

Hasta sabitlemede kullanılan termoplastik maskelerin megavoltaj radyasyon için yüzey dozuna ve build-up bölgesine etkisi

The effects of thermoplastic masks used for immobilization of patients on surface and build-up for megavoltage radiation

H. Elvan ERKAN, Gönül KEMİKLER

İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü, Sağlık Fiziği Bilim Dalı, İstanbul

AMAÇ

Hastalarının sabitlenmesinde kullanılan termoplastik maskelerin Co-60 ve 6MV foton enerjilerinde yüzey dozuna etkisini incelemektir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Üç adet Aquaplast termoplastik maske kullanıldı. Bu maskelerden bir tanesi standart olarak kullanıldı. Diğer ikisi delik çapları standart maskenin delik çapının 1.25 ve 2 katı olacak şekilde gerdirildi. Maskeler 1, 2, 3 olarak numaralandırıldı. Dozlar, açık ve maskeli alanlarda Markus paralel plan (pp) iyon odası, EBT2 film ve MOSFET dozimetrisiyle ölçüldü.

BULGULAR

Co-60 için 1 no'lu maske, 10x10 cm² açık alan yüzey dozunu %24.2'den %73.3'e yükseltirken 2 no'lu maske %55.6'ya, 3 no'lu maske %40.6'ya yükseltmiştir. 6MV için ise 1, 2 ve 3 numaralı maskeler, 10x10 cm² açık alan yüzey dozunu, %14.4'ten sırasıyla %50.1, %34.7 ve %23.7'ye yükseltmektedir. Markus pp ile EBT2 film sonuçları birbiriyle uyumludur. MOSFET ise daha yüksek yüzey dozları ölçmektedir.

SONUÇ

Maske materyalinin kalınlığı ve delik çapı, cilt dozunu anlamalı olarak etkilemektedir. Cilt dozlarındaki artışı azaltmak için, alan içindeki maske kesilmeli veya gerdirilerek delik çapları büyütülmelidir.

Anahtar sözcükler: EBT2 film; MOSFET; Markus paralel plan iyon odası; termoplastik maske; yüzey dozu.

OBJECTIVES

To examine the effect of thermoplastic masks used for immobilization on surface dose at Co-60 and 6MV photon energies.

METHODS

Three pieces of Aquaplast masks were used. One of these masks was used intact as a standard. The hole diameters of the other masks were stretched 1.25 and 2-fold. The masks were numbered as 1, 2, 3. Doses were measured with Markus parallel-plate (pp) ionization chamber, EBT2 film and MOSFET dosimetry.

RESULTS

The 1, 2 and 3 numbered masks were increased the surface dose from 24.2% to %73.3, 55.6% and %40.6, respectively, for 10x10 cm² at Co-60. For 6MV, the surface dose of 14.4% increased to 50.1%, 34.7% and 23.7%, respectively. Markus pp results were compatible with the EBT2 film results. MOSFET measured higher surface doses.

CONCLUSION

The surface dose increases in the presence of mask. Mask material thickness and hole diameter significantly affects the surface dose. The diameter of the holes should be enlarged or cut the relevant region.

Key words: Surface dose; Markus parallel plane ionization chamber; EBT2 film; MOSFET; thermoplastic mask.

13. Ulusal Medikal Fizik Kongresi'nde sunulmuştur (17-19 Kasım 2011, İzmir).

İletişim (Correspondence): Dr. Gönül KEMİKLER. İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü, Sağlık Fiziği Bilim Dalı, İstanbul, Turkey.
Tel: +90 - 212 - 414 24 34 e-posta (e-mail): gkemikler@gmail.com

© 2013 Onkoloji Derneği - © 2013 Association of Oncology.

Yüzey dozu, cildin foton ve elektronlarla etkileşimi sırasında oluşan saçılmış radyasyon ve elektron kontaminasyondan etkilenmesi sonucunda meydana gelir. Radyoterapide kullanılan foton ışınları, sekonder elektronlarla kontamine olurlar. Sekonder elektronlar, havada, tedavi kafasında, kolimatörde, hastada ve diğer saçıcı materyallerde meydana gelen foton etkileşimleri sonucunda oluşurlar. Bu sekonder elektronların önemli bir özelliği ise cilt koruyucu etkiyi azaltmasıdır. Build-up bölgesinde doz dağılımı, demet enerjisi, kaynak cilt mesafesi (SSD), alan büyüklüğü, huzmenin cilde eğimli gelmesi, blok tepsi, tedavi masası ve immobilizasyon aracı olarak kullanılan termoplastik maskeler gibi birçok parametreye bağlıdır. Özellikle baş-boyun kanserlerin tedavisinde çok sık kullanılan termoplastik maskeler, hastanın günlük tedavi pozisyonunun tekrar edilebilirliği açısından büyük avantaj sağlarken, cilt dozunu artırması ve build-up dozunda değişikliğe yol açması nedeniyle dezavantaj yaratmaktadır. Ayrıca termoplastik maskelerin yüzey dozuna etkisi de her enerji için farklılık göstermektedir.^[1-4]

