

DÜZENSİZ BATIN VE PELVİS SAHALARINA KOBALT-60 İLE RADYOTERAPİ UYGULAMALARINDA KORUMA BLOKLARININ DOZ PARAMETRELERİNE ETKİSİ

Dr. Murat BAŞ *
Fadime ALKAYA **
Oğuz GÜRSOY ***
Dr. Gönül KEMİKLER ****

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

Bu çalışmada çeşitli düzensiz alanların ölçülen derin doz % değerleri, kare eşdeğeri (KE-negatif alan) ve [4x(A/P)] yöntemiyle bulunan alanların % derin doz 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 batin ve pelvis düzensiz alanlarında yapılan DD % ölçümleri ile negatif alan (KE) yöntemiyle bulunan alanların DD % değerleri arasında %1.38 ve %1.47 oranında fark ortaya çıkmıştır. Ölçülen DD % değerleri ile [4x (A/P)] yöntemiyle bulunan alanların DD % değerleri %1.08 ve %1.21 olarak saptanmıştır. Her iki hesaplama yöntemi de blok kenarındaki noktalar hariç DD % değerleri için uygun ölçüm metodu olarak kabul edilmiştir. Ancak, her kliniğin kendi hesaplama yöntemini kendi koşullarında belirmesi uygun olacaktır. Seçilen bloklu alanlar ile açık alanların doz verimleri mukayese edildiğinde bloklamanın % 25'den az olduğu vakalarda açık alan (kolimatör) doz veriminin kullanılabileceği görülmüştür. Bu çalışmada kullanılan alanlarda blok altındaki dozlar, tüm alanlar için dmax'in % 10'u civarındadır.

Anahtar Kelimeler: Düzensiz alanlar, tüm batin, pelvis, dozimetri, kobalt-60, radyoterapi.

The Effects of Shielding Blocks On Dose Parameters During Cobalt-60 Irradiation Of The Irregular Abdomen And Pelvis Fields.

Shielding blocks for protection of vital organs within a radiation field give rise to changes in dose distribution of open field due to decreased 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 abdomen and pelvis 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 for the selected fields were compared with percentage DD for equivalent squares technique, the percentage difference were found 1.38 % and 1.47 % 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 1.08 % and 1.21 % for the abdomen and pelvis fields respectively. 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. The dose under the block for selected field was about 10 % of dose at d max.

Key words: Irregular fields, total abdomen, pelvis, dosimetri, cobalt-60, radiotherapy.

* Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Radyasyon Onkolojisi AD
VAN
** Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi
Radyasyon Onkolojisi AD
EDİRNE
*** Şişli Etfal Devlet Hastanesi,
Radyasyon Onkolojisi Bölümü
İSTANBUL
**** İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Radyasyon Onkolojisi AD
İSTANBUL

Yazışma Adresi

Y. Doç. Dr. Murat BAŞ
Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp
Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi
AD
65200-VAN
Tel: 432 216 2329
Faks: 432 216 7519
E-Mail: muratbas@ixir.com

Başarılı bir radyoterapi (RT) için, sağlıklı doku ve riskli organlarda en iyi korumayı sağlayarak, hedef volüme belirli bir dozun doğrulukla verilmesi gereklidir¹. Kurşun bloklar ile çevre ve dahili riskli organlardaki bu korumanın sağlanması sonucunda, düzensiz şekilli alanlar ortaya çıkmaktadır². RT'de sıklıkla kullanılan, batin ve pelvis bölgesi malignitelerinin tedavisi bu düzensiz alanlara örnektir³. Düzensiz şekilli foton alanları için fizik tedavi planlaması özel doz ölçümlerine ve doz hesaplarına ihtiyaç gösterir⁴. Cihazın doz verimi (out-put), geri saçılma faktörü (BSF) 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 bölgeye gelen radyasyon saçılmasının azalması nedeni ile, alanın açık kısmındaki doz dağılımını değiştirir.

