

DÜZENSİZ NAZOFARENKS ALANLARINA KOBALT-60 İLE RADYOTERAPİ UYGULAMALARINDA KORUMA BLOKLARININ DOZ PARAMETRELERİNE ETKİSİ*

Murat BAŞ, Fadime ALKAYA,
Gönül KEMİKLER, Oğuz GÜRİSOY

Background.- Shielding blocks for protection of vital organs within a radiation field give rise to changes in dose distribution of open field due to decreasing of scattered radiation from the shielded areas. Several methods have been used to calculate depth dose values for irregular fields. However, validity of such methods should be verified before routine use in clinic.

Design.- In this study, measured percentage depth doses for selected irregular fields have been compared with percentage depth dose for fields obtained using equivalent squares (negative field) and [4x(A/P)] techniques. Dose rates for blocked and unblocked fields have been measured. Also, dose profiles for open fields at 0.5 cm and blocked fields for three depths—0.5, 5 and 10 cm depth – have been obtained and the effect of blocking on dose profile for open field has been investigated.

Results.- When measured percentage DD for the selected fields were compared with percentage DD for equivalent squares tech-

nique, the percentage difference was found 0.20 %-2.34 % in the nasopharyngeal fields since the block edge was close to central axis. When measured percentage DDs were compared with percentage DD for [4x(A/P)] technique, the percentage difference was found 0.20 %-2.34 % for the nasopharyngeal fields. But both techniques were convenient for percentage DD except points at block edge. When out-put values for selected blocked fields were compared with those of open fields, if blocked fields were less than 25 %, out-put of open fields could be used for irregular fields. Since blocks were close to center of the fields in cranial fields out-puts were found to have 2%-3% difference from outputs of open fields.

Conclusion.- The dose under the block for selected field was about 10 % of dose at d max.

Baş M, Alkaya F, Kemikler G, Gürsoy O. The effects on dose parameters of shielding blocks at the irregular nasopharynx that irradiated. Cerrahpaşa J Med 2001; 32: 7-15.

Başarılı bir radyoterapi (RT) için, sağlıklı doku ve riskli organlarda en iyi korumayı sağlayarak, hedef volüme belirli bir dozun doğrulukla verilmesi gereklidir.¹⁻⁴ Kurşun bloklar ile ışınlanması planlanan saha çevresindeki ve saha içerisindeki riskli doku ve organların korunmasının sağlanması sonucunda, düzensiz alanlar ortaya çıkmaktadır.⁵⁻¹³ RT'de sıklıkla kullanılan, nazofarenks bölgesi malignitelerinin RT'si için kullanılan tedavi sahaları bu düzensiz alanlara örnektir.^{5,7,12,13}

Düzensiz foton alanları için RT planlanması özel fizik doz ölçümlerine ve doz hesaplarına ihtiyaç gösterir.¹⁴ Cihazın doz verimi (*out-put*), geri saçılma faktörü (BSF) ve derin doz (DD) % (yüzde) değerleri gibi parametreler, bloklama yapılmış dikdörtgen veya kare alanlar için elde edildiğinden düzensiz alanların dozimetresine özel ilgi gösterilir. Bloklama, ko-

* *Anahtar Kelimeler:* Düzensiz alanlar, Nazofarenks, Dozimetri, Kobalt-60, Radyoterapi; *Key Words:* Irregular fields, Nasopharynx, Dosimetry, Cobalt-60, Radiotherapy; *Alındığı Tarih:* 12 Nisan 1999; *Yard. Doç. Dr. Murat Baş,* Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Uzmanı, Van; *Radyasyon Fizikçisi Fadime Alkaya,* Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Edirne; *Doç. Dr. Gönül Kemikler,* Radyasyon Fizikçisi, İÜ İstanbul Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, İstanbul; *Radyasyon Fizikçisi Oğuz Gürsoy,* Şişli Etfal Devlet Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, İstanbul; *Yazışma Adresi (Address):* Dr. M. Baş, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı Başkanı, 65200, Van.

