



Eda KAYA PEPELE^{1, a}
İbrahim ÜNAL^{2, b}
Serkan ALAGÖZ^{3, c}

¹ İnönü Üniversitesi,
Tıp Fakültesi,
Radyasyon Onkolojisi
Anabilim Dalı,
Malatya, TÜRKİYE

² İnönü Üniversitesi,
Eğitim Fakültesi,
Matematik ve Fen Bilimleri
Eğitimi Bölümü,
Malatya, TÜRKİYE

³ İnönü Üniversitesi,
Fen-Edebiyat Fakültesi,
Fizik Bölümü,
Malatya, TÜRKİYE

^a ORCID: 0000-0002-9193-0961

^b ORCID: 0000-0001-8497-4459

^c ORCID: 0000-0003-2642-8462

SNC Edge Dedektör ve Pinpoint Dedektörün Küçük Alanlardaki Performansının Dozimetrik Değişkenlere Bağlı Olarak Değerlendirilmesi

Amaç: Küçük alan dozimetrisi, radyoterapide yeni tedavi tekniklerinin gelişmesi ile (Sterotaktik Radyocerrahi ve Sterotaktik Radyoterapi) önem kazanmıştır. Küçük alan dozimetrisinde sıklıkla kullanılan dedektör tiplerinden birisi de diyot dedektörlerdir. Bu çalışmadaki amaç, küçük alan dozimetrisinde kullanılması uygun görülen SNC (Sun Nuclear Corporation) diyot tipi Edge dedektör ve pinpoint iyon odası dedektörünün 2x2 cm², 3x3 cm², 4x4 cm² alan boyutlarında dozimetrik değişkenlere bağlı cevabının incelenmesidir.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışmada küçük alan dozimetrisi için Edge dedektör ve pinpoint iyon odası kullanılmıştır. Varian marka Clinac IX model Lineer hızlandırıcı cihazında, 6 MV foton ışığında Sun Nuclear marka su fantomunda 2x2 cm², 3x3 cm², 4x4 cm² alan boyutlarında 1,5 cm derinliğinde yüzde derin doz (PDD) ve aynı alan boyutlarında 5 cm derinlikte cross-plane (x eksen) ve in-plane (y eksen) profil ölçümleri alınmıştır. Edge dedektör ve pinpoint dedektör kullanılarak yapılan bu ölçümlerde PDD dozimetrik alan boyutu ve %20-%80 ile %10-%90 penumbra genişlikleri incelenmiştir.

Bulgular: Her iki dedektörün küçük alanlardaki dozimetrik performansları birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Edge dedektörün 2x2 cm² alanda ölçülen dozimetrik alan boyutu yanıtının gerçek alan boyutundaki değerine daha yakın çıktığı ve tüm alanlarda daha dar bir penumbraya sahip olduğu görülmüştür.

Sonuç: Her iki dedektörün küçük alan dozimetrisinde kullanımının uygun olabileceği ancak Edge dedektörünün hassas hacminin küçük olması nedeniyle küçük alanlarda özellikle penumbra bölgesinde dik doz gradyanına verdiği yanıtın daha iyi olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Radyoterapi, küçük alan dozimetrisi, Edge dedektör, pinpoint iyon odası dedektörü, yüzde derin doz

Evaluation of the Performance of SNC Edge Detector and Pinpoint Detector in Small Areas Depending on Dosimetric Variables

Objective: Small field dosimetry has gained importance with the development of new treatment techniques (Sterotactic Radiosurgery and Sterotactic Radiotherapy) in radiotherapy. One of the detector types frequently used in small area dosimetry are diode detectors. The aim of this study is to examine the response of the SNC diode type edge detector and pinpoint ion chamber detector, which is suitable for use in small area dosimetry, to dosimetric variables in 2x2, 3x3, 4x4 cm² area sizes.

Materials and Methods: In this study, edge detector and pinpoint ion chamber were used for small area dosimetry. In Varian brand Clinac IX model linear accelerator device, 6 MV photon beam, Sun Nuclear brand water phantom 2x2, 3x3, 4x4 cm² field sizes 1.5 cm deep facial dose (PDD) and 5 cm depth cross-plane and in-plane profile measurements were taken in the same field dimensions. In these measurements made by using edge detector and pinpoint detector, PDD, dosimetric field size and 20%-80% and 10%-90% penumbra widths were examined.

