

## DÜZENSİZ TORAKS VE MEDIASTEN ALANLARINA KOBALT-60 ile TELETERAPİ UYGULAMALARINDA KORUMA BLOKLARININ DOZ PARAMETRELERİNE ETKİSİ

Fadime Alkaya\* • Murat Baş\*\* • Tamer Oğuz Gürsoy\*\*\* • Gönül Kemikler\*\*\*\*

### ÖZET

RT'de kritik organların korunması amacıyla ışın alanı içine konulan bloklar, korunmuş volümden ışın saçılmasını azaltarak, açık alanın doz dağılımlarının değişmesine neden olurlar. Düzensiz alanların % DD (Derindoza) değerlerinin bulunmasına ilişkin çeşitli metodlar geliştirilmiştir. Rutinde kullanılan bu metodların ölçümlerle geçerliliğinin incelenmesi gereklidir.

Bu çalışmada çeşitli düzensiz alanların ölçülen % DD'ları, KE (negatif alan) ve  $[4x(A/P)]$  yöntemiyle bulunan alanların % DD 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 bloklaşmanın açık alan doz profiline olan etkisi incelenmiştir.

Seçilen düzensiz alanlarda yapılan DD % ölçümleri ile yoğun bloklaşmanın yapıldığı akciğer ve mediasten alanında,  $[4x(A/P)]$  yöntemi, KE yöntemine göre daha iyi sonuç vermiştir. Ancak, her iki hesaplama yöntemi de blok kenarındaki noktalar hariç DD %'leri için uygundur. Her kliniğin kendi hesaplama yöntemini kendi koşullarında belirmesi uygun olacaktır. Bu çalışmada kullanılan alanlarda blok altındaki dozlar, tüm alanlar için  $d_{max}$ 'ın % 10'u civarındadır.

**Anahtar kelimeler:** Radyoterapi, Kobalt.

### SUMMARY

**The effects of shielding blocks on dosimetry during cobalt teletherapy on irregular thorax and mediasten areas**

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.

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.

When measured percentage DD (Depth dose) for the selected fields were compared with percentage DD for equivalent squares technique, the percentage difference was found 2.1 and 2.82% in the lung field and in the mediastinal field 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 were found 1.24 and 1.03% for the lung and mediastinal field. But both techniques were convenient for percentage DD except points at block edge. The dose under the block for selected field was about 10 % of dose at  $d_{max}$ .

**Key words:** Radiation, Cobalt.

Radyoterapi (RT) uygulamalarında kurşun bloklar ile tümör çevresindeki ve tedavi sahası içine dahil olan riskli organların korunmasının sağlanması sonucunda, düzensiz şekilli alanlar ortaya çıkmaktadır (1-9). To-

raks malignitelerinin RT'sinde sıklıkla kullanılan, supraklavikuler, toraks ve mediasten bölgesinin tedavi sahaları bu düzensiz alanlar için uygun örneklerdir (1,3,8,9).

\* Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı-Edirne

\*\* Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı-Van

\*\*\* İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü Radyasyon Fizikçisi,-İstanbul

\*\*\*\* Şişli Etfal devlet Hastahanesi, Onkoloji Bölümü Radyasyon Fizikçisi-İstanbul

Cihazın doz verimi (out-put), geri saçılma faktörü ve derin doz (DD) yüzde (%) değerleri gibi parametreler, bloklama yapılmamış dikdörtgen veya kare alanlar için elde edildiğinden düzensiz alanların dozimetresine özel ilgi gösterilir. Bloklama, korunmuş bölgeden, açık volüme gelen ışınların saçılmasının azalması nedeniyle ile, alanın açık kısmındaki doz dağılımını değiştirir. Azalmanın büyüklüğü blokta geçen huzme için, alanın büyüklüğüne, şekline ve korumanın göz önüne alınan açıklığıyla değişir. Düzensiz alanlarda, etkin alan büyüklüğü genellikle kolimatör açıklığıyla tüm alandan küçüktür (8).

