ait derin doz karakteristikleri Şekil 1-6’daki grafiklerde gösterildi. Her bir iyon odası ile yapılan ölçüm sonucu 6 ve 18 MV enerjilerinin d_{maks} değerlerinin karşılaştırması Tablo I’ de verilmiştir.

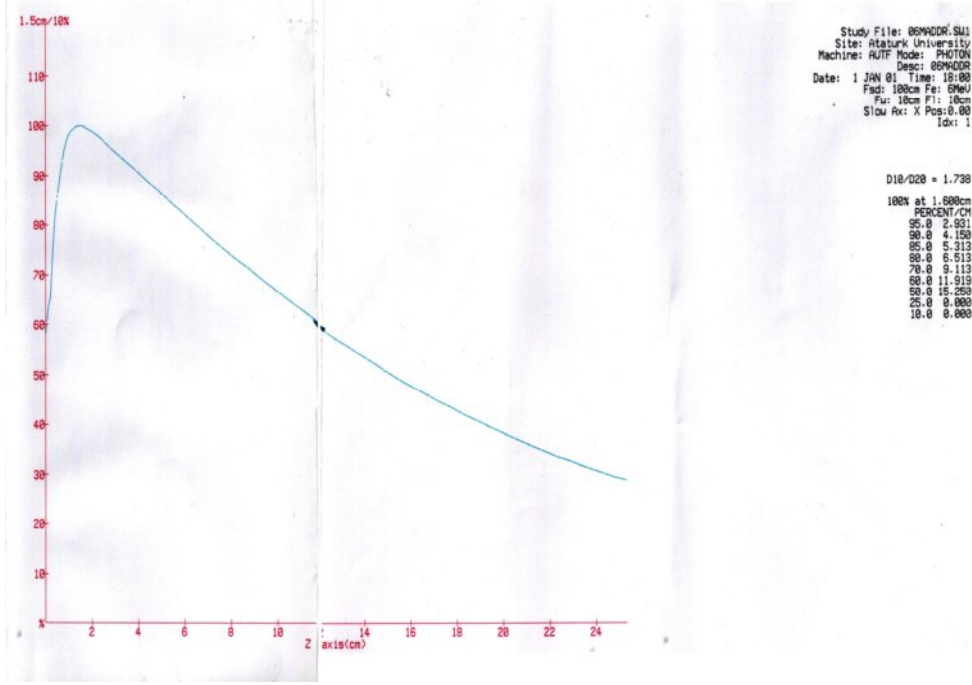


Şekil 1. 6 MV, SSD=100, 10x10 cm alan, 0.125 cc iyon odası kullanılarak elde edilen %DD grafiği ve doz parametreleri

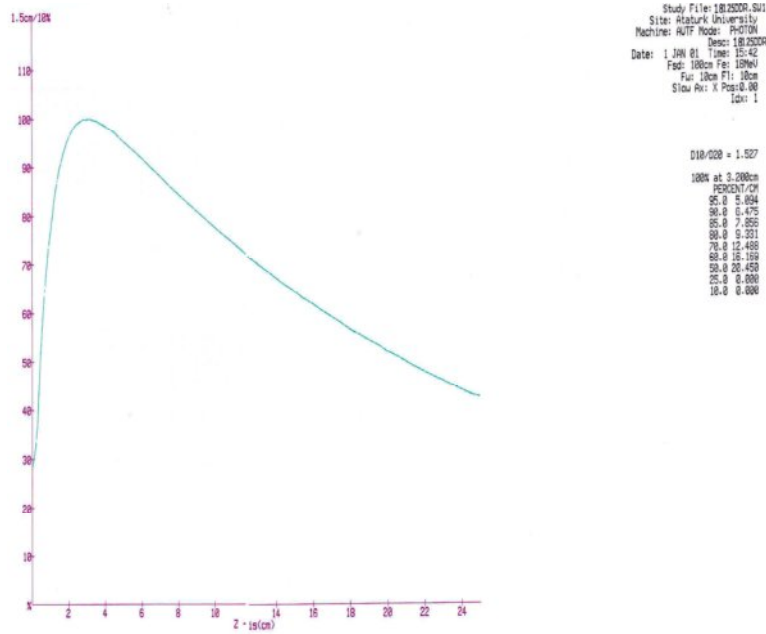


Şekil 2. 6 MV, SSD=100, 10x10 cm alan, 0.6 cc iyon odası kullanılarak elde edilen % DD grafiği ve doz parametreleri.