Results: The dosimetric performances of both detectors in small areas gave similar responses. It has been observed that the dosimetric field size response of the edge detector measured in 2x2 cm² area is closer to the real field size value and has a narrower penumbra in all areas.

Conclusion: It has been observed that both detectors may be suitable for use in small area dosimetry, but due to the small sensitive volume of the edge detector, it has a better response to steep dose gradients in small areas, especially in the penumbra region.

Key Words: Radiotherapy, small field dosimetry, Edge detector, pinpoint ion chamber detector, deep dose on face

Giriş

Radyoterapide esas amaç; tümöre optimal dozu verirken sağlıklı dokuları olabildiğince koruyabilmektir. Bu amaca bağlı olarak modern radyoterapi teknikleri (Intensiy Modulated Radiotherapy (IMRT), Volumetric Arc Therapy (VMAT) gibi) sonra ortaya çıkmış ve geleneksel konvansiyonel alanların dışında bu tedavi modalitelerinde çoğu zaman küçük tedavi alanları kullanılmıştır. Özellikle stereotaktik radyocerrahi (SRS), stereotaktik vücut radyoterapisi (SBRT) stereotaktik radyoterapi (SRT) gibi tedavi

Geliş Tarihi : 27.05.2022
Kabul Tarihi : 06.12.2022

Yazışma Adresi Correspondence

Eda KAYA PEPELE
İnönü Üniversitesi,
Tıp Fakültesi,
Radyasyon Onkolojisi
Anabilim Dalı,
Malatya - TÜRKİYE

edapepele@gmail.com

tekniklerinin günümüzde sıklıkla kullanılması ile küçük alanların kullanımı artmış, dozimetrik ölçümü ve kontrollerinde ortaya çıkan belirsizlikler önem kazanmıştır (1, 2). Bu belirsizlikleri en aza indirmek için lineer hızlandırıcılar ile yapılan küçük alan ölçümlerinde tedavi planlama sistemlerine (TPS) yüklenecek tüm parametreler doğru bir şekilde karakterize edilmeli ve bunun için uygun dozimetrik ekipmanlar kullanılmalıdır. Çünkü TPS doz hesaplama doğruluğu, TPS'ye yüklenen dozimetrik parametrelerin doğruluğu ile ilişkilidir. Kullanılan dozimetrik ekipmanın ölçüm hassasiyeti ve doğruluğu, tedavinin doğruluğunu etkileyebilmektedir. Özellikle radyoterapide yapılan dozimetrik ölçümlerden alan boyutunun, doz hesaplaması üzerinde önemli bir etkisi vardır.

Tedavi planlama algoritmaları, genellikle en küçük alan boyutu olarak 5x5 cm²'yi kullanmaktadır fakat farklı tedavi yöntemlerinin (SRS/SRT, SBRT) gelişmesi ile 5x5 cm²'den küçük alanlara da radyoterapi uygulanması yaygınlaşmış ve "Küçük Alan" tanımının yapılması ile ölçüm datalarının tedavi planlama sistemine aktarılması gerekmektedir. Alan boyutlarının, 3x3 cm² veya daha küçük olması halinde ise doz ölçüm ve hesaplamaları dikkat gerektirmektedir (3, 4).

Küçük radyasyon alanlarının fiziği büyük radyasyon alanlarından oldukça farklıdır (5). Aynı zamanda ölçüm sonuçlarının doğruluğu kullanılan radyasyon dedektörlerinin verdiği cevaba duyarlıdır. Küçük alan fiziğindeki dozimetrik zorluklar; yüklü parçacık dengesinin olmaması, kısmi kaynak tıkanıklığı, doz ortalaması alma etkileri ve dedektörün geometrik olarak yanlış yerleştirilmesi gibi sorunlar içermektedir (6). Küçük alanlarda yapılan doz ölçümlerinde karşılaşılabilecek bu tip belirsizlikler nedeniyle kullanılacak olan dedektörlerin seçimi önem kazanmaktadır. Özellikle alan boyutunun ölçüm sonuçlarına etkisi göz önünde bulundurulduğunda, küçük alan dozimetresinde ölçüm belirsizliklerini giderebilmek için uygun dedektör seçimine dikkat edilmelidir (7). Büyük hacimli standart dedektörler geniş yarı gölge (penumbra) bölgeleri ile ilgilenirken oradan aldıkları sinyalleri değerlendirir ancak dik doz gradyan bölgesine sahip küçük ışınları ölçmek ve devreye almak zordur. Genellikle büyük hacimli dedektörler penumbra bölgesini genişletirken küçük hacimli dedektörler daha gürültülü sinyaller üretir. Bu nedenle küçük alanların ölçümünde kullanılacak dedektörlerin dozimetrik ölçümlerinin analiz edilmesi önemlidir (8).