Düzensiz alanlarda tedavide doz parametrelerinin tayin edilmesi ayrı önem taşımaktadır. Bu parametrelerden DD % değerlerinin hesaplanması için çeşitli yaklaşım metodları mevcuttur (7,10,11,12). Bu metodlardan bir kısmı bilgisayarlar (10,11) için bir kısmı ise geometrik (1,12,13) yaklaşım metodlarıdır. Ancak, düzensiz şekilli alanların doz dağılımlarının hesaplanması için doğru fakat hızlı metodlara ihtiyaç vardır.

Kobalt-60 cihazında, fokalize bloklama kenarındaki yarı-gölge (penumbra) alan kenarındaki yarı-gölge ile hemen hemen aynıdır. Standart kurşun blokların düz kenarlı olmalarına karşın ışın huzmesi diverjent ve ışının geçtiği kurşun kalınlıkları farklı olduğundan standart bloklarla tam bir koruma elde edilmemektedir. Özellikle kritik organlar için mümkün olduğunca fokalize blok kullanılmalıdır (13,14).

Daha önce imal edilen yuvarlak kolimatörlü RT cihazları yerine şimdi hemen hemen tümüyle kare veya dikdörtgen kolimatörlü cihazlar yapılmaktadır (15). Bu tür kolimatörlerle elde edilen düzgün alanların dozimetresinde zorluk yoktur. Ancak düzensiz şekilli alanlarda herhangi bir noktadaki dozun hesabını, düzgün saha hesabında kullanılan doz ve DD tablolarından yararlanarak yapmak güçtür. Çünkü doz hesaplamalarında kullanılan tablolar, açık ve düzgün alanlarda elde edilmekte, huzmenin elektron bulaşıklığını arttıran, saçılmayı etkileyen herhangi bir unsur bulunmamaktadır (1,14,15). Oysa ki blokların kullanılmasıyla, hastaya ulaşan primer ışının bir kısmına engel olduğu gibi doku içindeki herhangi bir noktadaki saçılan ışın miktarı da azalır. Bir noktadaki doz hesabı, doğrudan kaynaktan gelen primer ışın ile saçılan ışın toplamıdır ve saçılan ışın tüm noktalardaki dozun önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (5,6,11,16,17).

Düzensiz alanlarda doz parametrelerini tayin etmek için,  $[4x(A/P)]$  metodu, kare eşdeğeri (KE, negatif alan) gibi geometrik yaklaşım metodu ve saçılma fonksiyonu teorisi metodu adı altında; Clarkson meto-

du, Cunningham metodu, Decrement metodu gibi çeşitli metodlar geliştirilmiştir (6,10,12,17). Bu metodlardan saçılma fonksiyonu teorisinde ilk yaklaşım Clarkson metodudur.

Bu çalışmanın amacı, Kobalt-60 ile düzensiz şekilli alanlarla tedavi edilecek olan hastalarda merkezi eksenindeki DD% değerlerinin hesabı için kullanılan yöntemlerle, bu düzensiz alanlarla yapılan doz ölçümlerinin mukayeselerini yapmak ve hesaplama yöntemlerinin ölçü sonuçlarına uygunluğunu değerlendirmek, ayrıca açık ve bloklu alanlar için doz verimi (output) ölçümlerinin yapılarak, rutinde bloklu alanlar için kullanılacak doz verim değerlerini tartışmak ve bloklu alanların doz profillerini çizerek, blok altındaki doz değerlerini incelemektir.

#### GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Kobalt 60 teletarapi ünitesi olarak Alcyon II cihazı, Sıcak telle köpük kesme cihazı (hot-wire), Wellhöfer wp 600 dozimetri sistemi, Ptw Freiburg Unidos Universal dozimetre sistemi, 30001/1039 seri nolu PTW 0.6 cc iyon odası, Wellhöfer (0.14 cc ve 0.17cc'lik) iyon odaları, RW3 katı su fantomu, koruyucu (seroband) bloklar kullanıldı.