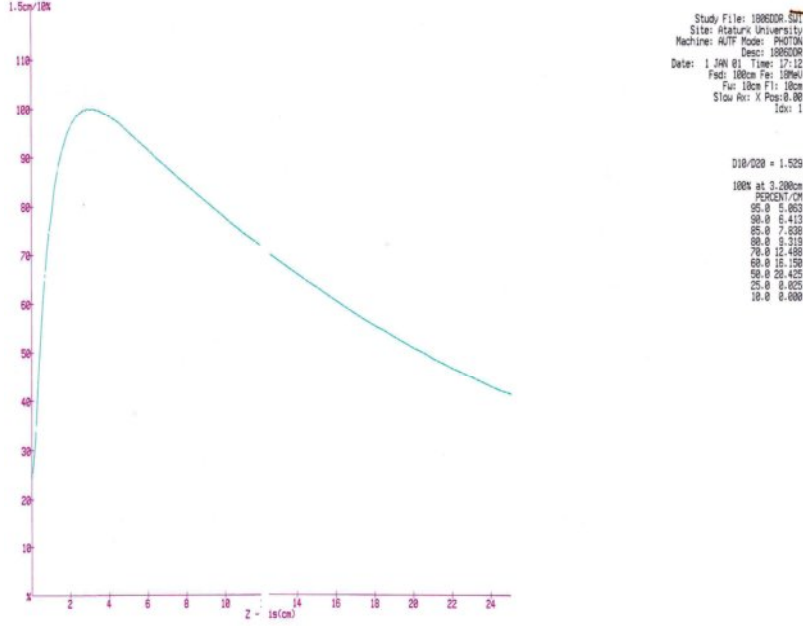
Farklı tip ve özellikteki iyon odalarıyla ölçülen yüzde derin doz ve doz maksimum parametrelerinin incelenmesi



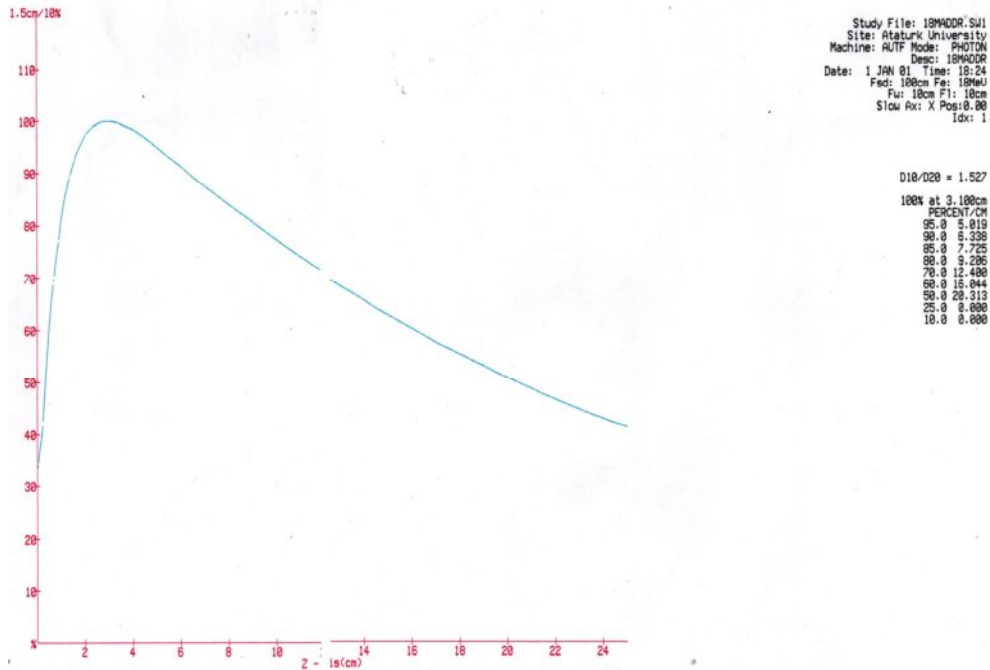
Şekil 3. 6 MV, SSD=100, 10x10 cm alan, markus tipi iyon odası kullanılarak elde edilen %DD grafiği ve doz parametreleri.