Küçük alanların radyoterapi tedavilerinde yer alması ile birlikte küçük alan ölçümlerinde kullanılması uygun dedektörlere yönelik çalışmalar da artmıştır. Özellikle dedektörlerin dozimetrik değişkenlere bağlı verdikleri yanıtları karşılaştıran çalışmalar vardır. Bucciolini ve arkadaşları altın dedektör, silikon tipi diyot dedektör ve iyon odası dedektörü kullanarak farklı alan boyutlarında karşılaştırma yapmış ve altın dedektörün silikon tipi dedektör ve iyon odası dedektörüne kıyasla yüksek çözünürlüğe sahip olması nedeniyle daha uygun olduğunu ifade etmişlerdir (9). Parwaie ve ark. (10)'nın yapmış oldukları çalışmada ise farklı dedektörler kullanılarak dedektörlerin küçük alanlardaki

performansları karşılaştırılmış ve hiç birinin tek başına küçük alanları karakterize etmeye yeterli olmayacağı ve küçük alanlarda yapılan ölçümlerde farklı iki dedektör kullanmanın doğruluk payını artıracağı görüşünü ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada kliniklerde küçük alan dozimetresi ölçümlerinde genel olarak kullanılan Edge tipi diyot dedektör ve Pinpoint iyon odası dedektörünün yüzde derin doz (PDD), ışın profili ve penumbra gibi temel dozimetrik parametrelere bağlı verdikleri yanıtlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Gereç ve Yöntem

Araştırma ve Yayın Etiği: Çalışmanın etik kurul onayı, İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 21.06.2022 tarih ve 2022/3619 sayılı kararı ile alınmıştır.

Lineer Hızlandırıcı Cihazı: İyon odasında yapılan tüm ölçümler Clinac IX marka lineer hızlandırıcı cihazında 6 MV foton enerjisinde yapılmıştır. Lineer hızlandırıcı cihazında kaynak cilt mesafesi (SSD) 100 cm olup, 60 adet 0.5 cm, 60 adet 1 cm olmak üzere toplam 120 adet çok yapraklı kolimatöre (ÇYK) sahiptir (Şekil 1).

3D Su Fantomu: Sun Nuclear marka 3 boyutlu (3D) tarayıcı özelliğine sahip su fantomu, su üzerindeki dedektör konumunu otomatik olarak ayarlar. Silindirik şekli nedeniyle 65 cm bir tarama alanına sahiptir. SSD (Skin Source Distance) 100 cm'de iken 30 cm derinlikte 40x40 cm² alanının tamamını tarama olanağı sağlar. Silindirik su tankı, taşıma lifti, tarama motorları ve yazılım sisteminden oluşur (Şekil 2).



Şekil 1. Clinac IX lineer hızlandırıcı cihazı



Şekil 2. Sun Nuclear marka 3D su fantomu



Şekil 3. SNC Edge dedektör



Şekil 4. PTW marka Pinpoint 310015

Edge Dedektör: Edge dedektör (model 118 Edge, Sun Nuclear Corporation, Melbourne, USA) hassas 3 boyutlu dozimetre için kullanılan küçük alan dedektörüdür (Şekil 3).

Su geçirmez ve oldukça hassas olan bu dedektör tüm su fantomları ile uyumludur. Aktif hacmi oldukça küçük ($0,019 \text{ mm}^3$) olan bu dedektör SRS, SBRT gibi küçük alan tedavilerinin dozimetresinde kullanılabilir (Tablo 1).

Pinpoint Dedektör: PTW marka 310015, yalnızca $0,03 \text{ cm}^3$ hacminde ve $2,9 \text{ mm}$ çapındaki havalandırılmalı hassas hacimlere sahip küçük boyutlu silindirik iyon odaları Image-Guided Radiotherapy (IGRT), IMRT ve stereotaktik ışınlar gibi küçük alanlarda doz ölçümleri için kullanımı idealdir. (Şekil 4).

Oda eksenine dik taramalar için kullanıldığında çok yüksek uzaysal çözünürlüğe sahiptir. $2 \times 2 \text{ cm}^2$ 'den $30 \times 30 \text{ cm}^2$ 'ye kadar olan alan boyutları için uygundur (Tablo 2).