E-mail: muratbas@ixir.com

<http://www.ctf.istanbul.edu.tr/dergi/online/2001v32/s1/011a1.htm>

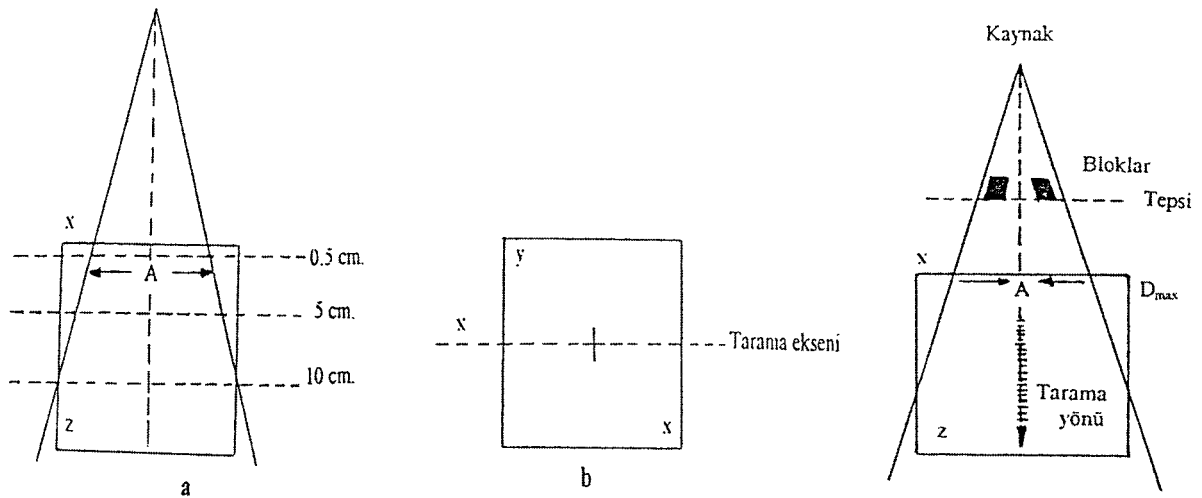


Şekil 1. Ölçümlerde kullanılan düzensiz Nazofarenks Alanlarının Şekil ve Boyutları

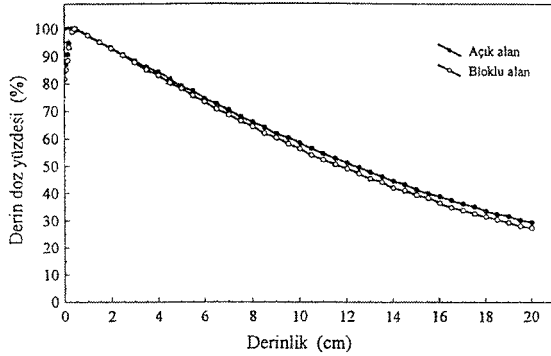
runmuş bölgeden, açık alana gelen radyasyon saçılmasının azalması nedeni ile, alanın açık kısmındaki doz dağılımını değiştirir. Azalmanın büyüklüğü bloktan geçen huzme için, alanın büyüklüğüne, şekline ve korumanın gözönüne alınan açıklığıyla değişir. Düzensiz alanlarda dozun etkili olduğu alanın boyutları genellikle kolimatör açıklığından küçüktür.¹² Bu alanlarda RT'de doz parametrelerinin tayin edilmesi ayrı önem taşımaktadır. Bu parametrelerden DD yüzde değerlerinin hesaplanması için çeşitli yaklaşım metodları^{15,16} mevcuttur. Bu metodlardan bir kısmı bilgisayarlar^{15,16} için, bir kısmı ise geometrik^{5,17,18} yaklaşım metodlarıdır. Ancak yapılması gereken dozimetrik ölçümlerin

çok zaman alıcı olmalarına karşın bu konuda genelleştirme yapmak da kolay değildir ve düzensiz alanların doz dağılımlarının hesaplanması için doğru fakat hızlı metodlara ihtiyaç vardır.

Radyoterapide yaygın kullanılan düzensiz nazofarenks alanları Şekil 1'de görülmektedir. Düzensiz alanlarda doz parametrelerini tayin etmek için, [4 x (A/P)] metodu, negatif alan (KE) metodu gibi geometrik yaklaşım metodu ve saçılma fonksiyonu teorisi metodu; *Clarkson* metodu, *Cunningham* metodu, *Decrement* metodu gibi çeşitli metodlar geliştirilmiştir. Bu metodlardan saçılma fonksiyonu teorisinde ilk yaklaşım *Clarkson* metodudur.^{10,15,17,21}



Şekil 2. Açık ve Bloklu Alanların Doz Profili Ölçümünde Tarama Eksenleri ve Derin Doz Ölçümlerinin Şematik Gösterimi (a.Yandan, b.Üstten Görünümü ve A: Alan)

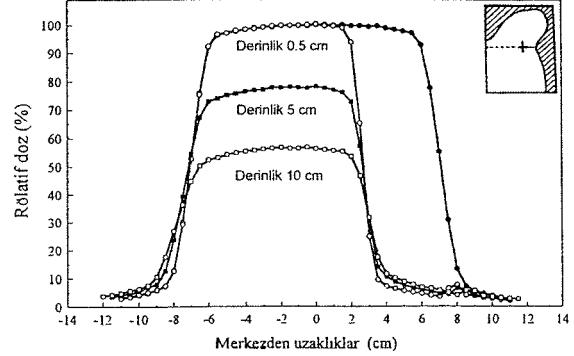


Şekil 3. Nazofarenks (Faz-I) Alanının Açık ve Bloklı Alan Derin Doz Yüzde Değerlerinin Grafiği

Bu çalışmanın amacı; Co-60 ile RT uygulanacak düzensiz nazofarenks alanlarına merkezi eksenindeki DD yüzde değerlerinin hesabı için kullanılan yöntemlerle, bu düzensiz alanlarla yapılan doz ölçümlerinin kıyaslamaları yapılacak ve hesaplama yöntemlerinin ölçüm sonuçlarına uygunluğunu değerlendirmektir. Açık ve bloklı alanlar için doz verimi (*output*) ölçümleri yapılarak, rutinde bloklı olanlar için kullanılacak doz verim değerleri tartışılacaktır. Bloklı alanların doz profilleri çizilerek, blok altındaki doz değerleri incelenecektir.