Bu alanlarda tedavide doz parametrelerinin tayin edilmesi ayrı önem taşımaktadır. Bu parametrelerden DD % değerlerinin hesaplanması için geliştirilen çeşitli yaklaşım metodlarının bir kısmı kompütürler için bir kısmı ise geometrik yaklaşım metodlarıdır^{6,7,8}. Tedavi planlaması düzensiz şekilli alanların doz dağılımlarının hesaplanması için doğru fakat hızlı metodlara ihtiyaç vardır. Sağlıklı ve tümörlü dokular arasında ayırt edici doz dağılımı sağlamak için radyasyon tedavisinde düzensiz alanlar yaygın olarak kullanılmaktadır^{9,10,11}. Kurşun bloklar, RT'de genellikle riskli organların korunmasında kullanılmaktadır. Kobalt-60 cihazında, fokalize bloklama kenarındaki yarı-gölge (penumbra) alan kenarındaki ile hemen hemen aynıdır. Standart kurşun blokların düz kenarlı olmalarına karşın radyasyon huzmesi diverjettir. Bu nedenle radyasyonun geçtiği kurşun kalınlıları farklı olduğundan standart bloklarla tam bir koruma elde edilmemektedir. Özellikle kritik organları için mümkün olduğunca fokalize blok kullanılmalıdır^{12,13}.

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

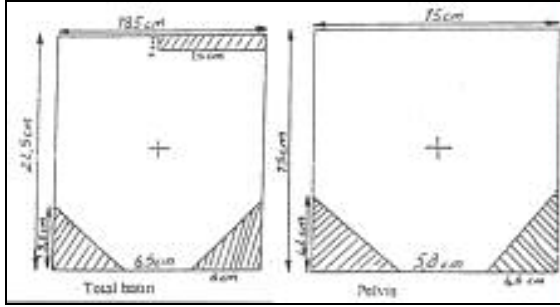
elde edilmekte, huzmenin elektron bulaşıklığını arttıran, saçılmayı etkileyen herhangi bir unsur bulunmamaktadır¹⁴. Oysa ki blokların kullanılmasıyla, hastaya ulaşan primer radyasyonun bir kısmına engel olunan dokuda herhangi bir noktadaki saçılan radyasyon miktarı da azalır. Bir noktadaki doz hesabı, doğrudan kaynaktan gelen primer radyasyon ile saçılan radyasyonun toplamıdır ve saçılan radyasyon tüm noktadaki dozun önemli bir bölümünü oluşturmaktadır^{15,16}. Düzensiz alanlarda doz parametrelerini tayin etmek için, $[4x(A/P)]$ metodu, negatif alan (KE-kare eşdeğeri) metodu gibi geometrik yaklaşım metodu ve saçılma fonksiyonu teorisi metodu adı altında ilk yaklaşım Clarkson metodu^{7,8,15}.

Bu çalışmada, Kobalt-60 ile düzensiz şekilli alanlarla tedavi edilecek olan hastalarda merkezi eksenindeki DD % değerlerinin hesabı için kullanılan yöntemlerle, bu düzensiz alanlarla yapılan doz ölçümlerinin mukayesesi yapıldı ve hesaplama yöntemlerinin ölçü sonuçlarına uygunluğu değerlendirildi. Açık ve bloklu alanlar için doz verimi (output) ölçümleri yapılarak, rutininde bloklu olanlar için kullanılacak doz verim değerleri tartışıldı ve bloklu alanların doz profilleri çizilerek, blok altındaki doz değerleri incelendi.

MATERYAL VE METOD

Çalışmamızda Alcylon II Kobalt-60 cihazı, sıcak telle kesme cihazı (hot-wire cutting system), Wellhöfer wp 600 dozimetri sistemi, Wellhöfer (0.14 cc Ve 0.17cc'lik) İyon odaları, Koruyucu seroband bloklar kullanıldı. Doz verimi (out-put) değerlerinin elde edilmesinde, RW3 katı su fantomu ile 0.6 cc PTW iyon odası ve PTW Freiburg Unidos Universal Dozimetresi kullanılmıştır.

