

# Yüksek doz hızlı brakiterapi kaynakları için aktivite ölçümünde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması

Measurement of the strength of high dose rate brachytherapy sources using two different techniques

Songül ÇAVDAR KARAÇAM,<sup>1</sup> Ayşe KOCA,<sup>2</sup> Basri GÜNHAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı; <sup>2</sup>Özel Sante Sağlık Hizmetleri; <sup>3</sup>İtalyan Hastanesi

## AMAÇ

HDR brakiterapi kaynakları arasında <sup>192</sup>Ir izotopu sıklıkla kullanılmaktadır. <sup>192</sup>Ir izotopunun kısa yarı ömürlü olması kullanıcıya dört, beş aylık aralıklarla kaynak değişimi zorunluluğunu getirir. Üretici tarafından verilen kaynak aktivitesine ait kalibrasyon sertifikasındaki büyük belirsizlik ( $\pm 5\%$ ); kullanıcının bağımsız bir kalibrasyon yapmasını gerektirir. Bu çalışmada, üretici sertifikasındaki aktivite değeri, iki farklı teknik kullanılarak ölçülen aktivite ile karşılaştırıldı.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Ölçümler, Gammamed 12-i yüksek doz hızlı (HDR) uzaktan yüklemeli brakiterapi cihazında 10 kaynak için yapıldı. Kalibrasyon jigi ve silindirik katı fantom kullanılarak aktivite belirlendi. Ölçümler sertifika değerleriyle karşılaştırıldı.

## BULGULAR

Kalibrasyon jigi ve silindirik katı fantom düzeneği kullanılarak elde edilen sonuçlar için yapılan karşılaştırmada %0,1-4,2; 10 kaynak için sertifika ve her iki ölçüm değeri arasında %0,6-3,9 fark görüldü.

## SONUÇ

Yapılan değerlendirmede, ölçüm sonuçlarının birbirleriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

**Anahtar sözcükler:** Aktivite; brakiterapi; kalite kontrol.

## OBJECTIVES

The isotope <sup>192</sup>Ir is frequently used in high dose rate brachytherapy sources. The short half-life of <sup>192</sup>Ir source compels the user to change the source at every interval of four to five months. A large uncertainty ( $\pm 5\%$ ) in the source strength quoted by the supplier requires an independent calibration by the users. In this study, we compared the manufacturer's certificate source strength and the source strength as measured using two different techniques.

## METHODS

We performed our measurements on Gammamed 12-i brachytherapy unit for 10 sources in our clinic. The calibration jig and cylindrical phantom were used to determine source strength. Measurements were compared with the certificated values.

## RESULTS

The difference between the calibration jig and cylindrical phantom measurement methods for source strength was between 0.1-4.2%. The results for the 10 sources showed a difference in source strength between the certificates and our measure of 0.6-3.9%.

## CONCLUSION

According to our results, there was accordance between all measurements.

**Key words:** Source strength; HDR brachytherapy; quality control.

Yüksek doz hızlı (HDR) brakiterapi tekniklerinde yüksek dozların kısa sürede verilmesi sırasında yapılabilecek hatalar önemli klinik yan etki-

lere neden olabilir. Biri ölümlü sonuçlanan 500 HDR kazası rapor edilmiştir. Hatalar, başlıca insan hatalarından olmak üzere, hesaplama paramet-

relerinden, yanlış aplikatör çapından ya da cihazdan kaynaklanan sorunlar nedeniyle meydana gelebilir.<sup>[1]</sup> Tedavi planlama yazılımı fizik parametrelerdeki modifikasyonlardan kaynaklanan hatalar nedeniyle doz tanımlamasında potansiyel hatalar gösterebilir.<sup>[2,3]</sup> AAPM Task Group 40'ta uzun ve kısa yarı ömürlü brakiterapi kaynakları için yapılması gerekli olan aktivite ölçümü, zamanlayıcı kontrolü, kaynak kılavuzu ve konnektörlerin doğruluğunun kontrolü, aplikatörlerin mekanik kontrolü gibi birçok test ile ilgili tanımlamalar yapılmış ve bunların tolerans değerleri verilmiştir. Kısa yarı ömürlü kaynaklarda her kaynak değişiminde, uzun yarı ömürlü kaynaklarda senelik olarak yapılması önerilen aktivitenin verifikasyonu bu testler arasında önemli bir yere sahiptir.<sup>[4]</sup> Üretici firma her yeni kaynak için kalibrasyon sertifikası düzenlemekte ve aktivitedeki belirsizliği  $\pm 5\%$  olarak vermektedir.<sup>[5]</sup> Kullanıcı tarafından cihaza her kaynak yüklenmesinden sonra bağımsız olarak aktivite ölçümünün yapılması önerilmektedir.<sup>[6]</sup> HDR brakiterapide yaygın olarak kullanılan Ir-192 kaynağı küçük *pellet* şeklinde 0,5 mm çapında, 4 mm aktif uzunluğunda, 73,83 günlük yarı ömre sahiptir ve yaklaşık üç ayda bir değiştirilmesi gerekmektedir.