Tablo 1. SNC marka Edge dedektörün özellikleri

Aktif algılama alanı (mm)	0.8 x 0.8
Aktif hacmi (mm^3)	0.019
Diyot kalıp konumu (mm)	2.7 yandan; konum, muhafazanın üzerinde artı artı işaretleri ile gösterilir.
Su derinlik eşdeğeri (mm)	0.5
Gövde kalınlığı (mm)	0.13 piriç
Dış boyutlar (mm)	3.8 x 5.5 x 38
Nominal hassasiyet (nC/Gy)	32.0
Empedans (Mohm)	>200.1 mV ters önyargıda
Kablo	3.4 mm çap x 1.8 m uzunluğunda, triaks
Kablo konektörü	BNC veya TNC triaks veya istek üzerine adaptörler

Tablo 2. Pinpoint dedektörün özellikleri

Nominal hassas hacim	0.03 cm ³ , yarıçap 1.45 mm, uzunluk 5 mm
Referans noktası	Hazne ekseninde hazne ucundan 3.4 mm
Nominal yanıt	800 adet/Gy
Oda voltajı	400 V nominal, ±500 V maksimum
Radyasyon kalitesi	⁶⁰ Co 50 MV foton
Alan boyutu	(2x2 cm ²)(30x30 cm ²)
Konnektör	BNC, TNC veya M

Ölçümler: Dozimetrik ölçümlere başlanmadan 15-20 dk önce, dedektörler elektronik dengenin sağlanması amacıyla Lineer hızlandırıcı odasına getirilmiştir. Su fantomu ölçümleri alınmadan önce Lineer hızlandırıcı cihazının eş merkez kontrolü ve sağ, sol, sagittal lazer kontrolü yapılmıştır. Cihazın çıkış dozu için sıcaklık 22,3 °C ve 901,2 hPac basınç değerinde, 1 cantigray (cGy) 1 monitör unit (MU) olacak şekilde kalibrasyonu yapılmıştır. Su fantomu ölçümlerinin tamamı Sun Nuclear 3D su fantomunda SNC dozimetri ölçüm programında alınmıştır. Ölçümlerin tamamında 6 MV foton kullanılmıştır. Edge dedektör ve Pinpoint dedektörün aşağıdaki dozimetrik değişkenlere bağlı yanıtları incelenmiştir.

1. Yüzde derin doz (PDD)'a bağlı yanıtın incelenmesinde; 2x2 cm², 3x3 cm² ve 4x4 cm² alan boyutlarında 0,5 cm-30 cm aralığındaki derinlikte su fantomunda ölçümler alınmıştır. Yüzey gerilimini önlemek için dedektörler su tankının alt kısmından ışın eksenini boyunca dikey yönde hareket ettirilmiştir.

2. Işın profili (In-plane, cross-plane)'ne bağlı yanıtın incelenmesinde Edge dedektör ve Pinpoint dedektörlerin her ikisi için de 2x2 cm², 3x3 cm² ve 4x4 cm² alan boyutlarında su fantomunda 5 cm derinlikte in-plane ve cross-plane ölçümleri alınarak dozimetrik alan boyutu ve penumbra genişliğine bakılmıştır.

a) Dozimetrik alan boyutuna bağlı yanıtın incelenmesinde, 2x2 cm², 3x3 cm² ve 4x4 cm² alan boyutlarında su fantomunda 5 cm derinlikte dedektörler kullanılarak profil ölçümleri alınmıştır. Ölçüm sonuçlarında %50'lik izodoz seviyeleri arasındaki mesafe ölçülerek tam genişlik yarı maksimumunda (FWHM) dedektörlerin dozimetrik alan boyutları karşılaştırılmıştır.

b) Penumbra yanıtının incelenmesinde ise 2x2 cm², 3x3 cm² ve 4x4 cm² alan boyutlarında 5 cm derinlikte su fantomunda dedektörler ile profil ölçümleri alınmıştır. %20 ve %80 ile %10 ve %90'lık izodoz eğrileri arasındaki mesafeler ölçülerek dedektörlerin penumbra yanıtları karşılaştırılmıştır.