Cildin aşırı ışınlanması sonucunda cildin katmanları (epidermis, dermis, hipodermis) zarar görür ve akut cilt reaksiyonları ya da geç yan etkileri gözlenir. Akut cilt toksisitesindeki artış, baş-boyun bölgesinden tedaviye giren hastalarda klinik olarak gözlenmektedir. Bu artan cilt reaksiyonlarının olası nedenlerinden birinin, hasta sabitlemek için kullanılan termoplastik maske olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bu maskelerin yüksek enerjili foton demetlerinin sahip olduğu cilt koruyucu (skin sparing) etkiyi azaltması, radyoterapide dikkat edilmesi gereken önemli bir konu olarak literatürde birçok

çalışmacı tarafından araştırılmıştır.^[1,3,5,6]

Tedavi planlama sistemleri, yüzey dozunu doğru olarak hesaplamada yetersizdir.^[7] Yüzey ve build-up bölgesinde dozun doğru olarak ölçümü, tedavi planlama sistemi için kullanılan hesaplama algoritmalarının geçerliliği için gereklidir. Bu algoritmaların doğrulukla kullanılabilmesi için yüzey ve build-up bölgesindeki dozun ölçülmesi gerekir.

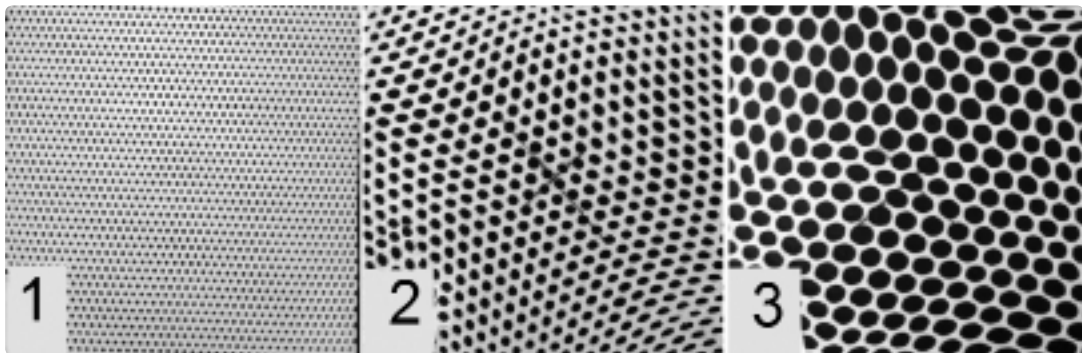
Bu çalışmada, sıklıkla baş-boyun hastalarında kullanılan sabitleyici termoplastik maskelerin delik çaplarının büyüklüğünün yüzey dozuna etkilerinin Co-60 ve 6 MV için, Markus paralel plak (pp) iyon odası, Gafchromic EBT film ve MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effects Transistor) dozimetri sistemiyle araştırılması amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Yüzey dozu ölçümleri, CIRUS Co-60 (CisBio International, Cedex, France) teleterapi cihazı ve Siemens (Siemens Medical Solution, PA, USA) ONCOR lineer hızlandırıcının 6MV foton demetleri ile yapıldı. Yüzey dozları Markus pp iyon odası, EBT2 film ve MOSFET dozimetresiyle ölçüldü.

Bu çalışmada 1.6 mm kalınlığında Aquaplast termoplastik maske kullanıldı. Üç adet Aquaplast termoplastik maske 15x15 cm²lik alan şeklinde kesildi. Kesilen bu maskelerden bir tanesi standart olarak kullanıldı. Diğer maskeler, delik çapları standart maskenin delik çaplarının 1.25 ve iki katı olacak şekilde gerdirildi. Elde edilen maske çeşitleri sırasıyla 1, 2 ve 3 olarak numaralandırıldı (Şekil 1).

Tüm ölçümler en az üç kere tekrarlandı. Ortalamaları ve standart sapmaları (SS) bulundu.



Şekil 1. Farklı çaplarda deliklere sahip termoplastik maske örnekleri.

a) Markus pp İyon Odası ile Derin Doz ve Yüzey Dozu Ölçümleri

Bu çalışmada iyon odası olarak Markus (PTW, Freiburg, Germany) model (23343 seri no), giriş pencere kalınlığı 2.3 mg/cm², elektrot mesafesi 2 mm, toplama çapı 5.4 mm ve yan duvar toplayıcı mesafesi 0.35 mm olan paralel plak (pp) iyon odası kullanıldı. Markus pp iyon odası, kendine özgü delikli katı-su fantomuna, duyarlı penceresi ışın demetine bakacak şekilde yerleştirildi. Altına, elektronların fantom içerisindeki geri saçılma etkisi için 10 cm kalınlığında RW3 (PTW, Freiburg, Germany) katı-su fantomu konuldu. İyon odası, PTW UNIDOS (Freiburg, Germany) elektrometreyle bağlandı. Gantri ve kolimatör açısı 0° olarak ayarlandı ve merkezi eksen ile iyon odasının merkezi çakıştırılarak ölçüm düzeneği kuruldu.