Başarılı bir HDR tedavinin verilebilmesi için kalite güvenceliği ve kalite kontrol programlarının oluşturularak uygulanması gerekir.<sup>[4,5]</sup>

Kliniğimizde rutinde uyguladığımız kalite kontrol programı günlük ve kaynak değişimi günü olarak uygulanmaktadır. Gammamed 12-i model (MDS-Nordion Haan GmbH, Almanya; şimdi Varian Medical System) uzaktan kumandalı sonradan yüklemeli brakiterapi cihazında bulunan Ir-192 kaynağı ile ilgili uygulanan kalite kontrol programı içerisinde yer alan kaynak kalibrasyon ölçümleri havada ve fantomda yapılarak üretici sertifika değerleri ile karşılaştırıldı. Ayrıca ölçüm değerleri AAPM Task Group 40<sup>[4]</sup> tolerans değerleri ile karşılaştırılarak uygunluğu değerlendirildi.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Aşağıda Ir -192 kaynaklı brakiterapi cihazı için uygulanan aktivitenin verifikasyonu için uygulanan iki yöntem verilmektedir.

**1. Havada ölçüm yöntemi:** Kaynak aktivitesi kaynak değişimi günü dozimetre sistemi ve üretici firma tarafından sağlanmış olan kalibrasyon jigi kullanılarak belirlenmektedir. Dozimetre sistemi olarak PTW Unidos (PTW Freiburg, Freiburg, Almanya) elektrometre ve PTW 0.6 cc grafit iyon odası (PTW Freiburg, Freiburg, Almanya) kullanıldı. Kalibrasyon jigi plastik kateter ve iyon odasının istenen mesafede havada ölçüm yapılmasına olanak sağlayacak şekilde üretici firma tarafından dizayn edilmiştir (Şekil 1a). Havada kaynaktan 10 cm mesafede 60 sn'lik sürede elektrometreden elde edilen okuma değeri IAEA-TECDOC-1079 ve 1274'te<sup>[7,8]</sup> belirtildiği üzere aşağıdaki formülde yerine konarak kaynağın aktivitesi bulundu.

$$RHK=(M_U/t) \times N_k(\text{Ir-192}) \times k_{\text{air}} \times k_{\text{scatt}} \times k_n \times (d/d_{\text{ref}})^2$$

$$\text{Activity} = \frac{RHK}{(\Gamma_{\delta})_x \times (W/e)_{\text{air}}}$$

RHK: Referans Hava Kerma (Reference Air Kerma)

Mu: Dozimetre okuma değeri (t süresi boyunca)

N<sub>k</sub>(Ir-192): İyon odası için hava kerma kalibrasyon faktörü

k<sub>air</sub>: Atenuasyon düzeltme faktörü

k<sub>scatt</sub>: Oda saçılma faktörü

k<sub>n</sub>: Gradient faktörü

d: Ölçüm mesafesi

d<sub>ref</sub>: Referans mesafe

(Γ<sub>δ</sub>)<sub>x</sub> : Işınlama hızı sabiti (0,466 m<sup>2</sup>/hCi)

(W/e)<sub>air</sub>: Havada tek bir iyon çiftini üretmek için ihtiyaç duyulan ortalama enerji (8,730 mGy/R)

**2. Silindirik katı fantomda ölçüm yöntemi:** Kaynak aktivitesi dozimetre sistemi ve silindirik katı fantom (Şekil 1b) kullanılarak belirlendi. Dozimetre sistemi olarak PTW Unidos (PTW Freiburg Freiburg, Almanya) elektrometre ve PTW 0.6 cc grafit iyon odası (PTW Freiburg, Freiburg, Almanya) Silindirik fantomun merkezine kateter bağlantısı yapıldı. 1, 2, 3 ve 4 nolu deliklere (0°, 90°, 180° ve 270° geometriler-

de) iyon odası yerleştirilerek 60 sn'lik süre için tüm geometrilere okumalar alındı. Tüm okuma değerlerinin ortalaması aşağıdaki formülde yerine konularak<sup>[9]</sup> aktivite değeri hesaplandı.