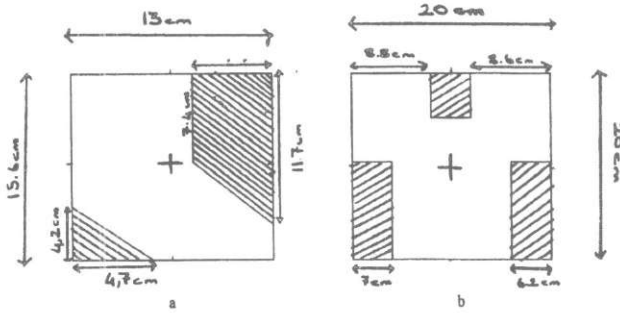
Toraks malignitelerinin RT'sinde sıklıkla kullanılan düzensiz akciğer ve mediasten alanlar bu çalışma için seçildi. Seçilen alanların şematik görünümü ve boyutları Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu blokların açık olan DD% değerlerini ve doz verimini nasıl etkilediğini, bloklu alanlarda ölçülen DD değerlerinin, pratikte kullanılan A/P ve eşdeğer yöntemi ile bulunan DD değerleriyle uyumlu olup olmadığını araştırmak için öncelikle her bir alandaki koruma blokları hazırlandı. Açık ve korumalı alanlarda DD değerleri ve doz verimi ölçüldü (Tablo.1). Bloklu alan doz profilleri çizilerek, blokların açık olan huzme profilini nasıl etkilediği incelendi. Koruma bloklarıyla yapılan DD ölçüm sonuçları negatif alan (KE) ve  $[4x(A/P)]$  yöntemi ile bulunan eşdeğer alanların DD % değerleri karşılaştırıldı. Çalışmadaki açık alanlar, kolimatörün seçilen tedavi alanları için bloksuz kolimatör açıklığını göstermektedir. Bloklu alanlar ise, blokların yerleştirilme ile ortaya çıkan alanlardır (Şekil 2).

Blokların hazırlanması için, bu çalışmada seçilen düzensiz alanlar, FFD=120 cm olacak şekilde büyütülerek kağıt üzerine çizildi. Cilt üzerindeki 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 tedavi koşullarında-

Tablo 1. Ölçümlerde kullanılan Alanların boyutları, SSD, Doz Verimi, Bloklama Yüzdeleri ve Kare Eşdeğerleri

Alan	Alan (cm x cm)	SSD (cm)	Doz Verimi CGy/dak		Bloklama %’si	Açık Alan KE		4(A/P)*	Bloklu Alan KE*	% Fark
			Açık Alan	Bloklu Alan						
Akciğer	13x15.6	80	114,1	112,9	24	13x15.6	14.10	10.68	12.00	1.05
Mediasten	20x20	80	119,2	116,8	49	20x20	20.00	10.32	13.50	2.01

\* Her iki yöntemde düzensiz alanın eşdeğer olduğu karenin bir kenarı.

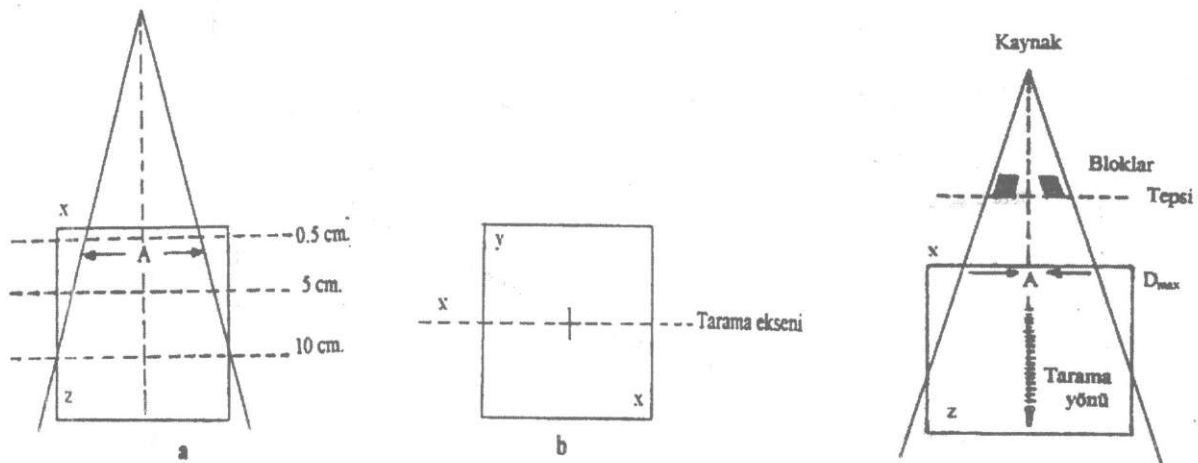


Şekil 1. Ölçümlerde kullanılan düzensiz alanların şekil ve boyutları  
a. Akciğer Alanı  
b. Mediasten Alanı

ki uygunluğu sağlandıktan sonra 70-75°C’deki sıcak seroband 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 persfeks plakaya yapıştırılarak ölçüme hazır duruma getirildi. Bu işlem,

tüm tedavi alanları için de ayrı ayrı yapılarak uygun blok dizaynı gerçekleştirildi.