Maske materyalinin build-up etkisini araştırmak için derin doz ölçümleri 5x5 cm², 10x10 cm² ve 15x15 cm² boyutundaki açık alan ve maskeli alanlarda, Co-60 için ciltten 20 mm ve 6MV için ise ciltten 30 mm derinliğe kadar yapıldı. SSD Co-60 cihazında 80 cm, lineer hızlandırıcıda ise 100 cm olarak ayarlandı. Tüm ölçümlerde polarite etkisi hesaba katıldı.

Tüm okuma değerleri, d_{max} derinliğine (Co-60 için 5 mm ve 6 MV için 15 mm) normalize edildi. Kullanılan Markus pp iyon odası build-up bölgesinde gerçek doz değerlerinden daha yüksek cevap vermektedir. Markus pp iyon odasının bu aşırı doz cevabını düzeltmek için Gerbi yöntemi^[8] ile düzeltme faktörleri bulundu. Bu faktörler ölçülmüş derin doz değerlerinden çıkarılarak gerçek % derin doz değerleri elde edildi. Bu düzeltme için aşağıdaki formüller kullanıldı.

$$P'(d, E) = P(d, E) - \zeta(0, E) \times l \times e^{-\alpha(d/d_{maks})}$$

$$\zeta(0, E) = [-1.666 + (1.982IR) \times (C-15.8)]$$

Burada;

$$P'(d, E) = \text{Düzeltilmiş derin doz,}$$

$$P(d, E) = \text{Ölçülmüş derin doz,}$$

$$\zeta(0, E) \times l \times e^{-\alpha(d/d_{maks})} = \text{düzeltilme faktörü,}$$

$$IR = \text{TPR}_{10}^{20} \text{ şeklinde ölçülen doz oranı,}$$

$$\alpha = 5.5 \text{ (sabit bir değer)}$$

l = elektrot mesafesi (Markus için 2 mm)

C = yan duvar-toplayıcı mesafesi (0.35 mm)

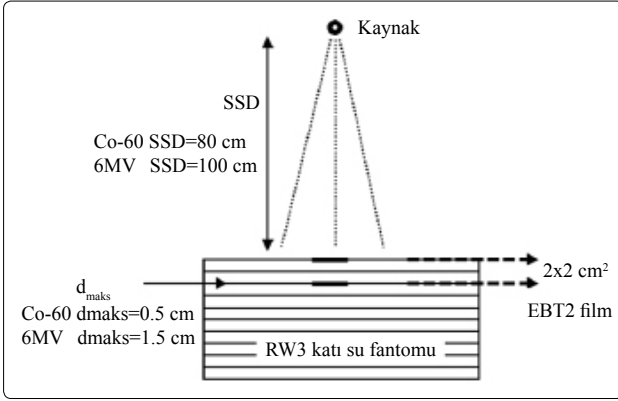
d = iyon odasının ön penceresinin derinliği (yüzeyde $d = 0$).

b) GAFCHROMIC® EBT2 Film ile Yüzey Dozu Ölçümleri

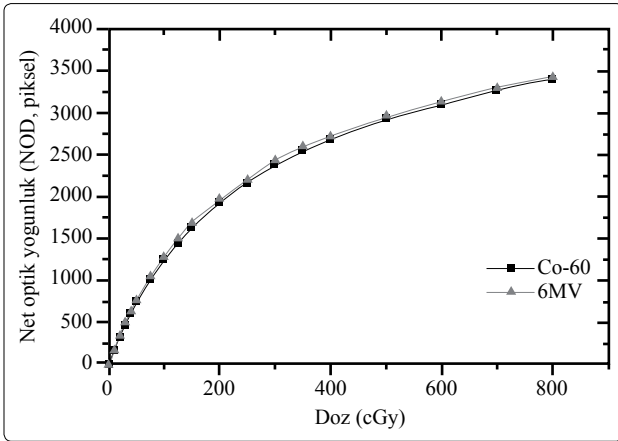
Yüzey dozu ölçümleri için, Gafchromic EBT2 (Lot# F06110902, International Specialty Product, NJ, USA) filmler kullanıldı. EBT2 film, 6 µm kalınlığındaki yüzey katmanı ile ayrılmış iki tane aktif katman (toplam kalınlığı = 34 µm) içermektedir. Bu aktif katmanlar, 97 µm kalınlığındaki iki adet polyester levha ile korunmaktadır. Toplam kalınlığı 234 µm olan film, 1-800 cGy dozlara hassastır. EBT2 filmi atomik olarak %42.3 C, %39.7 H., %16.2 O., %1.1 N., %0.3 Li, %0.3 Cl elementinden oluşmaktadır. Efektif atom numarası 6.98 ve su eşdeğeri ölçüm derinliği 0.153 mm'dir.

Her iki enerji için kalibrasyon eğrileri elde edildi. Kalibrasyon için 2x2 cm² kesilen EBT2 filmler, RW3 katı su fantomunda ve her iki enerjinin d_{max} derinliğinde, SSD = 80 ve 100 cm'de 10x10 cm² alanda ışınlandı. Filmlere 0-800 cGy arasında dozlar verildi. Ölçümlerde kullanılan tüm filmler, ışınlama sonrasında oluşacak kararım hatalarını azaltmak için 24 saat sonra Epson 10000XL flatbed film tarayıcısında tarandı. Filmin optik geçirgenlikleri PTW Mepysto mc² Film Cal programında elde edildi. Okunan film geçirgenliklerinden ışınlanmamış filmlerin geçirgenlikleri (sis) çıkarılarak net geçirgenlikler piksel cinsinden bulundu. Her iki enerji için piksel değerleri ile dozlar arasında kalibrasyon eğrileri çizildi. Bu eğriler, okunan piksel değerlerini doza çevirmek için kullanıldı.