GEREÇ VE YÖNTEM

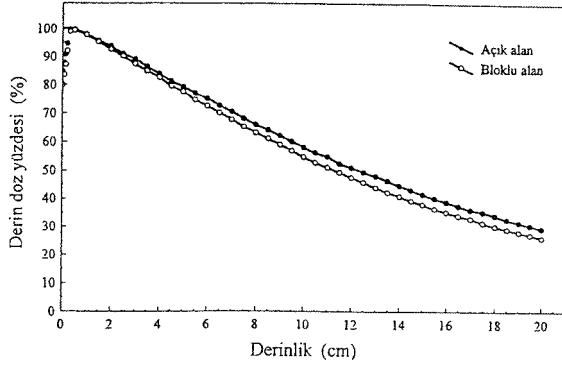
RT'de sıklıkla kullanılan 3 düzensiz (*irregular*) nazofarenks RT alanı bu çalışma için seçildi (Şekil 1). Bu alanlarda kullanılan blokların açık olan DD yüzde değerlerini ve doz verimini (*out-put*) nasıl etkilediğini, bloklı alanlarda ölçülen DD'ların, pratikte kullanılan A/P ve eşdeğer yöntemi ile buluna DD'la uyumlu olup olmadığını araştırmak için öncelikle her bir alandaki koruma blokları hazırlandı. Açık ve korumalı alanlarda DD değerleri ve doz verimi (*out-put*) ölçüldü. Bloklı alan doz profilleri çizilerek, blokların açık olan huzme profilini nasıl etkilediği incelendi. Koruma bloklarıyla yapılan DD ölçüm sonuçları kare eşdeğeri [KE (negatif alan)] ve [4 x (A/P)] yöntemi ile bulunan eşdeğer alanların DD yüzde değerleri karşılaştırıldı. Çalışmadaki açık alanlar, kolimatörün seçilen RT alanları için bloksuz kolimatör açıklığı göstermektedir. Bloklı alanlar ise, blokların yerleştirilmesiyle ortaya çıkan alanlardır.



Şekil 4. Nazofarenks (Faz-I) Açık ve Bloklı Alanlarının Doz Profilleri

Blokların hazırlanması: Blokların hazırlanabilmesi için, bu çalışmada seçilen düzensiz (*irregular*) alanlar, FFD=120 cm olacak şekilde büyütülerek kağıt üzerine çizildi. Cilt üzerine çizilmiş alanlardan 1.5 kat büyük olan bu şekiller blok kesme cihazının (*hot-wire*) ışıklı masasına yerleştirilerek polietilen köpükte (*styrofoam*) ışın diverjansına uyan fokalize kalıpları çıkarıldı. Kesilen kalıpların RT koşullarındaki uygunluğu sağlandıktan sonra 70-75°C'deki sıcak serrobant alaşımı kalıpların içine döküldü. Kalıpların soğumasından sonra köpükten çıkarılan fokalize blokların uygunluğu her alan için tekrar kontrol edildi ve uygun görüldükten sonra 0.5 cm perspeks plakaya yapıştırılarak ölçüme hazır duruma getirildi. Bu işlem üç farklı nazofarenks RT alanı için de ayrı ayrı yapılarak uygun blok dizaynı gerçekleştirildi (Şekil 2).

Düzensiz alanlarda DD yüzde değerlerinin ölçülmesi: DD yüzde değerleri ölçümleri Co-60 Alcyon II cihazında, seçilen üç düzensiz nazofarenks alan için yapıldı. Öncelikle su fantomu arı su ile dolduruldu ve denge durumu sağlandı. Hareketlerin otomatik olarak sağlanabilmesi için bilgisayar ve fantom arasında RS 232 interface bağlandı. Referans ve alan iyon odaları (Wellhöfer'in 0.14 cc ve 0.17 cc'lik iyon odaları) fantom ve WP 600 model elektrometreye bağlanarak iyon odalarının fantom içerisindeki 3 boyutlu (x,y,z) hareketlerinin limit değerleri tespit edildi. Seçilen RT alanları için açık ve bloklı alan ölçümleri, alanın merkezi ekseninde, 0 ile 20 cm arasındaki derinlikte 0.5 cm aralıklarla yapıldı. Bilgisayara kolimatör açıklığı olarak, açık alan değerleri girildi. Her RT alanı için DD yüzde değerleri, her bir derinlikteki dozlar, maksimum doz (*dmax*) de-



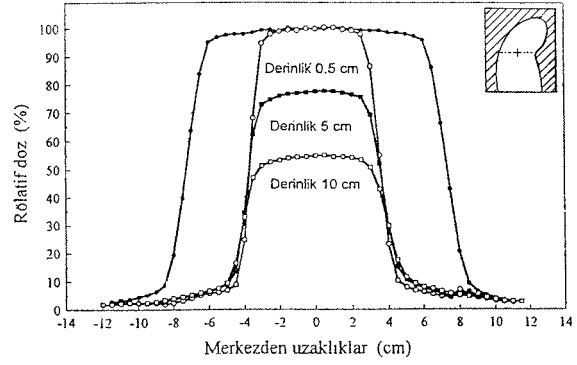
Şekil 5. Nazofarenks (Faz-II) Açık ve Bloklü Alanlarının Derin Doz Yüzde Değerlerinin Grafiği

rinliğindeki DD yüzde değerlerine normalize edilerek, açık ve bloklü alan olarak hem grafik hem de tablo olarak sunuldu. Grafiklerde, bloklü alan DD yüzde değerlerinin açık alan DD yüzde değerlerine göre değişimini göstermek için 2 eğri tek bir grafik üzerinde gösterilmiştir.