DD% değerleri, seçilen düzensiz alanlar 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 elektrometreye bağlanarak iyon odalarının fantom içersindeki 3 boyutlu (x,y,z) hareketlerinin limit değerleri tespit edildi. Seçilen tedavi alanları için açık ve bloklu 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 tedavi alanı için DD% değerleri, her bir derinlikteki dozlar, maksimum doz (d max) derinliğindeki DD% değerine normalize edilerek saptandı. Grafiklerde, bloklu alan DD % değerlerinin açık alan DD % değerlerine göre değişimini göstermek için 2 eğri tek bir grafik üzerinde gösterilmiştir.



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).

Huzme profillerinin çizilirken, Welhöfer dozimetri sisteminde merkezi ekseninde 0.5cm, 5 cm ve 10 cm derinliklerde açık ve bloklü alan doz profillerini elde etmek için, seçilen her tedavi alanı için x tarama eksenini doğrultusunda ölçümler alınmıştır (Şekil 2: a ve b). 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 profilini ne kadar değiştirdiğini ve bloklü alan profillerinin derinlikle değişimini göstermek için 4 (dört) eğri tek grafik üzerinde gösterilmiştir.

Doz verimi (out-put) değerlerinin ölçümlerinde sıcaklık ve basınç düzeltilmesi için ölçümden önce Alcyon II cihazının bulunduğu odaya, termometre ve barometre cihazları konuldu. Belirlenen akciğer ve mediasten, alanları için SSD=80 cm'ye ayarlanmıştır. Ölçümler, alanların merkezi ekseninde 5 cm derinlikte ve her tedavi alanı açık ve bloklü alan olmak üzere yapılmıştır. Elde edilen ölçüm değerleri IAEA 277 raporuyla kullanılarak "Dw (Peff)" formülüyle 5 cm derinlikteki absorbe doz bulunmuştur. Daha sonra açık alanlar için 5 cm'deki alan DD% değerleri, bloklü alanlar için 5 cm'deki ölçtüğümüz bloklü alan DD% değerleri kullanılarak maksimum doz noktasındaki (0.5 cm) absorbe doz, cGy/dak cinsinden bulunmuştur. Hem açık alan hem de bloklü alanlar için bulunan absorbe dozlar saptanmış ve tüm verilerin elde edilmesinden sonra; açık ve bloklü alanlar merkezi DD % değerleri [% Fark =(hesaplanan değer/ ölçülen değer)-1]x100] formülüyle karşılaştırılmıştır. Farklar % değerler şeklinde bulunarak bloklü alanlarda ölçülen DD% değerleri parametrelerinin, negatif alan (KE)

yöntemi ve [4x(A/P)] yöntemi ile bulunan alanların DD% değerleri ile uygunluğu araştırılarak, değişik hesaplama yöntemleri değerlendirilmiştir. Bloklamanın, Açık alan doz profillerini nasıl etkilediği incelenmiştir. Bloklama oranının doz verimini ve DD% değerlerinin miktarını ne kadar etkilediği [(Bloklü alan-cm<sup>2</sup> /açık alan-cm<sup>2</sup>) x100] şeklinde tanımlanan formül ile incelenmiştir.