Yüzey dozu ölçümleri, 5x5 cm² boyutlarında filmler ile, açık ve maskeli 5x5, 10x10 ve 15x15 cm² alanlarda d_{max} derinliği ve fantom yüzeyinde ışınlandı. Şekil 2 ölçüm düzeneğini göstermektedir. Maskeli alan ölçülerinde film, maske materyalinin altına yerleştirildi. Filmlerden okunan kararım değerleri Şekil 3'te gösterilen kalibrasyon eğrisi kullanılarak doz çevrildi. Doz değerleri, d_{max} derinliğindeki dozlara normalize edildi ve % yüzey dozu değerleri bulundu.



Şekil 2. EBT2 film ile yüzey dozu ölçüm düzeni.



Şekil 3. Co-60 ve 6MV için EBT2 filmin kalibrasyon eğrisi.

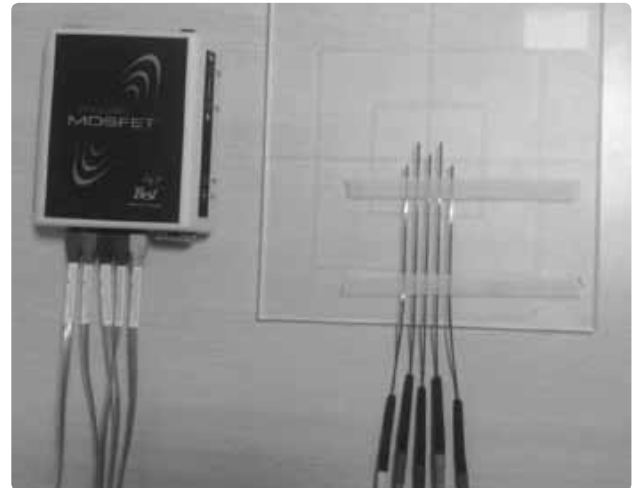
c) MOSFET Dedektörleri ile Yüzey Dozu Ölçümleri

Çalışmada TN-502RD MobileMOSFET (standart model) (Thomson and Nielson Ltd, Ottawa, Canada) dozimetresi kullanıldı. Bu sistemde kullanıcıya bağlı PC program, okuyucu modülü ve yedi adet dedektör bulunmaktadır. Okuyucu modülü wireless ile bilgi akışını sağlayan bluetooth ve beş adet dedektör yuvası içermektedir. Çalışmada kullanılan standart MOSFET dedektörlerin genişliği 2.5 mm, uzunluğu 2 mm, kalınlığı 0.3 mm ve aktif alanı 0.2x0.2 mm² olup esnek bir kablonun ucunda 1 mm epoksi tabakasına bağlanmıştır. MOSFET'in etkin su eşdeğeri derinliği hangi yüzünün huzmeye baktığına bağlı olarak 0.8 mm veya 1.8 mm'dir. [9] Bu çalışmada dedektörün bombeli yüzü fantom yüzeyine doğru yerleştirildi. Bu pozisyonda 0.8 mm eşdeğer derinlikte standart bias (1mV/cGy) voltajında ölçümler yapıldı.

Mosfet dedektör yalıtkan oksit tabakasıyla metal geçitten ayrılmış p-tipi silikondan oluşan bir cihazdır. Geçite uygulanan negatif bias, silikon yüzeyde pozitif bir yük oluşmasına neden olur. Bu yük, silikondan akım geçmesine izin verir. Mosfet boyunca iletimi sağlayan voltaja eşik voltajı (VT) denir. MOSFET iyonize radyasyona maruz kaldığında oksit tabakasında elektron-boşluk çifti oluşur. Boşlukların çoğu oksitte yakalanır. Bu yakalanan pozitif boşluklar VT'yi arttıran bir alan yaratırlar ve eşik voltajında bir kaymaya neden olur. Eşik voltajındaki kayma oksit tabakasında depolanan radyasyon dozu ile orantılıdır.

Ölçümlerden önce MOSFET dedektörleri, Co-60 ve 6 MV'de kalibre edildi. Kalibrasyon işlemi, Co-60 ta 80 cm ve 6 MV için 100 cm SSD'de, 10x10 cm² alanda ve d_{max} derinliğinde 100 cGy için yapıldı. Beş adet dedektörün yerleştirilebileceği oyuklar bulunan 30x30x1 cm'lik akrilik fantom 10 cm RW3 fantomun üzerine yerleştirildi (Şekil 4). Herbir dedektöre özgül cGy/ mV cinsinden kalibrasyon faktörleri elde edildi.