Şekil 4. 18 MV, SSD=100, 10x10 cm alan, 0.125 cc iyon odası kullanılarak elde edilen %DD grafiği ve doz parametreleri.



Şekil 5. 18 MV, SSD=100, 10x10 cm alan ,0.6 cc iyon odası kullanılarak elde edilen %DD grafiği ve doz parametreleri



Şekil 6. 18 MV, SSD=100, 10x10 cm alan, markus tipi iyon odası kullanılarak elde edilen %DD grafiği ve doz parametreleri.

Tablo I. 6-18 MV Enerjilerinin, SSD=100, 10x10 cm² alan, 0.125 cc,0.6 cc ve markus tipi iyon odaları kullanılarak elde edilen d^{maks} değerlerinin karşılaştırılması

Enerji	İyon Odalarınca Ölçülen d ^{maks} Değerleri (cm)		
	0.125 cc	0.6 cc	Markus
6 MV	1.6 cm	1.6 cm	1.6 cm
18 MV	3.2 cm	3.2 cm	3.1 cm

TARTIŞMA

Radyoterapi tedavisi önemli teknik hesaplamalar ve kontroller gerektirdiği için en doğru, hassas ve uygulanabilir ölçümü yapan dedektörlerin dozimetrik ölçümler için kullanılması gerekir. Saydığımız kriterler açısından yetersiz teknik ekipmanlar, uygulanacak optimum tedavinin baştan itibaren yanlış ve eksik olmasına sebep olacaktır. Cihazın dozimetrik olarak limitler içinde olması, tedavi edilecek doku hacmine istenilen dozun doğrulukla verilebilmesi açısından önemlidir (7).Medikal radyoterapi cihazlarının hedeflenen takvimde, optimum ve hatasız olarak çalışabilmesi, kabul testleri ve rutin kontrollerdeki hassas tespitlere dayalıdır. Cihazın ekonomik ömrü boyunca, protokollerce belirlenmiş hata limitleri içinde çalışabilmesi, düzenli periyodik kontrollerle mümkün olabilir.

Çalışmamız da Siemens Primus lineer hızlandırıcı cihazının ürettiği 6 MV ve 18 MV foton enerjilerinin, su fantomu dozimetri sisteminde, 0.125 cc, 0.6 cc ve markus tipi iyon odaları kullanılarak tespit edilen % DD değerleri birbirleriyle uyumlu bulundu. % DD değerleri BJR Supplement 25 raporu ile mukayese edildiğinde, 6 MV ve 18 MV' de cihazın % DD değerleriyle BJR Supplement 25 raporu arasında % 1 fark saptandı. Bunun yanı sıra dozun maksimuma ulaştığı derinlikler (d_{maks}), 0.125 cc, 0.6 cc farmer ve markus tipi iyon odaları ile 6 MV ve 18 MV tanımlı foton demetleri için, ölçülerek karşılaştırıldı. Maksimum doz derinliğini iyon odaları ve BJR Supplement 25 raporu arasında mukayese ettiğimizde, birbirleri ile ve BJR Supplement 25 raporu arasında uyumlu oldukları görüldü. Aralarındaki tek fark 0,1 cm = % 3 olarak, 18 MV enerji de, markus tipi iyon odasında tespit edildi.