RT'de sıklıkla kullanılan total batin ve pelvis sahaları kullanıldı (Şekil 1). Kullanılan koruyucu seroband blokların açık olan DD % değerlerini ve doz verimini (out-put) nasıl etkilediğini, bloklu alanlarda ölçülen DD değerlerinin pratikte kullanılan A/P ve eşdeğer yöntemi ile buluna DD değerleriyle uyumlu olup olmadığını araştırmak için öncelikle her bir alandaki



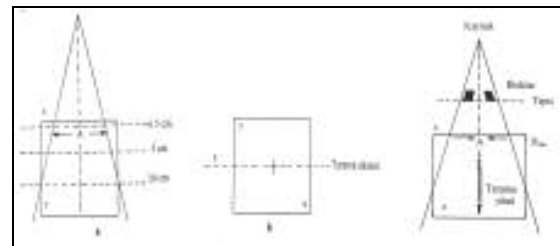
Şekil 1. Ölçümlerde kullanılan düzensiz batın ve pelvis alanlarının şekil ve boyutları.

koruma blokları hazırlandı. Açık ve korumalı alanlarda DD değerleri ve doz verimi (out-put) ölçüldü. Bloklular alan doz profilleri çizilerek, blokların açık olan huzme profilini nasıl etkilediği incelendi. Koruma bloklarıyla yapılan DD ölçüm sonuçları 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.

Blokların hazırlanabilmesi 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 koşullarındaki 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 yaptırılarak ölçüme hazır duruma getirildi. Bu işlem her tedavi alanı için de ayrı ayrı yapılarak uygun blok dizaynı gerçekleştirildi.

DD % değerlerinin ölçümleri, seçilen düzensiz batın ve pelvis alanı için yapıldı. Öncelikle su fantomu arı su ile dolduruldu ve denge durumu sağlandı. Hareketlerin otomatik olarak sağlanabilmesi için bilgisayar ve fantom arasında RS232 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 içerisindeki üç boyutlu (x,y,z) hareketlerinin limit değerleri tespit edildi. Seçilen tedavi alanları için açık ve bloklular 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(dmax) derinliğindeki DD % değerine normalize edilerek, açık ve bloklular alan için hem grafik(Şekil 2, 3, 4, 5, 6) hem de tablo olarak(Tablo 1 ve 2) sunuldu. Grafiklerde, bloklular alan DD % değerinin açık alan DD % değerine göre değişimini göstermek için iki eğri tek bir grafik üzerinde gösterildi. Huzme profilleri çizilirken, Wellhöfer dozimetri sisteminde merkezi ekseninde 0.5 cm, 5cm ve 10cm derinliklerde açık ve bloklular alan doz profillerini elde etmek için, seçilen her tedavi alanı için x doğrultusunda ölçümler alınmıştır. Şekil.2 a ve b'de tarama eksenleri gösterilmiştir. Bu ölçümlerde Wellhöfer dozimetri sisteminin 0.14 cc ve 0.17 cc'lik iyon odaları kullanılmıştır. Wellhöfer dozimetri sisteminin alan verileri bilgisayarda Statistica programına girilerek, açık alanlarda 0.5 cm'de, bloklular alanlarda ise 0.5 cm, 5cm ve 10 cm derinliklerindeki doz profilleri çizdirilmiştir. Blokların açık alan doz profilini ne kadar değiştirdiğini ve bloklular alan profillerinin derinlikle değişimini göstermek için 4 eğri tek grafik üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 2. Açık ve bloklular alanların doz profili ölçümünde tarama eksenleri ve derin doz ölçümlerinin şematik gösterimi (a.Yandan,b.Üstten Görünümü ve A:Alan).

Doz verim ölçümlerinde sıcaklık ve basınç düzeltilmesi için ölçümden önce Kobalt cihazının bulunduğu odaya, termometre ve barometre cihazları konuldu. Belirlenen total batın ve pelvis alanları için SSD=80 cm'ye ayarlanmıştır.