Kalibre edilen dedektörlerden, uygun kalibrasyon faktörüne ve düşük standart sapmaya sahip üç adet dedektör ile Şekil 2 ile aynı düzenekte yüzeyde ve maksimum doz derinliğinde açık ve maskeli alanlarda ölçü yapıldı. Ölçümler üç kere tekrarlandı ve ortalaması alındı. Yüzeyde okunan değerler maksimum doz değerlerine normalize edilerek % yüzey dozları bulundu.



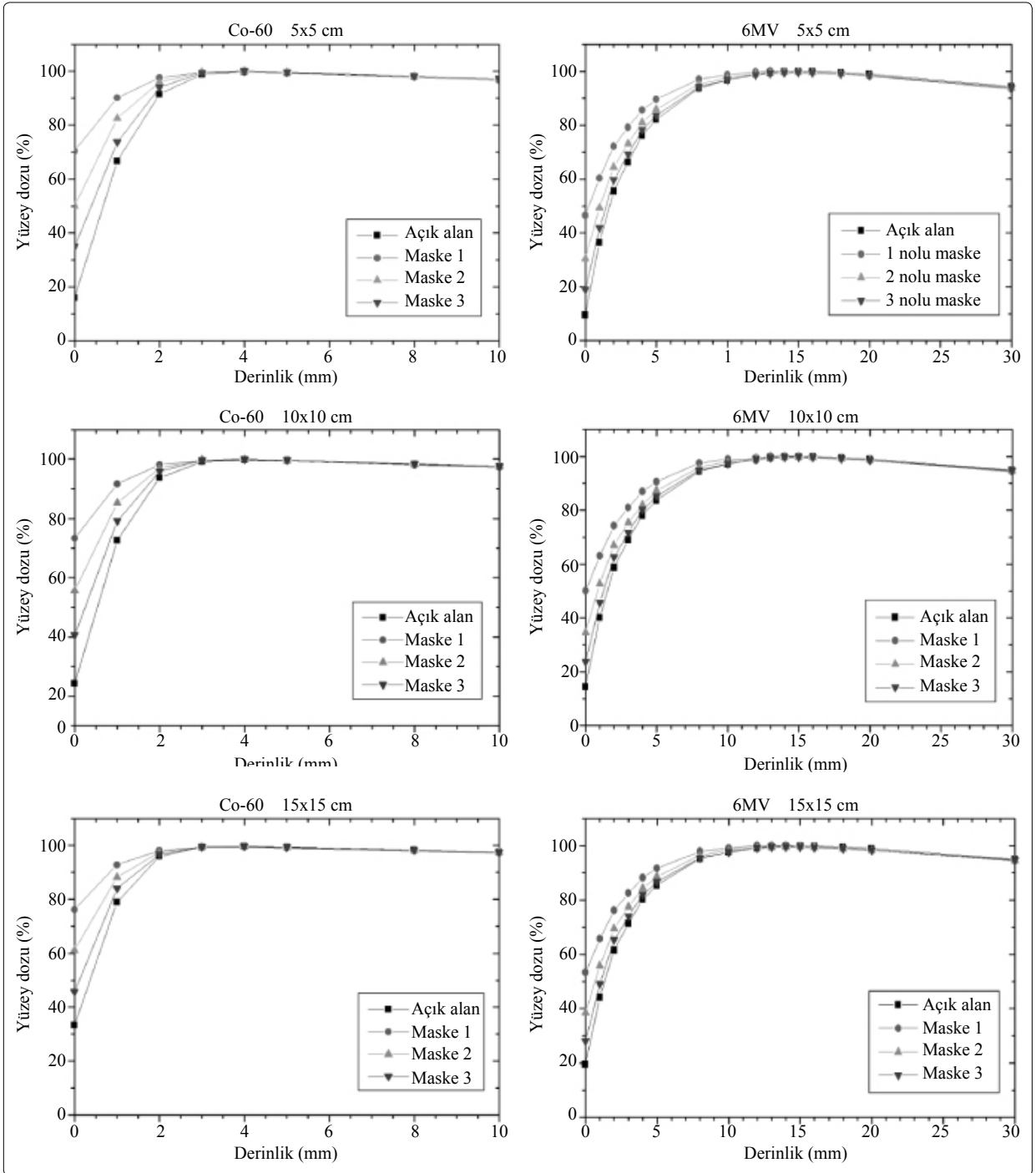
Şekil 4. MOSFET kalibrasyon fantomu.

BULGULAR**a) Build-up bölgesindeki doz değişimi**

Co-60 ve 6MV foton enerjisi için 5x5 cm², 15x15 cm² boyutlarındaki açık ve 1, 2, 3 no'lu maskeli alanların Markus pp iyon odası ile elde edilen

% derin doz eğrileri Şekil 5'te gösterilmektedir.

Derin doz grafiklerinden, termoplastik maskelerin maksimum doz derinliğini yüzeye doğru çektiğini ve bu nedenle de cildin korunma etkisinin azaldığı gözlenmiştir. Maksimum doz derinliğinden daha büyük derinliklerde maske materyali %



Şekil 5. Co-60 ve 6 MV için Markus pp ile ölçülen build-up bölgesi ve yüzey dozları.