Bulgular

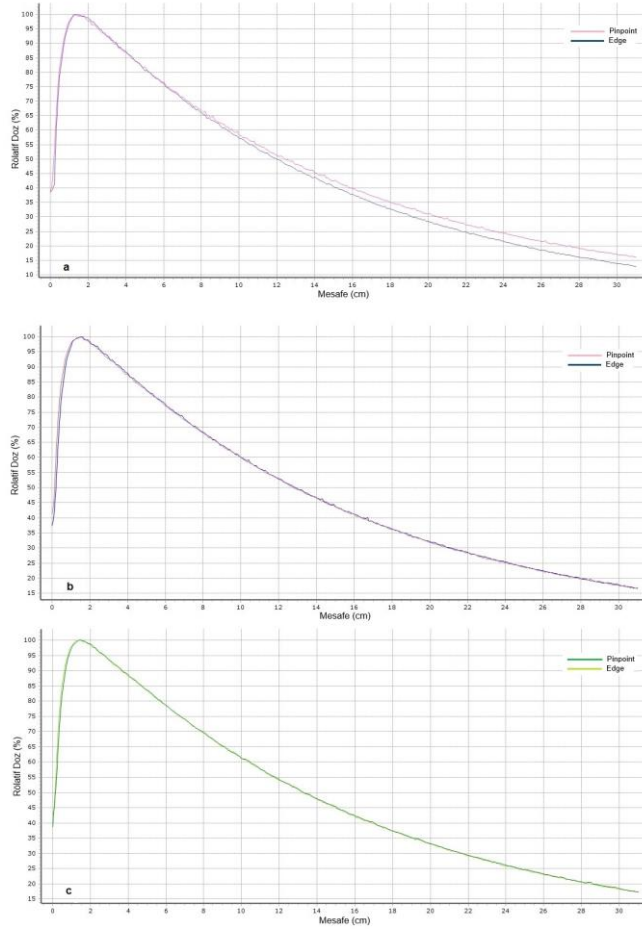
Yüzde Derin Doz (PDD): 6 MV foton ışınında 2x2 cm², 3x3 cm² ve 4x4 cm² alan boyutlarında dedektörlere ait yüzde derin doz eğrilerini gösterilmektedir. Pinpoint diyot dedektöründe 2x2 cm² alanda özellikle build up bölgesinden alınan sinyallerde bir dalgalanma olduğu

görülmüştür. 6 MV foton ışınından beklenen ideal d_{max} değeri 1.50 cm'dir, Pinpointte alınan d_{max} değeri 1.29 cm iken Edge dedektörde d_{max} değeri 1.40 cm olarak bulunmuştur. 3x3 cm² alanda ise Edge dedektör ideal d_{max} değerini verirken, Pinpoint dedektörün d_{max} değeri 1.60 cm bulunmuştur. 4x4 cm² alan boyutlarında ise her iki dedektörde de ideal d_{max} derinlik değeri olan 1.50 cm bulunmuştur (Şekil 5).

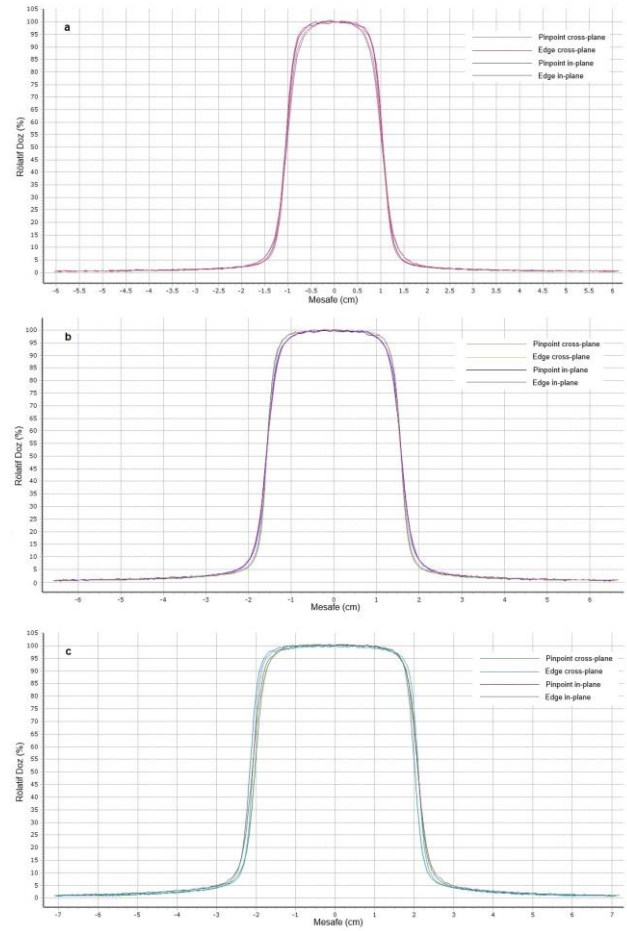
Penumbra ve Alan Boyutu (FWHM): 6 MV foton ışınında, su fantomunun 5 cm derinliğinde, 2x2 cm², 3x3 cm² ve 4x4 cm² alan boyutlarında her iki dedektörün in-plane ve cross-plane doz profillerini göstermektedir (Şekil 6) In-plane ve cross-plane ışın profillerinden elde edilen verilere göre dedektörlere ait penumbra genişlikleri Tablo 3'te verildiği gibidir. Işın profilleri incelendiğine dedektörlerin hassas volümleri ve dedektör tipine bağlı değişikliklerin profiller üzerinde etkisi olduğu görülmüştür. Özellikle Edge dedektörün profil datalarına bakıldığında penumbra genişliğinin Pinpoint dedektöre göre daha dar olduğu bulunmuştur. %10-%90 izodoz eğrilerinde Edge ve Pinpoint dedektörünün penumbra genişliklerindeki fark daha belirgin olup %25 kadar çıkarken, %20-%80 aralığında ise penumbra genişliğindeki fark %8 kadar çıkmaktadır. Penumbra genişliklerinin artan alan boyutu ile orantılı bir değişim gösterdiği görülmüştür.