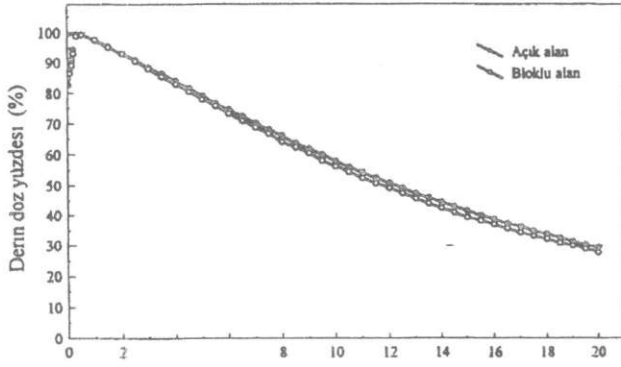
### BULGULAR

Seçilen alanların boyutları ve bloklama % değerleri, DD % değerleri, doz verim ölçümlerinin sonuçları Tablo 2'de gösterilmiştir. Ayrıca, bu alanlarda, bloklü alan DD % değerleri belirli derinlikler için (2,4,6,8,ve 10 cm'lerde) negatif alan (KE) ve [4x (A/P)] metodu ile bulunan alanların DD % değerleriyle birlikte sunulmuştur. Bu metotlar ile ölçülen DD % değerleri arasındaki ve her bir alan için ortalama % farklar bulunmuştur.

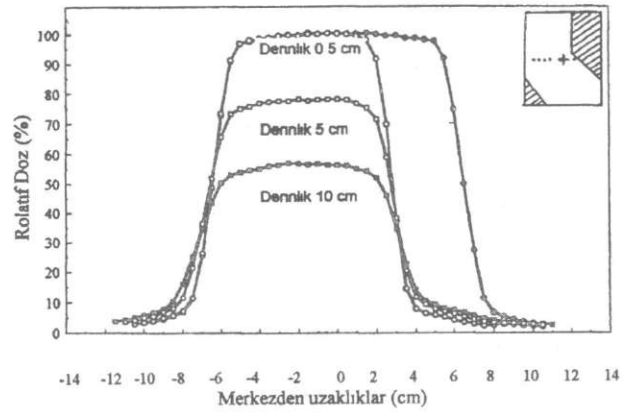
**Akciğer alanı:** Bu alanın açık ve bloklü alan DD % değerleri Şekil 3'de, doz profilleri Şekil 4'de gösterilmiştir. Akciğer alanının bloklama miktarı % 24'tür. Bloklü alan DD % değerleri açık alan ile karşılaştırıldığında 0.5 cm için % 0,5 cm için % 1.3 ve 10 cm için de % 3.1'dir. İki farklı hesaplama yöntemiyle bulunan alanların DD % değerlerinin mukayesesi Tablo 2'de gösterilmiştir. Tablo 2'de de görüldüğü gibi DD % değerleri, KE için bulunan DD % değerleri ile % 1.07 ile % 2.89 arasında farklılık göstermekte ve [4x (A/P)] için bu farklılık % 0.93 ile % 1.51 arasındadır. Ayrıca KE için ortalama % fark 2.1 iken, [4x (A/P)] için ortalama % fark 1.2'dir.

Tablo 2. Akciğer ve mediasten alanında, ölçülen ve hesaplanan DD yüzde Değerleri ve yüzde farkları

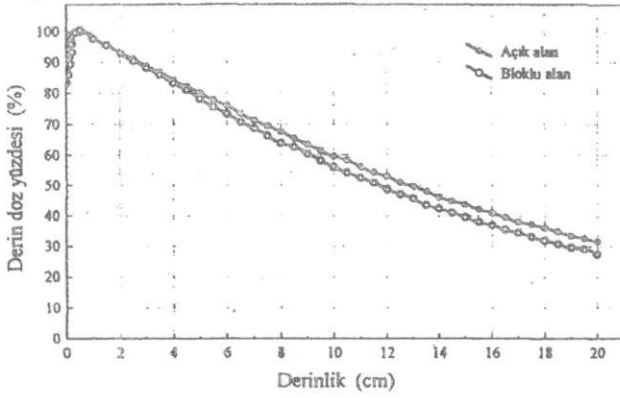
Alan	Derinlik (cm)	Ölçülen	KE	4(A/P)	% Fark KE	Ort.	% Fark 4x(A/P)	Ort.
Akciğer	2	92.9	93.9	93.77	1.07	2.1	0.93	1.24
	4	82.9	84.31	83.9	1.7		1.2	
	6	73.3	74.91	74.24	2.19		1.28	
	8	64.1	65.81	65.07	2.66		1.51	
	10	56.1	57.72	56.84	2.89		1.31	
Mediasten	2	92.90	94.00	93.73	1.18	2.82	0.89	1.03
	4	83.30	84.61	83.79	1.57		0.58	
	6	73.40	75.42	74.06	2.75		0.89	
	8	63.80	66.48	64.87	4.20		1.67	
	10	56.00	58.48	56.61	4.42		1.09	