Tablo 1Co-60 için, 5x5 cm², 10x10 cm² ve 15x15 cm² alanların açık ve maskeli % yüzey dozları

Alan	5x5 cm ²			10x10 cm ²			15x15 cm ²	
	Markus (%±SS)	EBT 2 (%±SS)	MOSFET (%±SS)	Markus (%±SS)	EBT 2 (%±SS)	MOSFET (%±SS)	Markus (%±SS)	EBT 2 (%±SS)
Açık alan	15.9±1.1	17.3±2.1	57.2±2.3	24.2±1.2	25.1±2.2	61.6±2.3	33.3±1.1	34.6±2.3
Maske 1	70.4±1.1	72.8±2.2	96.5±2.3	73.3±1.2	74.4±2.1	96.1±2.3	76.1±1.1	78.8±2.3
Maske 2	50.0±1.2	52.0±2.1	89.4±2.2	55.6±1.3	56.3±2.1	85.4±2.4	61.1±1.1	62.8±2.4
Maske 3	34.9±1.2	36.5±2.1	79.5±2.1	40.6±1.2	41.8±2.2	83.5±2.4	45.7±1.2	48.2±2.3

Tablo 26MV için, 5x5 cm², 10x10 cm² ve 15x15 cm² alanların açık ve maskeli % yüzey dozları

Alan	5x5 cm ²			10x10 cm ²			15x15 cm ²		
	Markus (%±SS)	EBT 2 (%±SS)	MOSFET (%±SS)	Markus (%±SS)	EBT 2 (%±SS)	MOSFET (%±SS)	Markus (%±SS)	EBT 2 (%±SS)	MOSFET (%±SS)
Açık alan	9.6±1.5	15.7±2.1	32.2±2.3	14.4±1.3	19.4±2.3	37.4±2.3	19.5±1.5	24.1±2.3	43.2±2.4
Maske 1	46.5±1.6	50.2±2.4	64.4±2.4	50.1±1.3	55.1±2.1	68.8±2.4	53.3±1.5	58.3±2.3	70.2±2.4
Maske 2	30.5±1.5	34.7±2.3	48.0±2.4	34.7±1.5	39.1±2.2	52.6±2.4	38.6±1.3	42.8±2.4	57.9±2.5
Maske 3	19.0±1.5	23.7±2.2	43.0±2.3	23.7±1.7	31.2±2.4	47.7±2.5	28.0±1.6	32.7±2.5	51.9±2.5

derin doz değerlerini etkilememektedir.

b) Maske materyalinin yüzey dozuna etki

Tablo 1 ve Tablo 2, Co-60 (SSD=80 cm) ve 6MV (SSD = 100 cm) için sırasıyla açık ve maskeli 5x5, 10x10 ve 15x15 cm² alanların Markus pp iyon odası, Gafchromic EBT2 film ve MOSFET ile elde edilen % yüzey dozlarını göstermektedir.

Maske materyali cilt dozunu ciddi şekilde artırmaktadır. 1, 2 ve 3 no'lu maske materyallerinin yüzey dozuna olan artırıcı etkisi incelendiğinde, yüzey dozlarındaki en büyük artışı, 1 no'lu (standart) maske yapmaktadır. 3 no'lu maskenin meydana getirdiği artışın diğer maskelerden daha az olmasının nedeni, işlem sonrası delik genişliğinin daha fazla olması ve dolayısıyla maske kalınlığının da daha ince olmasındandır.

Markus pp iyon odası, EBT film ve MOSFET dedektörleriyle ölçülen yüzey dozları kıyaslandığında Markus ve EBT2 film sonuçları birbirine benzemekte, MOSFET sonuçlarıyla bir benzerlik bulunmamaktadır. Farklılık dozimetrelerin farklı etkin ölçüm derinliklerine sahip olmasından kay-

naklanmaktadır. Markus pp iyon odasının etkin ölçüm derinliği 0.023 mm, Gafchromic EBT filmin etkin ölçüm derinliği 0.153 mm, MOSFET' in etkin ölçüm derinliği 0.8 mm'dir.

TARTIŞMA

Tüm baş-boyun hastalarının sabitlenmesinde maske kullanıldığından ve tedavi planlama sistemleri cilt dozunu doğru olarak hesaplamada yetersiz kaldıklarından, maske altındaki dozların klinik koşullarda ölçülmesi gereklidir. Maskenin kullanıldığı klinik set-up'larda maske yapımı sonrasında çok değişik kalınlıklarda ve delik çaplarında olabileceğinden gerçek cilt dozlarını tahmin etmek zordur. Bu çalışma bu nedenle farklı delik çaplı maskele- rin cilt dozuna etkisini araştırmak için yapılmıştır.