$$(K_a)_a = k_a \rightarrow p \cdot k_{ph} \cdot k_{\tau} \cdot k_p \cdot k_T \cdot k_r \cdot k_Q \cdot N_K \cdot M$$

$(K_a)_a$ : Referans Hava Kerma (Reference Air Kerma)

$k_a \rightarrow p$ : Pertürbasyon faktörü (pleksglas ortamdan havaya)

$k_{ph}$ : Fantomla ilgili absorpsiyon etkisi ve saçılmayı hesaba katan faktör

$k_{\tau}$ : Ölçüm süresi

$k_p$ : Sıcaklık ve basınç düzeltmesi

$k_T$ : Sıcaklık farkı düzeltme faktörü [düşük aktiviteli  $^{90}\text{Sr}$  radyoaktif kontrol kaynağı kullanılması durumunda kontrol kaynağı ( $t_{ph}$  °C) ve katı fantom ( $t_{KV}$  °C) arasındaki sıcaklık farkı düzeltmesi  $k_T = (273,15 + t_{ph}) / (273,15 + t_{KV})$ ]

$$k_r = \left( \frac{r}{r_0} \right)^2$$

$r_0$ : Referans mesafe (1 m) ve fantom ölçüm mesafesi  $r$ : 8 cm

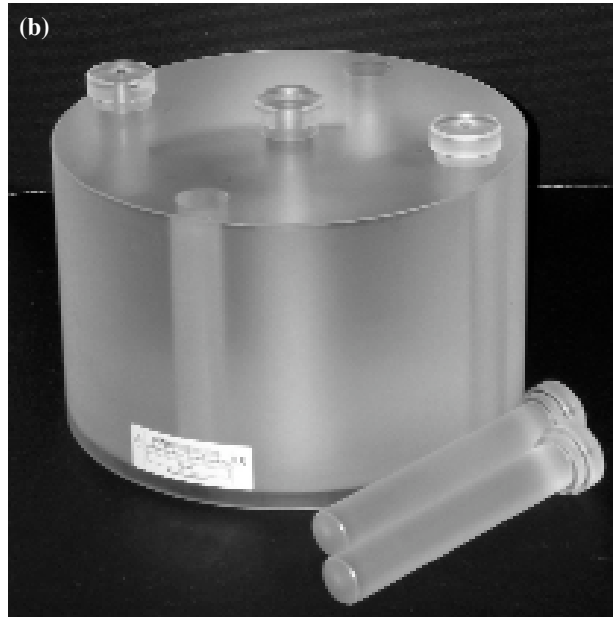
$k_Q$ : Kalite faktörü

$N_K$ : İyon odası için hava kerma kalibrasyon faktörü

$M$ : Dozimetre okuma değeri ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  ve  $270^\circ$  geometrilere silindirik fantomla alınan elektrometre okuma değerlerinin ortalaması).

## BULGULAR

Gammamed marka 12-i model HDR brakiterapi cihazı için AAPM Task Group 40, Estro Booklet No.8<sup>[2,10]</sup> referans alınarak klinik şartlara ve cihazın özelliklerine uygun nitelik temini programı uygulandı. Brakiterapi cihazıyla birlikte üretici tarafından sağlanmış olan kalibrasyon jiginin yanı sıra silindirik katı fantomunda aynı amaç için kullanılabilmesi amacıyla cihaz kurulumundan itibaren ilk 10 kaynak için her iki ölçüm yöntemiyle kaynak aktivitesi belirlendi. Yapılan ölçümler değerlendirildiğinde ölçüm setinin kurulması da dahil olmak üzere sadece kaynak aktivitesi ölç-



Şekil 1. Aktivite ölçümünde kullanılan fantomlar. (a) Kalibrasyon jigi, (b) silindirik katı fantom.