Baş ve ark

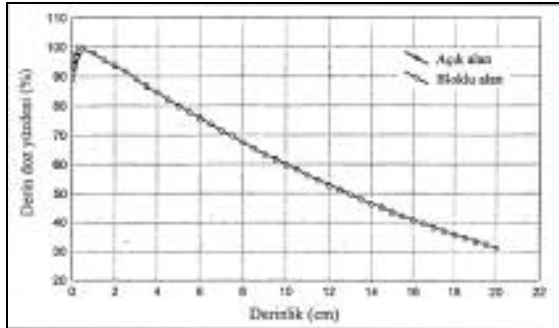
Tablo 1. Ölçümlerde kullanılan alanların boyutları, SSD, doz verimi, bloklama % değerleri, kare eşdeğerleri ve % farkları.

Alan	Alan (cm x cm)	SSD (cm)	Doz verimi CGy/dk		% Fark	Blokla ma %'si	Açık Alan KE	Açık Alan	4x(A/P)*	Bloklu Alan KE*
			Açık Alan	Bloklu Alan						
Total Batın	18.5x22.5	80	118.6	119.3	0.59	9	18.5x22.5	19.80	18.39	19.40
Pelvis	15x15	80	115.3	114.3	0.86	9	15x15	15.00	13.68	14.20

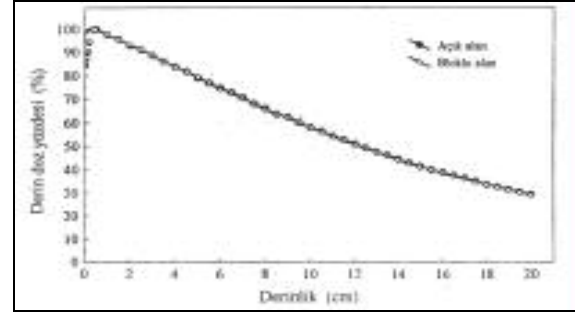
*Her iki yöntemde düzensiz alanın eşdeğer olduğu karenin bir kenarı.

Tablo 2. Total batın ve pelvis alanında ölçülen DD % değerleri ile % farkları.

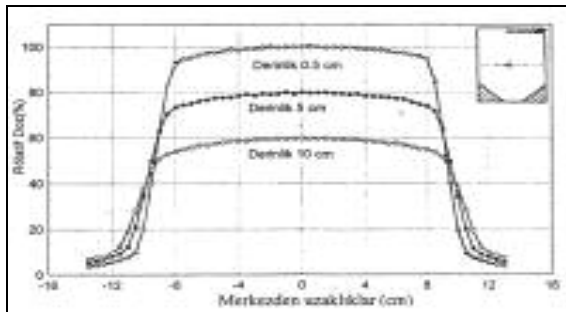
Alan	Derinlik (cm)	Ölçülen	KE	[4x(A/P)]	%Fark KE	Ortalama	%Fark [4x(A/P)]	Ortalama
Total Batın	2	94.00	94.27	94.24	0.28	1.38	0.25	1.08
	4	84.50	85.51	85.37	1.90		1.02	
	6	75.20	76.78	76.58	2.10		1.83	
	8	67.30	68.42	68.11	1.66		1.20	
	10	59.60	60.61	60.28	1.69		1.14	
Pelvis	2	93.30	94.05	94.01	0.80	1.47	0.76	1.21
	4	83.70	84.75	84.63	1.25		1.11	
	6	74.20	75.65	75.45	1.95		1.68	
	8	65.60	66.77	66.53	1.78		1.41	
	10	57.90	58.82	58.54	1.58		1.10	



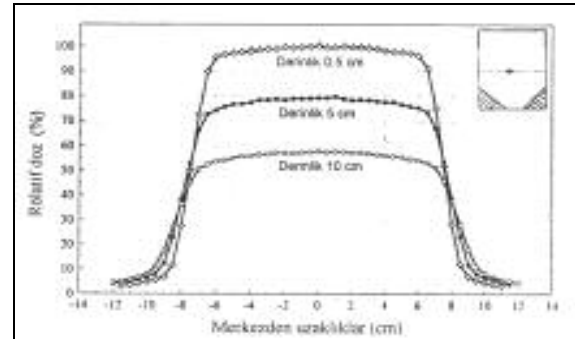
Şekil 3. Total Batın Alanının Açık ve Bloklu Alan Derin Doz % Grafiği