Üç farklı yöntem ile elde edilen sonuçlar, alan boyutun artmasıyla yüzey dozlarının arttığını, enerjinin artmasıyla ise yüzey dozlarının azaldığını göstermektedir. Açık alanlarda Co-60 için Markus pp kullanarak bulduğumuz yüzey dozları literatür ile uyumludur. 10x10 cm²'de %24.2 olarak bulduğumuz yüzey dozunu Johnson ve ark.^[10] %27.7,

Bilge ve ark.^[11] %24 olarak bulmuşlardır. 6MV'de 10x10 cm alanda Markus pp iyon odası ile yüzey dozu %14.4 olarak bulunmuştur. Yadav ve ark.^[12] 6MV foton enerjisi için, Markus pp iyon odası kullanılarak yaptıkları çalışmada, 10x10 cm² için SSD = 100 cm'de cilt dozunu %14.8 olarak bulmuşlardır. Mellenberg'in^[4] çalışmasında da yüzey dozu ekstrapolasyon iyon odası ile %14.9 olarak bulunmuştur. Co-60'ta Markus ve EBT2 ile bulduğumuz yüzey dozları %3 içinde uyumlu iken 6MV'de %5 fark bulunmuştur. Sonuçlarımız literatürle uyumludur.^[13] Bilge ve ark.^[13] Gafchromic EBT film ile yaptıkları çalışmada 6MV foton enerjisi için 5x5 cm², 10x10 cm² ve 20x20 cm² açık alanların yüzey dozları sırasıyla %15, %20 ve %28 olarak bulmuşlardır. Çalışmamızda bulduğumuz 5x5 cm², 10x10 cm² ve 15x15 cm² alanlar için yüzey dozları sırasıyla %15.7, %19, ve %24.1 yüzey dozları literatür ile uyumludur. MOSFET ile bulunan yüzey dozları Markus pp iyon odası ve film ile bulunan yüzey dozlarından daha yüksektir. MOSFET ile bulunan yüzey dozlarının daha büyük olması, MOSFET dozimetrenin etkin ölçü derinliğinin (0.8 mm) Markus ve EBT2 filmlerinin su eşdeğeri ölçü derinliklerinden daha fazla olması ve dolayısıyla daha yüksek doz bölgesinde ölçüm yapılmasından kaynaklanmaktadır. MOSFET ile 6MV'de SSD = 100 cm'de açık alan yüzey dozlarını sırasıyla, 5x5 cm² için %32.2, 10x10 cm² için %37.4 ve 15x15 cm² için %43.2 olarak bulduk. Scalchi ve ark.^[9] nın 6MV'de SSD = 100 cm'de yaptığı çalışmada, bizim çalışmamızdaki gibi MOSFET dedektörlerin düz tarafı kullanılmıştır. Bu çalışma sonucunda 5x5 cm², 10x10 cm² ve 20x20 cm² alanların yüzey dozları sırasıyla %32.7, %35.6 ve %44.2, olarak bulunmuştur. Sonuçlarımız bu çalışmayla uyumludur. Çalışmamızda kullanılan MOSFET dedektörün etkin ölçü derinliğinin fazla olması nedeniyle bu dedektörler yaklaşık 1 mm derinlikteki dozu göstermektedir. Bu derinlik cildin epidermis tabakasının 70 µm (0.07 mm) derinlikte olduğu düşünüldüğünde gerçek yüzey dozunu göstermekten uzaktır. Ancak dermisin dozu hakkında bilgi vermek açısından yararlıdır.

Derin doz grafiklerine bakıldığında, termoplastik maskelerin build-up bölgesini daralttığı, özellikle 1 nolu maskenin maksimum doz derinliğini Co-60 için 2 mm'ye 6MV için 8 mm'ye çektiği ve

bu nedenle de cildin korunma etkisinin azaldığı gözlenmiştir. Maksimum doz derinliğinden büyük derinliklerde maske materyalinin % derin doz değerlerini etkilememektedir. Halm ve ark.,^[2] Co-60 demetleri için Orfit maske (2 mm) altında, ilk mm derinliğindeki doz artışın önemli derecede olduğu ayrıca maksimum doza normalize edilen doz değerinin, 0.5 mm için %57.1'den %77'ye, 1 mm derinliğinde ise %78.5'den %88'e çıktığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda da literatür sonucuna uyumlu olarak maske materyalinin varlığı yüzey dozunu artırmaktadır. Hadley ve ark.^[1] maske altındaki build-up bölge dozundaki değişimi araştırdıkları çalışmada, 6MV- 15 MV (Varian 21 Ex) foton enerjileri için, Attix pp iyon odası kullanarak birbirinden farklı delik çaplarına ve kalınlıklara sahip maske tipleri altında ölçüm yapmışlardır. Sonuçta, normalden 1.25, 3 ve 5.25 kat büyütülmüş maske materyallerinin, 6MV foton enerjisinde 10x10 cm² alanın yüzey dozlarını, sırasıyla, %16'dan %48'e, %35'e, %29'a yükselttiğini bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda, 1 ve 2 no'lu maskeler 10x10 cm² açık alanın yüzey dozlarını, sırasıyla %14.4'ten %50'ye (3.4 kat) ve %34.7'ye (2.5 kat) yükseltmiştir. Oh ve ark.,^[6] 6MV'de Aquaplast termoplastik maskenin 5x5 cm², 10x10 cm² ve 15x15 cm² açık alan yüzey dozlarını sırasıyla %7.9'dan %38.4'e, %13.6'dan %43.6'ya ve %18.7'den %47.4'e yükseldiği bildirilmiştir. Buna göre Aquaplast maske, cilt dozunu 5x5 cm alan için 4.8 kat, 10x10 cm alanda 3.2 kat, 15x15 cm alanda 2.5 kat artırmaktadır. Bizim sonuçlarımız da bu çalışmanın sonuçlarına çok benzerdir.