**Tablo 1**

Ir-192 kaynağı için ölçüm ve sertifika değerleri

Kaynak No	Ölçülen aktivite (Ci) Yöntem 1	Ölçülen aktivite (Ci) Yöntem 2	Sertifikadaki aktivite (Ci)	Yüzde fark (Yöntem 1 ve sertifika)	Yüzde fark (Yöntem 2 ve sertifika)
1	10,22	10,28	10	2,2	2,8
2	10,06	10,14	10	0,6	1,4
3	10,31	10,39	10	3,1	3,9
4	9,89	10,31	10	-1,1	3,1
5	10,30	10,39	10	3,0	3,9
6	10,15	10,28	10	1,5	2,8
7	9,88	10,29	10	-1,2	2,9
8	10,10	10,25	10	1,0	2,5
9	10,23	10,33	10	2,3	3,3
10	10,26	10,33	10	2,6	3,3

çümü süresinin kalibrasyon jigi ile 20 dk ( $\pm 5$  dk), silindirik katı fantom ile 40 dk ( $\pm 10$  dk) olduğu saptandı. Her iki ölçüm yöntemiyle yapılmış olan kaynak kalibrasyon testi sonuçları Tablo 1’de ve şematik gösterimi Şekil 2’de verilmiştir. Ayrıca ölçüm sonuçlarının yöntemlere göre dağılımı Tablo 2’de verilmiştir. Kalibrasyon jigi ve silindirik katı fantom kullanılarak elde edilen ölçüm değerleri arasında %0,1-4,2’lik fark görüldü. Üretici tarafından verilmiş olan kaynak kalibrasyon sertifikasında verilen aktivite değerleri ile yapılan karşılaştırmada her iki ölçüm yöntemiyle de ölçülen ve beyan edilen sertifika değeri arasındaki yüzde değişim %0,6-3,9 olarak bulundu.

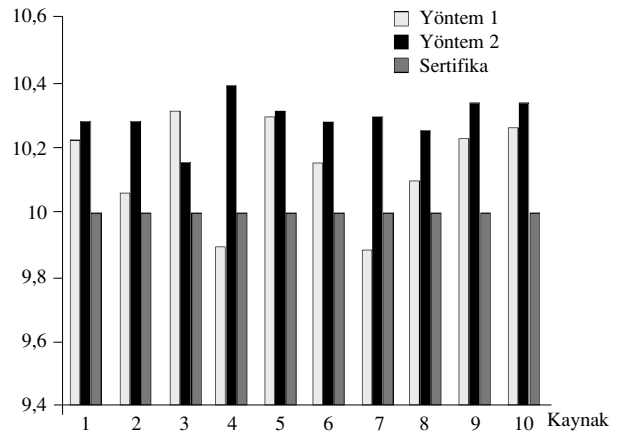
## TARTIŞMA

Brakiterapi uygulamalarında amaç tedavi volümüne optimal dozu, kabul edilebilir limitler içerisinde doğrulukla vermektir. HDR brakiterapi cihazlarında rutin uygulamalar sırasında bazı sorunlarla karşılaşılabilir. Yüksek tedavi dozlarının kısa sürede verilmesi tedavi sırasında kalite kontrolü olanaksız kılar. Bu nedenle brakiterapide dozların doğru tayin edilerek verilmesi çok önemlidir. Bunun için kalite güvenceliği ve kalite kontrol programlarının oluşturularak uygulanması gerekir. Kalite kontrol testleri cihazın mekanik ve dozimetrik kontrollerini içermelidir. Aktivitenin verifikasyo-

**Tablo 2**

Aktivite ölçüm sonuçlarının yöntemlere göre dağılımı

İstatistik değerlendirme	Yöntem 1	Yöntem 2
Ölçüm sayısı	10	10
Ortalama	10,14	10,30
Ortanca	10,18	10,30
Standart sapma	0,157	0,074
Standart hata (Ort.)	0,050	0,023
En küçük	9,88	10,14
En büyük	10,31	10,39



**Şekil 2.** Uygulanan yöntemler için elde edilen ölçüm değerlerinin şematik gösterimi.

nu nitelik temini programları içerisinde yerini alması gereken önemli bir kontroldür. Kaynak aktivite kalibrasyonu grup ortalamasında %3, her bir kaynak için %5 olarak belirtilmiştir.<sup>[5]</sup> Bu nedenle ilk başta ve her kaynak değiştiğinde kaynak kalibrasyonu mutlaka yapılmalıdır.

Brakiterapi uygulamalarında verilen dozun doğruluğu birçok fiziksel parametreye bağlıdır. Tedavinin doğru uygulanması ve herhangi bir radyasyon kazasının önlenmesi için kalite kontrol programının oluşturulması oldukça önemlidir.<sup>[10,11]</sup> Uygulanan program tedavinin doğru ve güvenli şekilde uygulanmasını sağlarken aynı zamanda hastanın ve çalışanların güvenliğini de sağlar. Her kliniğin kendi cihazlarına ait özellikleri ve yayınlanmış uluslararası tavsiyeleri dikkate alarak kendilerine ait kalite kontrol programı oluşturması önemlidir.<sup>[12,13]</sup>

Ahmad ve ark.'nın<sup>[14]</sup> bu amaçla yaptıkları çalışmada Vari-Source HDR brakiterapi cihazı için 1996-2001 yılları arasında uyguladıkları nitelik temini programını değerlendirmişlerdir. Kaynak değişiminden sonra ve aylık olarak kaynak aktivite ölçümünü *well-type* iyon odası kullanarak yapmışlar, ölçüm ve sertifika değerleri arasında %2-5 arasında değişim saptamışlardır.