Şekil 5. Pelvis Alanının Açık ve Bloklu Alan Derin Doz % Grafiği



Şekil 4. Total Batın Alanının Açık ve Bloklu Alan Doz Profilleri



Şekil 6. Pelvis Alanının Açık ve Bloklu Alan Derin Doz % Grafiği

Ölçümler, alanların merkezi ekseninde 5 cm derinlikte ve her tedavi alanı açık ve bloklu alan olmak üzere yapılmıştır. Elde edilen ölçüm değerleri IAEA 277 raporu¹ kullanılarak $[D_w (Peff) = \mu^o \times Ptpx \times ND \times (Sw, air)_u \times Pu \times Kh \times Ps]$ formülüyle 5cm derinlikteki absorbe doz bulunmuştur². Daha sonra açık alanlar için 5 cm'deki alan DD % değerleri, bloklu alanlar için 5 cm'deki ölçtüğümüz bloklu alan DD % değerleri kullanılarak maksimum doz noktasındaki (0.5 cm) absorbe doz, cGy/dak cinsinden bulunmuştur. Hem açık alan hem de bloklu alanlar için bulunan absorbe doz sonuçları tablo şeklinde gösterilmiştir.

Tüm verilerin elde edilmesinden sonra; Açık ve bloklu alanlar merkezi DD % değerleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma; $[\% \text{ Fark} = (\text{hesaplanan değer}/\text{ölçülen değer}-1) \times 100]$ şeklinde tanımlanarak yapılmıştır. Bloklamanın, Açık alan doz profillerini nasıl etkilediği incelenmiştir. Yüzde Farklar bulunarak bloklu alanlarda ölçülen DD % değerlerinin, negatif alan (KE) yöntemi ve $[4x(A/P)]$ yöntemi ile bulunan alanların DD % değerleri ile uygunluğu araştırılarak, değişik hesaplama yöntemleri değerlendirilmiştir. $[(\text{Bloklu alan-cm}^2 / \text{açık alan-cm}^2) \times 100]$ şeklinde tanımlanan bloklama oranının doz verimini ve DD % değerlerini ne kadar etkilediği incelenmiştir.

BULGULAR

Seçilen alanların boyutları ve bloklama yüzdeleeri Tablo 1'de ve seçilen alanların şekilleri de Şekil 1'de gösterilmektedir. Belirlenen tedavi alanlarında yapılan DD % değerleri, doz verim ölçümlerinin sonuçları, tablo.2 ve grafik halinde (Şekil.3 ve 5) verilmiştir. Ayrıca, bu alanlarda, bloklu alan DD % değerleri belirli derinlikler için (2,4,6,8,ve 10cm'lerde) negatif alan (KE) ve $[4x(A/P)]$ metodu ile bulunan alanların DD % değerleriyle birlikte sunulmuştur. Bu metodlar ile ölçülen DD % değerleri arasındaki yüzde farklar (% fark) ve her bir alan için ortalama yüzde farklar bulunmuştur.

Total Batın Alanı:Bu alanın bloklama miktarı %9'dur. Bloklu alan DD % değerlerindeki değişim, açık alana göre tüm derinlikler için % 1' in içerisinde kalmaktadır. İki farklı hesaplama

yöntemiyle bulunan alanların DD % değerlerinin mukayesesi Tablo.2'de gösterilmiştir. Belirtilen tabloya göre ölçülen DD % değerleri ile KE için bulunan DD % değerleri total batın için % 0.28 ile % 1.69 ile arasında saptanırken, $[4x(A/P)]$ için % 0.25 ile %1.14 arasında saptandı. Ayrıca KE için ortalama % fark 1.38 ve $[4x(A/P)]$ için de ortalama % fark 1.08 olarak bulundu.