Maske materyalinin cilt dozlarını artırdığı şeklindeki sonuçlarımız literatürle benzerlik gösterirken, bazı farklılıklar, maske kalınlıklarının, delik çaplarının, iyon odasının ve cihazın farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak, kliniğimizde hasta sabitlemede kullanılan maske materyalinin 3 no'lu maskede olduğu gibi büyük deliklere sahip olarak kullanılması, küçük delik çaplarına sahip maskelere (1 no'lu maske) oranla yüzey dozunu daha az artırmaktadır. Özellikle maske materyalinin delik çapının küçük olarak kullanıldığı durumda cilt dozu açık alana göre yaklaşık dört kat artmaktadır. Gerdirilerek

delik çapı büyütülen ve kalınlığı azaltılan maske materyalinin cilt dozlarına katkısı daha azdır. Kritik organ ve dokuların bulunduğu ya da tanjansiyel demetlerin kullanıldığı olgularda maskenin kısmen kesilmesi ya da gerdirilerek delik çaplarının büyütülmesi, cilt dozlarının azaltılması açısından önemli olacaktır.

Yüzey dozu ölçümlerinde Markus pp iyon odası ve EBT2 film sonuçları birbirine yakındır. Ancak bu çalışmada kullanılan ve pozisyonuna bağlı olarak 0.8 mm ölçü derinliğine sahip MOSFET detektörleri ile epidermis katmanının derinliğine eşdeğer olan 0.07 mm derinlikteki gerçek yüzey dozunun ölçülememesine rağmen, paralel plak iyon odasına göre, dedektörlerin aktif alanlarının çok küçük olması, ışınlamadan hemen sonra doz yanıtının alınabilmesi ve hasta üzerinde *in vivo* olarak kullanılabilmesi gibi birçok avantajları vardır. 0.153 mm etkin ölçüm derinliğine sahip EBT filmleri ile cildin epidermis katmanına yakın derinlikteki dozların ölçülebilmesi, hasta üzerinde kullanılabilmesi, ışınlamadan sonra banyo gereksinimi göstermemesi, ışınlamadan iki saat sonra dozimetrik değerlendirme yapılabilmesi, uzun süre floresan ışığına maruz kalma hariç, oda ışığına hassas olmaması ve suya dirençli olması gibi avantajlara sahip olması, Gafchromic EBT filmleri cilt dozu için uygun bir ölçüm aracı yapmaktadır.

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından kısmen desteklenmiştir. Proje No: 6861.

KAYNAKLAR

1. Hadley SW, Kelly R, Lam K. Effects of immobilization mask material on surface dose. J Appl Clin Med Phys 2005;6(1):1-7. [CrossRef](#)

2. Halm EA, Tamri A, Bridier A, Wibault P, Eschwège F. Influence of thermoplastic masks on the absorbed skin dose for head and neck tumor radiotherapy. [Article in French] Cancer Radiother 2002;6(5):310-9. [Abstract]
3. Kılıç A, Küçük N, Özkan L, Engin K. The effects of various immobilization devices on build-up and surface doses. TJ Oncol 2001;16(4):179-82.
4. Mellenberg DE. Dose behind various immobilization and beam-modifying devices. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1995;32(4):1193-7. [CrossRef](#)
5. Fiorino C, Cattaneo GM, del Vecchio A, Longobardi B, Signorotto P, Calandrino R, et al. Skin dose measurements for head and neck radiotherapy. Med Phys 1992;19(5):1263-6. [CrossRef](#)
6. Oh DH, Bae HS. The effect of Aquaplast on surface dose of photon beam. J Korean Soc Ther Radiol 1995;13(1):95-100.
7. Qi ZY, Deng XW, Huang SM, Zhang L, He ZC, Li XA, et al. In vivo verification of superficial dose for head and neck treatments using intensity-modulated techniques. Med Phys 2009;36(1):59-70. [CrossRef](#)
8. Gerbi BJ, Khan FM. Measurement of dose in the build-up region using fixed-separation plane-parallel ionization chambers. Med Phys 1990;17(1):17-26. [CrossRef](#)
9. Scalchi P, Francescon P. Calibration of a mosfet detection system for 6-MV in vivo dosimetry. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1998;40(4):987-93. [CrossRef](#)
10. Johnson MW, Griggs MA, Sharma SC. A comparison of surface doses for two immobilizing systems. Med Dosim 1995;20(3):191-4. [CrossRef](#)
11. Bilge H, Küçük H, Yöndem S, Çakır A. Surface and build-up region dose characteristics for high energy photons. [Article in Turkish] TJ Oncol 2006;21(4):168-73.
12. Yadav G, Yadav RS, Kumar A. Skin dose estimation for various beam modifiers and source-to-surface distances for 6MV photons. J Med Phys 2009;34(2):87-92. [CrossRef](#)
13. Bilge H, Cakir A, Okutan M, Acar H. Surface dose measurements with GafChromic EBT film for 6 and 18MV photon beams. Phys Med 2009;25(2):101-4.