Gözcü S (8), yaptığı iyon odaları dozimetrik parametre mukayesesinde, 0.125 cc 'lik iyon odası ve pinpoint iyon odası (0.015 cc) ile elde edilen 6 ve 18 MV için % DD' ların birbiriyle uyumlu olduğunu görmüştür. % DD' lar BJR Supplement 25 raporu ile karşılaştırıldığında ise 4x4 cm²'den büyük alanlar için, 6 ve 18 MV de her iki iyon odası için % DD' ları, BJR Supplement 25 raporu ile % 1' den küçük fark ile uyumlu bulmuştur. Elde edilen bu sonuç, % DD ' lar için iyon odası mukayesesi çalışmamızla benzerlik göstermektedir.

Ölçümlerimizde kullandığımız iyon odalarını silindirik ve paralel plak olarak ikiye ayırmaktayız. Farklı geometri ve yapısal özellikleri bulunan bu iki tip, üç adet iyon odalarından farklı tip olan markus tipi paralel plak iyon odasında, diğer iki silindirik iyon odalarına göre, sadece 18 MV 'de küçük bir farkın bulunması çalışmamız da normal olarak karşılanmış, hem 6 MV hem de 18 MV enerjide, iyon odasının genel bir uyum içinde yüzde derin doz ve maksimum doz derinliğini tespit etmesi, kullandığımız kalite kontrol ekipmanlarımızın güvenilirliğini ispatlamıştır.

Sonuç olarak; yüksek enerjili radyoterapi cihazlarına ait % DD, maksimum doz derinliği ve izodoz eğrileri gibi dozimetri parametrelerinin üretici firma tarafından bildirilen ve radyoterapi fizikçileri tarafından çeşitli tip ve hacimdeki iyon odalarıyla ölçülen değerleri arasında önemli farklar olabileceği göz önünde tutulmalı ve bu cihazlarla tedaviye başlanılmadan önce cihazlara ait dozimetri parametreleri, klinikte bulunan tüm dedektörlerce ölçülmeli ve en hassas sonucu veren dozimetrik sistemler tercih edilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Khan F. M., *The Physics of Radiation Therapy, The 3rd Edition*, Eds: Pine J, Standen M, Kairis LR, Boyce T. Minnesota: Williams & Wilkins, 2003,152.
2. Acar H. UAEA'nın TRS 277,381 ve Trs 398 Nolu Soğurulan Doz Protokollerinin Farklı Foton ve Elektron Enerjilerine Göre Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara 2004: 92.
3. Huq M. Saiful, Yan Yu, Chen Zong-Ping and Suntharalingam N. "Dosimetric Characteristics Of A Commercial Multileaf Collimator" *Med.Phys*, 1995; 22: 241- 247.
4. Huq M. Saiful, Das Indra J., Steinberg T. and Galvin James M. " A Dosimetric Comparison Of Various Multileaf Collimators" *Phys. Med. Biol*, 2002; 47: 159-170.
5. Demir B, Koca A , Günhan B, Karaçam S, Öber A, 'Eksternal Radyoterapi Cihazlarına Ait Dozimetrik Parametrelerin Ölçüm ve Fabrika Değerlerinin Karşılaştırılması, *Cerrahpaşa Tıp Dergisi*, 2003; 34: 28-35.
6. Jordan T. J. *Megavoltage X-ray Beams:2-50 MV. BJR Supplement 25. 1996; 25:62-109.*
7. *International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU), Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy (ICRU Report 50), Bethesda, MD,1999).*
8. Gözcü S. Yüksek Enerjili Foton Huzmeleri İçin Küçük Alan Dozimetrisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü, İstanbul, 2009: 79.