Profil eğrileri görsel açıdan incelendiğinde ise Edge dedektöre ait profil eğrilerinde alan kenarlarının düşey ekseninde daha dik ve yatay ekseninde daha geniş olduğu, Pinpoint dedektöre ait profil eğrilerinde ise alan kenarlarının düşey ekseninde daha oval yatay ekseninde ise daha dar olduğu görülmüştür. Bu farklılık sayısal olarak dozimetrik alan boyutu değerlerine yansımıştır.

FWHM alan boyutuna bakıldığında ise Edge dedektörün gerçek alan boyutuna daha yakın bir sonuç verdiği gözlenmiştir. Gerçek alan boyutu 1 kabul edilip profil datalarından alınan alan boyutu değerleri normalize edildiğinde her iki dedektör için de alan boyutlarının değişimi maksimum %5 civarında bulunmuştur. 2x2 cm² alanda Pinpoint dedektör gerçek alan boyutuna %9 farkla daha yakın çıkarken, Edge dedektörde bu fark 2x2cm² alanda %5 olarak bulunmuştur. Dedektörlerin her ikisinde de küçük alan boyutunda (2x2 cm²) gerçek alan boyutuna kıyasla fark daha fazla çıkarken, alan boyutu arttıkça bu farkın azaldığı gözlenmiştir (Tablo 3).



Şekil 5. 6 MV foton enerjisinde farklı alan boyutlarına Edge ve Pinpoint dedektöre ait PDD eğrileri. (a) 2x2 cm², (b) 3x3 cm², (c) 4x4 cm²



Şekil 6. 6 MV foton enerjisinde farklı alan boyutlarında Edge ve Pinpoint dedektöre ait in-plane ve cross-plane ışın profilleri (a) 2x2 cm², (b) 3x3 cm², (c) 4x4 cm²

Tablo 3. Edge ve Pinpoint dedektöre ait penumbra (%20-%80, %10-%90) genişliği ve FWHM (%50) alan boyutunun 5 cm derinlikte alınan ışın profil değerleri

In-plane	%20 %80 (cm)	%10 %90 (cm)	FWHM (cm)	%20 %80 (cm)	%10 %90 (cm)	FWHM (cm)
Alan Boyutu (cm²)	Edge			Pinpoint		
2x2	0.310	0.510	2.11	0.380	0.640	2.16
3x3	0.320	0.540	3.15	0.400	0.690	3.16
4x4	0.390	0.590	4.18	0.420	0.740	4.20
Cross-Plane	%20 %80 (cm)	%10 %90 (cm)	FWHM (cm)	%20 %80 (cm)	%10 %90 (cm)	FWHM (cm)
Alan Boyutu (cm²)	Edge			Pinpoint		
2x2	0.270	0.450	2.10	0.330	0.580	2.18
3x3	0.270	0.490	3.16	0.360	0.640	3.18
4x4	0.340	0.570	4.18	0.380	0.670	4.20