Huzme profillerinin çizilmesi: Welhöfer dozimetri sisteminde merkezi ekseninde 0.5 cm, 5 cm ve 10 cm derinliklerde açık ve bloklü alan doz profillerini elde etmek için, seçilen her RT alanı için x doğrultusunda ölçümler alınmıştır (Şekil 2a ve 2b). Bu ölçümlerde Welhöfer dozimetri sisteminin 0.14 cc ve 0.17 cc'lik iyon odaları kullanılmıştır. Welhöfer dozimetri sisteminin alan verileri PC'de Statistica programına girilerek, açık alanlarda 0.5 cm'de, bloklü alanlarda ise 0.5 cm, 5 cm ve 10 cm derinliklerindeki doz profilleri çizdirilmiştir. Blokların açık alan doz profiline ne kadar değiştirdiğini ve bloklü alan profillerinin derinlikle değişimini göstermek için 4 eğri şeklinde tek grafik üzerinde gösterilmiştir.

Doz verimi (out-put) değerlerinin elde edilmesi: Verim ölçümlerinde RW3 katı su fantomu ile 0.6 cc PTW iyon odası ve PTW Freiburg Unidos Universal Dozimetre kullanılmıştır. Verim ölçümlerinde sıcaklık ve basınç düzeltilmesi için ölçümden önce Alcyon II cihazının bulunduğu odaya, termometre ve barometre cihazları konuldu. Belirlenen üç nazofarenks alanı için SSD=80 cm'ye ayarlanmıştır. Ölçümler, alanların merkezi ekseninde 5 cm derinlikte ve her RT alanı açık ve bloklü alan olmak üzere yapılmıştır. Elde edilen ölçüm değerleri IAEA 277 raporu kullanılarak:¹

$$[D_w (P_{eff}) = \mu^0 \times P_{tp} \times ND \times (S_w, air) \times x$$



Şekil 6. Nazofarenks (Faz-II) Açık ve Bloklü Alanlarının Doz Profilleri

$P_u \times K_h \times P_s]$

formülüyle 5 cm derinlikteki absorbe doz bulunmuştur. Daha sonra açık alanlar için 5cm'deki alan DD %'leri, bloklü alanlar için 5 cm'deki ölçtüğümüz bloklü alan DD %'leri kullanılarak maksimum doz noktasındaki (0.5 cm) absorbe doz, cGy/dak cinsinden bulunmuştur.

Tüm verilerin elde edilmesinden sonra; Açık ve bloklü alanlar merkezi DD yüzde değerleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma:

$$[\%Fark = (\text{hesaplanan değer} / \text{ölçülen değer}) - 1 \times 100]$$

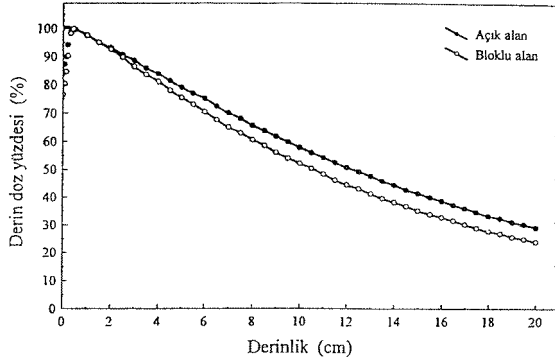
şeklinde tanımlanarak yapılmıştır. Bloklamanın, Açık alan doz profillerini nasıl etkilediği incelenmiştir. % farklar bulunarak bloklü alanlarda ölçülen DD yüzde değerlerinin, negatif alan (KE) yöntemi ve $[4x(A/P)]$ yöntemi ile bulunan alanların DD yüzde değerleri ile uygunluğu araştırılarak, değişik hesaplama yöntemleri değerlendirilmiştir:

$$[(\text{Bloklü alan (cm.)} / \text{açık alan (cm}^2) \text{) } \times 100]^{22}$$

şeklinde tanımlanan bloklama oranının doz verimini ve DD yüzde değerleri miktarını ne kadar etkilediği incelenmiştir.