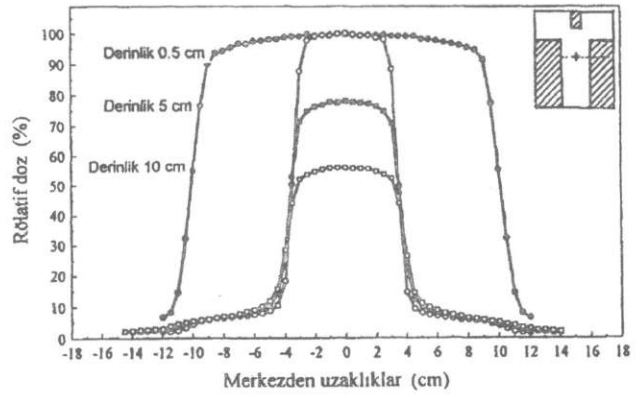
Şekil 3. Akciğer alanının açık ve bloklü alan derin doz yüzde grafiği



Şekil 4. Akciğer alanının açık ve bloklü alan doz profilleri



Şekil 5. Mediasten alanının açık ve bloklü alan derin doz yüzde grafiği



Şekil 6. Mediasten alanının açık ve bloklü alan doz profilleri.

**Mediasten alan:** Bu alanın açık ve bloklü alan DD % değerleri Şekil 5'de, doz profilleri Şekil 6'da gösterilmiştir. Mediasten alanın bloklama miktarı % 49'dur. Bloklü alan DD % değerleri açık alan ile karşılaştırıldığında 0.5 cm'de % 0.8, 5 cm'de % 2.3 ve 10 cm'de ise % 5.8 farklılık görülmüştür. İki farklı hesaplama yöntemi ile bulunan alanların DD % değerlerinin mukayesesi tablo.2'de gösterilmiştir. Tablo 2'ye göre ölçülen DD % değerleri, KE için bulunan DD % değerlerine göre % 1.18 ile % 4.42 farklılık göstermekte ve [4x(A/P)] için bu farklılık % 0.58 ile %1.67 arasında değişmektedir. Ayrıca KE için ortalama % fark 2.82 ve [4x(A/P)] için ortalama % fark 1.03'tür.

Bloklü ve açık alan doz verimi % farkları tablosundan görüleceği gibi en yüksek % fark değeri % 2.01 ile mediasten alanında saptanmıştır. Bloklü ve bloksuz alan doz veriminde de en yüksek değerler 119.2 cGy ve 116.8 cGy ile yine mediasten alanı için bulunmuştur.

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Bloklü alanlar, normal dokulardaki aşırı veya gereksiz ışınlamaya engel olmak için alanın bir bölümünün korunduğu tedavi set-up'ını gösterir (7). Kaynak ve kolimatör bölümünden fotonların sızıntısı ve saçılması, ortamın içinden fantomların saçılması, sekonder elektronların lateral saçılması ile madde içinden taşınan ışının dağılımı bu bloklar nedeniyle değişir (4,5,6,13,17). Alan içine konan koruma blokları, yerleştirildiği alanı düzensiz alan haline getirmekte ve ışının madde içindeki transferini etkileyerek kare, dikdörtgen gibi düzenli alanlara göre DD, doz profili ve doz verimi değerlerinde farklılıklara neden olmaktadır (4,5).

Bu çalışmada seçilmiş bazı düzensiz alanların ölçülmüş DD % değerleri, açık alan DD % değerleri ve aynı zamanda negatif alan (KE) ve [4x(A/P)] yöntemi ile bulunan alanların DD % değerleri ile karşılaştırıl-

mıştır. Bloklu alan DD % değerleri ile açık alan DD % değerleri arasındaki % farklılık derinliğe bağlı olarak artış göstermektedir. Bu farklılık, bloklama miktarına ve bloğun yerine bağlıdır. Seçilen düzensiz alanlarla yapılan DD ölçümlerinde bulunan DD değerleri ile KE ve [4x(A/P)] yöntemiyle bulunan alanların DD % değerleri arasında % farklar sunulmuştur (Tablo 1). Elde edilen bulgulara göre [4x(A/P)] yöntemiyle bulunan alanların DD % değerleri ölçülen değerlere daha yakındır ve ortalama olarak % 1.03 ile % 1.24 arasındadır. KE yöntemiyle bulunan DD % değerleri ile ölçülen değerler arasında ise ortalama % olarak 2.10-2.82 arasında fark bulunmuştur. Akciğer ve mediasten alanında KE yöntemi ile 2.10 ve 2.82 bulunmuş iken, [4x(A/P)] yöntemiyle fark % 1.24 ve 1.03 olarak daha düşük oranda saptanmıştır.