Tartışma

Bu çalışmada SRS, SBRT ve IMRT gibi küçük alanların kullanıldığı tedavi modalitelerinde, küçük alan dozimetresi için önerilen Edge dedektör ve Pinpoint dedektörlerin dozimetrik yanıtları incelenmiştir. Küçük alan dozimetrisinde, radyasyon alanının dik gradyanı, hacim ortalama etkisi, yüklü parçacık dengesinin olmaması, radyasyon kaynağının kısmi tıkanması, ışın hizalaması ve referans dozimetrenin kullanılmaması gibi çeşitli zorluklar vardır. Bu zorluklar nedeniyle küçük alan dozimetresi için özel dozimetrelere ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışmamızda kullanılan Edge dedektör ve Pinpoint dedektörün küçük alanlarda yüzde derin doz (PDD) eğrileri birine benzer çıkmıştır. 2x2 cm² alanda maksimum doz derinliği Pinpoint dedektörde daha düşük çıkmıştır. Bunun nedeninin Pinpoint dedektörle yapılan ölçümlerde suda meydana gelen dalgalanmaya ve Pinpoint dedektörün su yüzeyinden efektif noktasının ayarlanması kısmındaki set up hassasiyetinin zorluğundan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Edge dedektörün üretici firmasının Pinpoint dedektör ile yapmış olduğu PDD ölçümlerinde Edge dedektörün standart iyon odası ölçümlerine daha benzer sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir (11). Bu çalışmada her iki dedektöründe 3x3 cm² ve 4x4 cm² alanda d_{max} derinliğini birbirine yakın bulunurken 2x2 cm² alanda Edge dedektör ile yapılan ölçümlerin standart iyon odaları ile yapılan ölçüm sonuçlarına daha yakın sonuç verdiği görülmüştür.

Penumbra genişliği için ise %20-%80 aralığında her iki dedektörde de benzer sonuçlar verse de %10-%90 aralığında Edge dedektör daha dar bir penumbraya sahip olduğu sonucu bulunmuştur. Edge dedektörün düşey ekseninde daha dik profil eğrisine sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Chang ve arkadaşlarının Edge dedektörün dozimetrik karakteristiğini inceledikleri çalışmada bizim çalışmamıza benzer şekilde Edge dedektörün penumbra genişliğinin çalışmada kullanılan diğer dedektör ve iyon odasına kıyasla daha dar bir penumbraya sahip olduğu sonucunu vermişlerdir (8). Penumbra bölgesinde, yüksek doz gradyanı nedeniyle ölçülen doz çok önemlidir. Bu nedenle küçük alanlar gibi yüksek gradyan doz bölgelerinde doğru ışın profili elde etmek için yüksek uzaysal çözünürlüklü dedektörlerin kullanılması gerekmektedir. Edge dedektörün uzaysal çözünürlüğünün yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kaynaklar

1. Westermarck M, Arndt J, Nilsson B, Brahme A. Comparative dosimetry in narrow high-energy photon beams. *Phys Med Biol* 2000; 45: 685-702.
2. Ma L, Wang L, Tseng, CL, Sahgal, A. Emerging technologies in stereotactic body radiotherapy. *Chinese Clinical Oncology* 2017; 6 (2): 1-9.
3. Bagheri H, Soleimani A, Gharehaghaji N, et al. An overview on small-field dosimetry in photon beam

Dozimetrik alan boyutunu ifade eden FMHW izomerkezde yansıtılan kolimatör ayarına eşittir ve bu nedenle geometrik alan boyutu ile uyumludur. Kolimatör ayarı tarafından tanımlanan alan boyutu izomerkez derinliğinde ışın profilinin FWHM'sine karşılık gelir ve alan boyutu ayarlamasının doğrulanması olarak kullanılır. Fakat küçük alanlarda ışın çıkışının azalması nedeni ile bu uyum bozulabilir (12). Dar kolime edilmiş radyasyon alanlarında, standart dozimetrik parametrelerin doğru ve hatasız ölçümü, dedektör hacmi ve alan boyutuna bağlıdır. Küçük alanlar gibi yüksek gradientli doz bölgelerinde, doz değeri dozimetrenin aktif hacmi üzerinde önemli oranda değişir buna hacim ortalaması etkisi denir (13). Bu etkinin en aza indirilebilmesi için uygun küçük hacimli uzaysal ayırma gücü yüksek dedektörler kullanılmalıdır (14). Çünkü küçük alanlarda pertürbasyon etkileri büyük alanlara göre dedektör boyutundan kaynaklanan farklılaşmaya sebep olmaktadır (15).