BULGULAR

Belirlenen 3 (üç) nazofarenks RT alanının şekil ve boyutları, bu alanlarda yapılan, doz verim ölçümlerinin sonuçları, ayrıca, bu alanlarda, bloklü alan DD yüzde değerleri belirli derinlikler için (2, 4, 6, 8, ve 10 cm'lerde) negatif alan (KE) ve $[4x(A/P)]$ metodu ile bulunan alanların DD

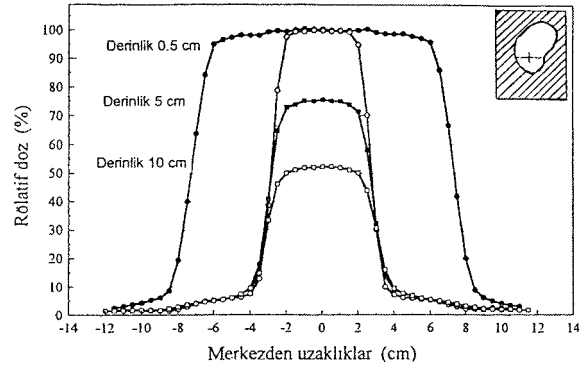


Şekil 7. Nazofarenks (Faz-III) Açık ve Bloklü Alanlarının Derin Doz Yüzde Değerlerinin Grafiği

%'leriyle birlikte tablo, grafik ve şematik olarak sunulmuştur. Bu metodlar ile ölçülen DD % değerleri arasındaki yüzde farklar (% fark) ve herbir alan için ortalama yüzde farklar bulunmuştur. Primer tedavi sahası ve boost alanları şeklinde üç farklı nazofarenks alanı (Şekil 1) bu ölçümler için esas alınmıştır. Alanların boyutları 14 x 14.8 cm ve SSD 80 cm olarak alınmıştır.

Nazofarenks Faz-I Alanı: Bu alanının bloklama miktarı % 35'tir. Bloklü alan DD % değerleri, açık alan DD %'leriyle karşılaştırıldığında 0.5 cm'de % 0.5, 5 cm'de % 1.1 ve 10 cm'de ise % 3.6 fark gözlenmiştir. İki farklı hesaplama yöntemiyle bulunan alanların DD %'lerinin mukayesesi Tablo I ve II'de gösterilmiştir. Tablo II'de görüldüğü gibi KE için bulunan DD % değeri ölçülen DD % değerine göre % 0.9 ile % 1.9 arasında farklıdır. $[4x(A/P)]$ için de % 0.2 ile % 0.6 arasında farklı olduğu görülmektedir. Ayrıca KE için ortalama % fark 1.46 ve $[4x(A/P)]$ için ortalama % fark 0.2'dir. Şekil 3'de faz-I açık ve bloklü nazofarenks alanlarında derin doz yüzde değerleri grafik halinde, Şekil 4'de ise faz-I nazofarenks açık ve bloklü alanlarının doz profilleri görülmektedir.

Nazofarenks Faz-II Alanı: Bu alanın bloklama miktarı %54'tür. Bloklü alan DD yüzde değerleri, açık alan DD %'leri ile karşılaştırıldığında 0.5 cm için %0.2, 5 cm için %2.2 ve 10 cm için de %5.8 farklılıklar



Şekil 8. Nazofarenks (Faz-III) Açık ve Bloklü Alanlarının Doz Profilleri

göstermektedir. İki farklı hesaplama yöntemiyle bulunan alanların DD%'lerinin mukayesesi Tablo I ve II'de gösterilmiştir. Tablo II'de görüldüğü gibi KE için %1.0 ile %2.8 arasında ve $[4x(A/P)]$ 'de ise %1.01 ile %0.38 arasında farklılıklar saptanmıştır. Bunun yanısıra KE için ortalama % fark 1.74 ve $[4x(A/P)]$ için de -0.52'dir. Şekil 5'de faz-II açık ve bloklü nazofarenks alanlarında derin doz yüzde değerleri grafik halinde, Şekil 6'da ise faz-II nazofarenks açık ve bloklü alanlarının doz profilleri görülmektedir.

Nazofarenks Faz-III Alanı: Bu alanın bloklama miktarı % 75'tir. Bloklü alan DD yüzde değerleri, açık alanınkilere göre 0.5 cm'de % 0.2, 5 cm'de % 4.4 ve 10 cm'de ise % 5.8 farklılık bulunmuştur. İki farklı hesaplama yöntemiyle bulunan alanların DD %'lerinin mukayesesi Tablo I ve II'de gösterilmiştir. Tablo II'de görüldüğü gibi ölçülen DD yüzde değerleri, KE için bulunan DD yüzde değerleri ile %0.69 ile %0.14 arasında ve $[4x(A/P)]$ için ise %3.86 ile %0.99 arasında farklılıklar göstermektedir. Ayrıca KE için ortalama %fark -0.35 ve $[4x(A/P)]$ için ortalama % fark -2.34'tür. Tablo II'de görüleceği gibi % fark olarak en yüksek değer % 2.87 ile nazofarenks (III) alanı için bulundu. Şekil 7'de faz-III açık ve bloklü nazofarenks alanlarında derin doz yüzde değerleri grafik halinde, Şekil 8'de ise faz-III nazofarenks açık ve bloklü alanlarının doz profilleri görülmektedir. Doz profil grafik-

Tablo I. Ölçümlerde Kullanılan Düzensiz Alanların Boyutları, Bloklama Yüzdeleri, Kare Eşdeğerleri, Doz Verimleri ve % Farkları