Wrede'nin (12) çalışmasında, 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 olarak saptanmıştır. Böylece literatürde [4x (A/P)] yöntemiyle Clarkson yönteminin uyumlu olduğu gösterilmiştir(12). Bilge (4) ve arkadaşları çeşitli düzensiz alanlarda KE ile ölçülen değerler %0 ile % 3.5 arasında fark bulunmuştur. Khan'nın (7) çalışmasında ise düzensiz alanlarda KE yöntemiyle, ölçülen DD % değerleri arasında % 2 civarında fark bildirilmiştir.

Çalışmamızda, ölçüm noktasının bloğa yakın olduğu hem akciğer hem de mediastinal alanda [4x (A/P)] yöntemi daha iyi sonuç vermiştir. KE ve [4x (A/P)] yöntemi ölçülen değerlerden sırası ile % 4.81 ve % 3.44 farklılık göstermektedir.

Agarwal (1), düzensiz alanlarda yaptıkları DD % değerlerinin ölçümlerinde, bloğun alan merkezine yakın olduğu durumda hesaplanan değerlerin ölçüm değerinden %3 fazla olduğunu bildirmiş, bunu da iyon odasının bloğun gölgesinin yakınında olması nedeniyle dozun düşük okunmasından kaynaklandığı şeklinde izah etmiştir.

Çalışmamızda [4x(A/P)] yöntemiyle bulduğumuz % 1.24 e 1.03 fark bu sonuçlarla uyumludur. Bu sonuçlar, 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 dozun, blok konfigürasyonuna bağlı olarak hatalı bulunabileceği bildirilmiştir (16). Tacher (17) ve arkadaşlarının, yaptığı çalışmada ise eşdeğer alan tabloları ile hesaplama ve ölçümler sonucunda bulunan DD değerleri arasında iyi bir uyum gözlenmiştir. Bloklu alanlarda ölçülen DD % değerleriyle, hesap edilen dozlar arasındaki % farklar derinlikle artmaktadır. Bu artış 6 cm'ye kadar hızlı olurken, 6 cm'den sonra daha yavaş olmaktadır. Gerçekten Kobalt-60 için foton saçılmaları 0.5 cm ile 5cm arasında hızlı artar ve 5 cm ile 10 cm arasında oldukça sabittir (16).

Çalışmamızda elde edilen doz profil grafiklerinde (Şekil 4 ve 6) görüldüğü gibi bloklama % değerlerine ve bloklama yerlerine göre bloklu alan profillerinin, açık alana göre değişimi belirgindir ve korunan kritik organların dozları tahmin edilebilmektedir. Tüm alanlarda blok altındaki doz, maksimum dozun %10'u civarındadır.

Fokelize bloklarla yapılan korumalarda, blok kenarındaki yarıgölge, açık alan kenarındaki yarı-gölgeye benzer. Blok altındaki gerçek doz, blok materyaline, blok kalınlığına ve genişliğine, alan boyutlarına, enerjiye ve blok yerleşimine bağlıdır (13,18,19). RT'de kritik organdaki tam tolerans dozu hesaplanırken, blok altındaki gerçek doz göz önünde bulundurulmalıdır (20). Sekonder bloklamayla meydana getirilen düzensiz alanlarda doz verim faktörleri bloklamadan etkilenebilmektedir ve yaklaşık olarak pek çok düzensiz alan için bu gözlemin doğru olmasına karşın, blok kenarına yakın bir noktada ve bloklamanın çok yoğun olduğu akciğer ve mediasten alanlarında açık ve bloklu alan doz verim farklılığı % 1.05 ile % 2.01 arasındadır. Böylece, her iki hesaplama yönteminin de çok yoğun bloklama ve blok kenarındaki noktalar hariç düzensiz alanların günlük klinik tedavi planlamasında kullanılabileceği görülmektedir. Bloklamanın yoğun olduğu veya bloğun merkeze yakın olduğu alanlarda [4x(A/P)] yöntemiyle bulunan % DD değerleri ölçülen değerlerle daha uyumludur ve düzensiz alanlarda kullanılabilecek bir metottür. Blok altındaki dozlar bu çalışma için seçilmiş alanlarda dmax'ın % 10'u civarındadır.