Pelvis Alanı:Bu alanın bloklama miktarı %9 olarak saptandı. Bloklu alan DD % değerlerinin açık alana göre değişimi tüm derinlikler için %1'in içerisinde idi. İki farklı hesaplama yöntemiyle bulunan alanların DD % değerlerinin mukayesesi Tablo 2'de gösterilmektedir. Belirtilen tabloya göre ölçülen DD % değerleri, KE için % 0.80 ile %1.58 arasında ve $[4x(A/P)]$ için de % 0.76 ile %1.10 farklılık görülmektedir. Ayrıca KE için ortalama % fark 1.47 ve $[4x(A/P)]$ için ortalama % fark 1.21 olarak saptandı.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bloklu alanlar, normal dokulardaki aşırı veya gereksiz ışınlamaya engel olmak için alanın bir bölümünün korunduğu tedavi set-up'ını gösterir¹⁰. Kaynak ve kolimatör bölümünden fotonların sızıntı ve saçılması, ortamın içinden fotonların saçılması, sekonder elektronların yanlara saçılması ile madde içinden taşınan ışının^{9,12} dağılımı bu bloklar nedeniyle değişir. 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 olmaktadır⁹.

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 karşılaştırılmıştır. 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

Baş ve ark

bulunan alanların DD % değerleri arasında % farklar Tablo.2'de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre [4x(A/P)] yöntemiyle bulunan alanların DD % değerleri ölçülen değerlere daha yakındır ve ortalama olarak % 1.08 ile % 1.21 arasındadır. KE yöntemiyle bulunan DD % değerleri ile ölçülen değerler arasında ise ortalama yüzde olarak % 1.38 ile % 1.47 arasında fark bulunmuştur.

Wrede⁸ ve arkadaşlar 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. Bilge¹⁷ ve arkadaşları çeşitli düzensiz alanlarda KE ile ölçülen değerler % 0 ile % 3.5 arasında fark bulunmuştur. Khan¹⁰ ve arkadaşları ise düzensiz alanlarda KE yöntemiyle, ölçülen DD % değerleri arasında % 2 civarında fark bildirilmiştir. Agarwal² ve arkadaşlarının düzensiz alanlarda yaptıkları % DD ölçümlerinde, bloğun alan merkezine yakın olduğu durumda hesaplanan değeri ölçüm değerinden %3 fazla bulmuşlardır. Bunu da iyon odasının bloğun gölgesinin yakınında olması nedeniyle dozun düşük okunmasından kaynaklandığı şeklinde izah etmişlerdir.

Bizim çalışmamızda [4x(A/P)] yöntemiyle bulduğumuz % fark bu sonuçlarla uyumludur.

DD alan büyüklüğü ile değiştiğinden ve bloklu alanların içinde ve etrafındaki saçılma matematik metodlarla doğru olarak karakterize edilemediğinden bir noktadaki doz, blok konfigürasyonuna bağlı olarak hatalı bulunabilir¹⁶. Tacher¹⁸ ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise eşdeğer alan tabloları ile hesaplama ve ölçümler sonucunda bulunan DD değerleriyle iyi bir uyum gözlenmiştir. Bloklu alanlarda ölçülen % DD değerleri 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 Kobalt-60

için foton saçılmaları 0.5 cm ile 5cm arasında hızlı artar ve 5 cm ile 10 cm arasında oldukça sabittir¹⁶.

Çalışmamızdaki doz profil grafiklerinde görüldüğü gibi bloklu 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. Fokalize bloklarla yapılan korumalarda, blok kenarındaki yarı-gölge, açık alan kenarındaki yarı-gölgeye benzer. Blok altındaki gerçek doz, blok materyaline, blok kalınlığına ve genişliğine, alan boyutlarına, enerjiye ve blok yerleşimine bağlıdır^{12,16}.