Alan	Alan (cm x cm)	SSD (cm)	Doz Verimi Cgy /dk		% Fark	Bloklama %’si	Açık Alan KE		4(A/P)*	Bloklu Alan KE*
			Açık Alan	Bloklu Alan						
Nazofarenks (Faz-I)	14x14.8	80	114.3	113.1	1.05	35	14x14.8	14.14	9.52	11.30
Nazofarenks (Faz-II)	14x14.8	80	114.3	112.8	1.31	54	14x14.8	14.40	7.32	9.80
Nazofarenks (Faz-III)	14x14.8	80	114.3	110.9	2.97	75	14x14.8	14.40	4.26	5.40

* Her iki yöntemde düzensiz alanın eşdeğer olduğu karenin bir kenarı

leri değerlendirildiğinde bloklamamın yerine ve bloklama %’sine göre, bloklu alan profilini nasıl değiştirdiği görülmektedir.

TARTIŞMA

Bloklu alanlar, normal dokulardaki aşırı veya gereksiz ışınlamaya engel olmak için alanın bir bölümünün korunduğu RT set-up’ını gösterir.¹¹ Kaynak ve kolimatör bölümünden fotonların sızıntısı ve saçılması, ortamın içinden fotonların saçılması, sekonder elektronların lateral saçılması ile madde içinden taşınan radyasyonun^{8-10,18,21} dağılımı bu bloklar nedeniyle değişir. Alan içine konan koruma blokları, yerleştirildiği alanı düzensiz alan haline getirmekte ve radyasyonun madde içindeki transferini etkileyerek kare, dikdörtgen gibi düzenli alanlara göre DD, doz profili ve doz verimi değerlerinde farklılıklara neden olmaktadır.^{8,9} Bu çalışmada seçilmiş bazı düzensiz alanların ölçülmüş DD % değerleri, açık alan DD %’leri ve aynı zamanda negatif alan (KE) ve [4x(A/P)] yöntemi ile bulunan düzensiz alanların DD %’leri ile karşılaştırılmıştır. Bloklu alan DD yüzde değerleri ile açık alan DD yüzde değerleri arasındaki % farklılık derinliğe bağlı olarak artış göstermektedir. Bu farklılık, bloklama miktarına ve bloğun yerine bağlıdır.

Elde edilen bulgulara göre [4x(A/P)] yöntemiyle bulunan alanların % DD’ları

ölçülen değerlere daha yakındır ve ortalama olarak -% 2.34 ile % 1.24 arasındadır. KE yöntemiyle bulunan DD yüzde değerleri ile ölçülen değerler arasında ise ortalama yüzde olarak -% 0.34 ile % 4.82 arasında fark bulunmuştur. Ancak nazofarenks (III) alanında [4x(A/P)] yöntemiyle fark - % 2.34 iken KE yönteminde fark daha azdır (-% 0.35). Wrede ve ark.³¹ tarafından yapılan çalışmada, seçilen düzensiz alanlarda, bloklu alan ölçüm değerleri Clarkson ve (A/P) metod ile karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda L şekilli alanlarda (A/P) metod ile Clarkson metodu arasındaki % farklılık sadece 0.46 olarak bulunmuştur. Beşgen şekilli alanlarda bu fark (A/P) için 1.94 ve Clarkson için de 1.64’tür. Böylece literatürde [4x(A/P)] yöntemiyle Clarkson yönteminin uyumlu olduğu gösterilmiştir.¹⁷ Bilge ve ark.⁸ çeşitli düzensiz alanlarda KE ile ölçülen değerler %0 ile % 3.5 arasında fark bulunmuştur. Khan ve ark.¹¹ ise düzensiz alanlarda KE yöntemiyle, ölçülen DD yüzde değerleri arasında % 2 civarında fark bildirilmiştir.

Bloklamamın çok fazla olduğu nazofarenks (III) alanındaki DD yüzde değerleri % 2 civarında düşük hesaplanmıştır. Bu da bloklamaya bağlı doku (fantom) içi saçılmaların hesaplara yansıtılmadığını düşündürmektedir. DD alan büyüklüğü ile değiştiğinden ve bloklu alanların içinde ve etrafındaki saçılma matematik metodlarla doğru olarak karakterize edilmediğinden bir noktadaki doz, blok

Tablo II. Düzensiz Nazofarenks Alanlarında Ölçülen ve Hesaplanan DD %'leri ve % Farkları

Alan	Derinlik (cm)	Ölçülen	KE	4 (A/P)	%Fark KE	Ortalama	%Fark 4(A/P)	Ortalama
Nazofarenks (Faz-I)	2	93.00	93.84	93.55	0.90		0.59	
	4	83.10	84.11	83.46	1.21		0.43	
	6	73.30	74.59	73.61	1.76	1.46	0.42	0.20
	8	64.50	65.46	64.36	1.48		-0.21	
	10	56.20	57.30	56.06	1.95		-0.24	
Nazofarenks (Faz-II)	2	92.70	93.64	93.06	1.01		0.38	
	4	82.70	83.60	82.46	1.08		-0.29	
	6	72.60	73.78	72.12	1.62	1.74	-0.66	-0.52
	8	63.20	64.56	62.59	2.15		-0.96	
	10	54.70	56.26	54.12	2.85		-1.06	
Nazofarenks (Faz-III)	2	92.50	92.31	91.58	-0.20		-0.99	
	4	81.20	81.08	79.96	-0.14		-1.52	
	6	70.50	70.16	68.74	-0.48	-0.35	-2.50	-2.34
	8	60.60	60.44	58.86	-0.26		-2.87	
	10	52.10	51.74	50.09	-0.69		-3.86	

konfigürasyonuna bağlı olarak hatalı bulunabilir.¹⁹

Tacher ve ark.²¹ yaptığı çalışmada ise eşdeğer alan tabloları ile hesaplama ve ölçümler sonucunda bulunan DD'larla iyi bir uyum gözlenmiştir.