## KAYNAKLAR

1. Agarwall S. K., Wakley J., Scheele R. V., Normansell A.: A method of dosimetry for irregularly shaped fields, *Int. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 1997; 2: 199-203.
2. Anderson R., D'angio G. J., Khan F. M.: Dosimetry of irregularly shaped radiation therapy fields, *Radiol.* 1969; 92: 1092-1100.
3. Aral I. M., Cail D., Nissel M., Spira J.: Dosimetry of irregular fields in cobalt 60 therapy, *Acta Radiol. Ther. Phys. Biol.* 1970; 9: 24-32.
4. Bilge H., Tekin M., Hamidkhou N.: Co-60 ile yapılan alışmalarda düzensiz (bloklanmış) radyasyon alanlarının merkezi eksenlerinde % derin doz tayinleri, *Türk Onkoloji Dergisi* 1995; 10: 35-38.
5. Brown L. H., Swensson G. K., Bjarngard B. E.: Day's integration of scatter dose with an analytical expression, *Med. Phys.* 1981; 8(2): 184-189.
6. Bukovitz A.G.: Computer calculation of dose for irregularly shaped field for Co-60 and 6MV photons, *Radiol.* 1974; 113: 181-185.
7. Khan F. M.: Computer dosimetry of partially blocked fields in cobalt teletherapy, *Radiol.* 1970; 97, 405-411.
8. Khan F.M.: Dosimetry of irregularly shaped fields in Levitt and Tapley's Technological Basis of Radiation Therapy: Practical Clinical Applications S.M.Levitt; F. M. Khan; R. A. Potish. Lea & Febiger. 1992; 73-79.
9. Page V., Gardner A., Karzmark C. J.: Physical and dozimetric aspects of the radiotherapy of malignant lymphomas, *Radiol.* 1970; 96:619-626.
10. Clarkson J. R.: A note on depth doses in fields of irregular shape, *Brit.J.Radiol.* 1941; 14:265-268.
11. Johns H. E.,Cunningham J. R.: Equivalent squares and circles for rectangular and irregular fields in the Physics of Radiology 4.Edition Charles C: Thomas, Springfield illinois, chapter: 1983; 10,356 -358.
12. Wrede D., Tai D., Edwards F., Coffey C., Schroader 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(1,2): 398-404.
13. Davis J. B., Reiner B.: Depth dose under narrow sheilding blocks: a comparison of measure and calculated dose, *Radiother.Oncol.*1995; 34: 219-227.
14. ICRU 23 Measurement of absorbed dose in a phantom irradiated by a single beam of X or gamma rays, 1973.
15. Shahabi S.: Irregularly Shaped Fields. Blackbum's Introduction to Clinical Radiation Therapy Physics, Medical Physics Wisconsin chapter 1989; 12: 141-152.
16. Fontenla D. P., Kutcher G. J., Losasso T. J.: Simulating blocks in treatment planning calculations, *Int. Radiat. Onco. Biol. Phys.* 1989; 16: 867-873.
17. Tatcher M., Bjarngard B. E.: Equivalent squares of irregular photon fields, *Med. Phys.* 1983; 20(4): 1229-1232.
18. IAEA Absorbed dose determination in photon and electron beam. An Intemational code of Practice Technical Reports Series No: 277, Vienna 1987.
19. Meurk M. L., Green J. P., Nussbaum H., Vaeth J. M.: Phantom dosimetry study of shaped Co-60 fields in the treatment of Hodgkin's disease, *Radiol.* 1968; 91:554-558.
20. Perez C. A.; External beam dosimetry and treatment planning in Principle and Practice of Radiation Oncology. J.B. Lippincott. 1987; 208-239.