Bu çalışmada her iki dedektörün boyutu ve radyasyon alanın boyutları arasında uyumsuzluk olmadığından Edge ve Pinpoint dedektörler ile alınan alan boyutu ölçümleri gerçek alan boyutuna yakın çıkmıştır. Aynı zamanda artan alan boyutu ile birlikte dedektörlerin her ikisinde sonuçları birbirine yakın çıkmıştır. Alan boyutu sonuçlarının birbirlerine yakın çıkması nedeninin, dedektörlerin hassas toplama hacimlerinin birbirine yakın olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Her iki dedektör arasında en büyük fark 2x2 cm² alan boyutunda olmuştur (%9). 2x2 cm² gerçek alan boyutuna en yakın sonuç Edge dedektörde çıkmıştır. İki dedektör arasındaki fark ve gerçek alan boyutu arasındaki bu farkın hacim ortalaması etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Chang ve arkadaşlarının da Edge dedektör ile yapmış oldukları çalışmada üç farklı dedektör sistemi karşılaştırılmış ve gerçek alan boyutuna en yakın sonucun Edge dedektöre ait olduğunu belirtmişlerdir (8).

Sonuç olarak, küçük alan dozimetresi için uygun dedektör seçimi oldukça önemlidir. Çünkü büyük hacimli iyon odalarının küçük alanların ölçümü için yeterli olmadığı ve alan boyutu küçüldükçe eksik doz ölçtüğü görülmüştür. Bu nedenle, Edge dedektör ve Pinpoint dedektörün her ikisinin de dar foton ışınlarının dozimetresinde ve kalite güvencesinde (QA) kullanıma uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ancak iki dedektör kıyaslandığında, Edge dedektörün performansının penumbra ve dozimetrik alan boyutu ölçüm yanıtlarında daha iyi olduğundan küçük alan dozimetresinde kullanımının önerilebilir olduğu söylenebilir.

radiotherapy: Developments and challenges. *Journal of Cancer Research and Therapeutics* 2017; 13: 175-185.

4. Scott AJ, Nahum AE, Fenwick JD. Using a Monte Carlo model to predict dosimetric properties of small radiotherapy photon fields. *Med Phys* 2008; 35: 4671-4684.
5. Nahum AE. Perturbation effects in dosimetry: Part I. Kilovoltage x-rays and electrons. *Phys Med Biol* 1996; 41: 1531-1580.

6. Sharpe MB, Jaffray DA, Battista JJ, Munro P. Extrafocal radiation: A unified approach to the prediction of beam penumbra and output factors for megavoltage x-ray beams. *Med Phys* 1995; 22: 2065-2074.
7. Atasoy, İA. Küçük Alanlı Tedavi Planlarının Dozimetrik Karşılaştırması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Radyasyon Onkolojisi Ana Bilim Dalı, 2013.
8. Chang KH, Lee BR, Kim YH, et al. Dosimetric characteristics of Edge detector™ in small beam dosimetry. *Progress in Medical Physics* 2009; 20: 191-198.
9. Bucciolini M, Buonamici FB, Mazzocchi S, et al. Diamond detector versus silicon diode and ion chamber in photon beams of different energy and field size. *Med Phys* 2003; 30: 2149-2154.
10. Parwaie W, Refahi S, Ardekani MA, Farhood B. Different dosimeters/detectors used in small-field dosimetry: Pros and cons. *Journal of Medical Signals and Sensors* 2018; 8: 195-203.
11. Sun Nuclear 118 Model SNC Edge Detector User's Guide. Melbourne, USA. 10 Nov 2014.
12. Technical Reports Series No. 483 Dosimetry of Small Static Fields Used in External Beam Radiotherapy. 2017; 978-92-0-105916-1; 211.
13. Bouchard H, Seuntjens J. Ionization chamber-based reference dosimetry of intensity modulated radiation beams. *Med Phys* 2004; 31: 2454-2465.
14. Küçük GM. Yoğunluk Ayarlı Radyoterapinin Uygulandığı Lineer Hızlandırıcıların Kalite Temininde Kullanılan Dozimetrik Sistemler. Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Medikal Fizik Ana Bilim Dalı, 2011.
15. Gül T. Küçük Alanların Dozimetrik Parametrelerinin Gafkromik Film ile Ölçülmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İstanbul Medipol Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2020.