Çalışmamızda doz verimi (out-put) ölçümleri sonucunda, bloklu alanın %25'in altında olduğu düzensiz alanlarda açık alan doz verimiyle bloklu alan doz verimi arasındaki fark literatür ile uyumlu^{5,17} olarak küçük (%1) bulunmuştur. Sekonder bloklu alan ile meydana getirilen düzensiz alanlarda doz verim faktörleri bloklu alanlardan etkilenmemektedir ve yaklaşık olarak pek çok düzensiz alan için bu gözlemin doğru olmasına karşın, blok kenarına yakın bir noktada ve bloklu alanın çok yoğun olduğu alanlarda açık ve bloklu alan doz verim farklılığı % 1.08 ile %1.47 arasındadır. Bu çalışma sonucunda, her iki hesaplama yönteminin de çok yoğun bloklu alan ve blok kenarındaki noktalar hariç düzensiz alanların günlük klinik tedavi planlamasında kullanılabileceği görülmektedir. Bloklu alanın yoğun olduğu veya bloklu alanın merkezine yakın olduğu alanlarda [4x(A/P)] yöntemiyle bulunan % DD değerleri ölçülen değerlerle daha uyumludur ve düzensiz alanlarda kullanılabilecek bir metottur. Bloklu alanın % 25'in altında olduğu düzensiz alanlarda kolimatör açıklığının verimi kullanılabilir. Ancak yoğun bloklu alanlarda ve merkezin bloğa yakın olduğu alanlarda açık alan doz verimiyle % 3'e kadar fark olacağı unutulmamalıdır. Blok altındaki dozlar bu çalışma için seçilmiş alanlarda dmax 'ın % 10'u civarındadır.

KAYNAKLAR

1. IAEA Absorbe dose determination in photon and electron beam. An International code of Practice Technical Reports Series No: 277, Vienna (1987).
2. 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.
3. Aral IM, Cail D, Nissel M, Spira J Dosimetry of irregular fields in cobalt 60 therapy, *Acta Radiol Ther Phys Biol* 1970;9: 24-32.
4. Anderson R, D'angio GJ, Khan FM Dosimetry of irregularly shaped radiation therapy fields, *Radiol* 1969;92: 1092-1100.
5. Khan FM 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.
6. Johns HE, Cunningham JR 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.
7. Clarkson JR A note on depth doses in fields of irregular shape, *Brit.J.Radiol.* 1941;14:265-268.
8. 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.
9. Brown LH, Swensson GK, Bjarngard BE Day's integration of scatter dose with an analytical expression, *Med Phys* 1981;8(2): 184-189.
10. Khan FM Computer dosimetry of partially blocked fields in cobalt teletherapy, *Radiol* 1970;97:405-411.
11. Page V, Gardner A, Karzmark CJ Physical and dozimetric aspects of the radiotherapy of malignant lymphomas, *Radiol* 1970;96:619-626.
12. Davis JB, Reiner B Depth dose under narrow sheilding blocks: a comparison of measure and calculated dose, *Radiother Oncol* 1995;34: 219-227.
13. ICRU 23 Measurement of absorbed dose in a phantom irradiated by a single beam of X or gamma rays, (1973).
14. Shahabi S Irregularly Shaped Fields. Blackbum's Introduction to Clinical Radiation Therapy Physics, Medical Physics Wisconsin 1989;12: 141-152.
15. Bukovitz AG Computer calculation of dose for irregularly shaped field for Co-60 and 6 MV photons, *Radiol* 1974;113:181-185.
16. Fontenia DP, Kutcher GJ, Losasso TJ: Simulating blocks in treatment plaming calculations, *Int Radiat Onco Biol Phys* 1989;16: 867-873.
17. Bilge H., Tekin M., Hamidkhou N.: Co-60 ile yapılan çalışmalarda düzensiz (bloklanmış) radyasyon alanlarının merkezi eksenlerinde % derin doz tayinleri, *Türk Onkoloji Dergisi* 1995;10: 35-38.
18. Tatcher M., Bjarngard B. E.: Equivalent squares of irregular photon fields, *Med Phys* 1993;20(4): 1229-1232