Bloklı alanlarda ölçülen DD yüzde değerleri ile, hesap edilen dozlar arasındaki yüzde farklar derinlikle artmaktadır. Bu artış 6 cm'ye kadar hızlı olur iken, 6 cm'den sonra daha yavaş olmaktadır. Gerçekten Co-60 için foton saçılmaları 0.5 cm ile 5 cm arasında hızlı artar ve 5 cm ile 10 cm arasında oldukça sabittir.¹⁹ Doz profil grafiklerinde görüldüğü gibi bloklama yüzdelere ve bloklama yerlerine göre bloklı alan profillerinin, açık alana göre değişimi belirgindir. Bu grafiklerde, korunan kritik organların dozları tahmin edilebilmektedir. Tüm alanlarda blok altındaki doz, maksimum dozun %10'u civarındadır. Fokelize bloklarla yapılan korumalarda, blok kenarındaki penumbra, açık alan kenarındaki penumbra benzer.

Blok altındaki gerçek doz, blok materyaline, blok kalınlığına ve genişliğine, alan boyutlarına, enerjiye ve blok yerleşimine bağlıdır.^{18,19,23} Radyasyon onkolojisinde kritik organdaki tam tolerans dozu hesaplanırken, blok altındaki gerçek doz

gözönünde bulundurulmalıdır.³ Doz verimi (out-put) ölçümleri sonucunda, bloklamanın %25'in altında olduğu düzensiz alanlarda açık alan doz verimiyle bloklı alan doz verimi arasındaki fark çok küçüktür (%1). Bu değer literatür ile uyumludur.^{8,12} Sekonder bloklamayla meydana getirilen düzensiz alanlarda doz verim faktörleri bloklamadan etkilenmemektedir ve yaklaşık olarak pek çok düzensiz alan için bu gözlemin doğru olmasına karşın, blok kenarına yakın bir noktada ve bloklamanın çok yoğun olduğu tüm nazofarenks alanlarında açık ve bloklı alan doz verim farklılığı % 1.05 ile % 2.97 arasındadır. Mantle ve ters Y alanda ise doz verimi farklılığı % 0.5 civarındadır. Bu da, bu tür düzensiz alanlarda açık alan (kolimatör açıklığı) doz veriminin kullanılabilirliğini göstermektedir.

Bu çalışma sonucunda, her iki hesaplama yönteminin de çok yoğun bloklama ve blok kenarındaki noktalar hariç düzensiz alanların günlük RT planlamasında kullanılabilirliği görülmektedir. Bloklamanın yoğun olduğu veya bloğun merkeze yakın olduğu alanlarda [4x(A/P)] yöntemiyle bulunan % DD değerleri ölçülen değerlerle daha uyumludur ve düzensiz alanlarda kullanılabilir bir metottur. Sadece bloklama yüzdesinin 75 olduğu nazofa-

renks (III) alanda ölçüm değerleri KE yöntemiyle daha uyumlu çıkmıştır. Bloklamanın % 25'in altında olduğu düzensiz alanlarda kolimatör açıklığının verimi kullanılabilir. Ancak yoğun bloklamalarda ve merkezin bloğa yakın olduğu alanlarda açık alan doz verimiyle % 3'e kadar fark olacağı unutulmamalıdır. Blok altındaki dozlar bu çalışma için seçilmiş alanlarda d_{max} 'ın % 10'u civarındadır.

ÖZET

Radyoterapide kritik organların korunması amacıyla radyasyon alanı içine konulan bloklar, korunmuş volümden radyasyon saçılmasını azaltarak, açık alanın doz dağılımlarının değişmesine neden olurlar. Düzensiz alanların derin doz yüzde değerlerinin bulunmasına ilişkin çeşitli metodlar geliştirilmiştir. Rutinde kullanılan bu metodların ölçümlerle geçerliliğinin incelenmesi gereklidir.

Bu çalışmada çeşitli düzensiz alanların ölçülen derin doz yüzde değerleri, kare eşdeğeri (KE-negatif alan) ve $[4x(A/P)]$ yöntemiyle bulunan alanların derin doz yüzde değerleri ile karşılaştırılmış, bloklu ve açık alan doz verimleri ölçülmüştür. Ayrıca üç derinlikte (0.5, 5 ve 10 cm derinlikler için) açık ve bloklu alanların doz profilleri çizdirilmiş ve bloklamanın açık alan doz profiline olan etkisi incelenmiştir.

Seçilen düzensiz alanlarda yapılan derin doz yüzde değerleri ile yoğun bloklamanın yapıldığı ve ikinci boost alanı olan nazofarenks (faz-III) alanında ise KE yöntemi, $[4x(A/P)]$ 'ye göre daha iyi sonuç vermiştir (% 2.34 ve % 0.35). Ancak, her iki hesaplama yöntemi de blok kenarındaki noktalar hariç derin doz yüzde değerleri için uygundur. Her kliniğin kendi hesaplama yöntemini kendi koşullarında belirlemesi uygun olacaktır.

Seçilen bloklu alanlar ile açık alanların doz verimleri mukayese edildiğinde bloklamanın % 25'den az olduğu vakalar-

da açık alan (kolimatör) doz veriminin kullanılabileceği görülmüştür. Ancak, bloklamanın ve blokların merkeze yakın olduğu nazofarenks (III) alanında doz verimi, açık alan doz verimine göre % 2 - % 3 arasında farklıdır. Bu çalışmada kullanılan alanlarda blok altındaki dozlar, tüm alanlar için d_{max} 'ın % 10'u civarındadır.

KAYNAKLAR

1. IAEA Absorbe dose determination in photon and electron beam. An International Code of Practica Technical Reports Series, Vienna, 1987; No: 277.
2. ICRU 23 Measurement of absorbed dose in a phantom irradiated by a single beam of X or gamma rays, 1973.
3. Perez CA. External beam dosimetry and treatment planing in principle and practice of radiation oncology. JB Lippincott, 1987; 208-239.
4. Quast U, Glaeser L. Irregular field dose determination with the weighted beam-zone method. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1982; 8: 1637-1645.
5. Agarwall SK, Wakley J, Scheele RV, Normansell A. A method of dosimetry for irregularly shaped fields. Int Radiat Oncol Biol Phys 1977; 2: 199-203.
6. Anderson R, D'angio GJ, Khan FM. Dosimetry of irregularly shaped radiation therapy fields. Radiol 1969; 2: 1092-1100.
7. Aral IM, Cail D, Nissel M, Spira J. Dosimetry of Irregularl fields in cobalt 60 therapy. Acta Radiol Ther Phys Biol 1970; 9: 24-32.
8. Bilge H, Tekin M, Hamidkhou N. Kobalt 60 ile yapılan çalışmalarda düzensiz radyasyon alanlarının merkezi eksenlerinde % derin doz tayinleri. Türk Onkol Derg 1995; 10: 35-38.
9. Brown LH, Swensson GK, Bjarngard BE. Day's integration of scatter dose with an analytical expression. Med Phys 1981; 8: 184-189.
10. Bukowitz AG. Computer calculation of dose for irregularly shaped field for Co-60 and 6 MV photons. Radiol 1974; 113: 181-185.
11. Khan FM. Computer dosimetry of partially blocked fields in cobalt teletherapy. Radiol 1970; 97: 405-411.
12. Khan FM. Dosimetry of irregularly shaped fields in Levitt and Tapley's Technological Ba-

- sis of Radiation Therapy; Practical Clinical Applications SM Levitt, FM Khan, RA Potish. Lea and Febiger, 1992; 73-79.
13. Page V, Gardner A, Karzmark CJ. Physical and dosimetric aspects of the radiotherapy of malignant lymphomas. *Radiol* 1970; 96: 619-626.
 14. ICRU 24. Determination of absorbed dose in a patient irradiated by beams of X or gamma rays in radiotherapy procedures, 1976.
 15. Clarkson JR. A note on depth doses in fields of irregular shape. *Brit J Radiol* 1941; 14: 265-268.
 16. Johns HE, Cunningham JR. Equivalent squares and circles for rectangular and irregular fields in the physics of radiology. 4. edition, Illinois, Charles C Thomas, Springfield, 1983; 356-358.
 17. Wrede D, Tai D, Edwards F, Coffey C, Schroeder K. An intercomparison between two methods of obtaining percentage depth doses for irregular shaped fields and comparison of each method with experimental data for Co-60 and 10 MV X-rays. *Brit J Radiol* 1979; 52: 398-404.
 18. Davis JB, Reiner B. Depth dose under narrow shielding blocks: a comparison of measure and calculated dose. *Radiother Oncol* 1995; 34: 219-227.
 19. Fontenla DP, Kutcher GJ, Losasso TJ. Simulating blocks in treatment planing calculations. *Int Radiat Oncol Biol Phys* 1989; 16: 867-873.
 20. Shahabi S. Irregularly Shaped Fields. Blackburn's Introduction to Clinical Radiation Therapy Physics, Medical Physics Wisconsin, 1989; 141-152.
 21. Tachter M, Bjarngard BE. Equivalent squares of irregular photon fields. *Med Phys* 1993; 20: 1229-1232.
 22. British Journal of Radiology Supplement No:17; Central axis depth dose data in radiotherapy, Published by The British Institute of Radiology London, 1983.
 23. Meurk ML, Green JP, Nussbaum H, Vaeth JM. Phantom dosimetry study of shaped Co-60 fields in the treatment of Hodgkin's disease. *Radiol* 1968; 91: 554-558.