Elfrink ve ark.<sup>[12]</sup> yaptıkları çalışmada HDR-1000 *well-type* iyon odasını referans olarak yüzde karekök hatası istatistik değerlendirmesiyle (*The overall percentage root mean square error-RMS*) silindirik katı fantom için %0,44 ve düz katı fantom için %0,60 olarak bulmuşlardır; üretici sertifikasıyla yüzde RMS değerinin değişiminin %3,3 olduğu belirtilmiştir. Çalışmada 20 HDR <sup>192</sup>Ir kaynağı için üretici firmanın verdiği kaynak aktivitesi belirsizliği %10, Mart 1996'dan itibaren %5 olarak verilmiştir.

Kliniğimizde bulunan üretici tarafından verilmiş olan kalibrasyon jigi ve silindirik katı fantom kullanılarak yapılan aktivite ölçümündeki değişim her iki yöntem içinde %5'den küçük olarak bulunmuştur. Yapılan tüm ölçümlerde klinik kabul değerleri içerisinde bulunduğundan her iki yöntemle de aktivitenin kontrolünün uygun olduğu ancak süre açısından değerlendirildiğinde kalibrasyon ji-

gi ile yapılan ölçümlerin daha kısa sürede tamamlandığı görülmüştür.

## KAYNAKLAR

1. International Commission on Radiological Protection, Prevention of high dose rate brachytherapy accidents. ICRP publication 97, Oxford and NewYork: Pergamon Press; 2005.
2. Mangold CA, Rijnders A, Georg D, Van Limbergen E, Pötter R, Huyskens D. Quality control in interstitial brachytherapy of the breast using pulsed dose rate: treatment planning and dose delivery with an Ir-192 afterloading system. *Radiother Oncol* 2001;58(1):43-51.
3. Rogus RD, Smith MJ, Kubo HD. An equation to QA check the total treatment time for single-catheter HDR brachytherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1998;40(1):245-8.
4. Kutcher GJ, Coia L, Gillin M, Hanson WF, Leibel S, Morton RJ, et al. Comprehensive QA for radiation oncology: report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 40. *Med Phys* 1994;21(4):581-618.
5. Gerbaulet A, Pötter R, Mazon J, Meertens H, Limbergen EV. The Gec Estro Handbook of Brachytherapy. Leuven, Belgium: European Society for Therapeutic Radiology and Oncology; 2002. p. 14-33.
6. Goetsch SJ, Attix FH, Pearson DW, Thomadsen BR. Calibration of 192Ir high-dose-rate afterloading systems. *Med Phys* 1991;18(3):462-7.
7. IAEA; Calibration of brachytherapy sources: Guidelines on standardized procedures for the calibration of brachytherapy sources at SSDLs and hospitals; IAEA-TECDOC 1079, 1999.
8. IAEA; Calibration of photon and beta ray sources used in brachytherapy: Guidelines on standardized procedures at Secondary Standards Dosimetry Laboratories (SSDLs) and hospitals; IAEA-TECDOC-1274, 2002.
9. Baltas D, Geramani K, Ioannidis GT, Hierholz K, Rogge B, Kolotas C, et al. Comparison of calibration procedures for 192Ir high-dose-rate brachytherapy sources. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1999;43(3):653-61.
10. Venselaar J, Calatayud JP. A practical guide to quality control of brachytherapy equipment. *Estro Booklet* No. 8, Brussels, Belgium: 2004. p. 73-88.
11. Nath R, Anderson LL, Meli JA, Olch AJ, Stitt JA, Williamson JF. Code of practice for brachytherapy physics: report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 56. American Association of Physicists in Medicine. *Med Phys*

- 1997;24(10):1557-98.
12. Elfrink RJ, Kolkman-Deurloo IK, van Kleffens HJ, Rijnders A, Schaeken B, Aalbers TH, et al. Quality control of brachytherapy equipment in the Netherlands and Belgium: current practice and minimum requirements. *Radiother Oncol* 2002;62(1):95-102.
13. Özbay İ. Brakiterapi kalite güvencesi. *Türk Onkoloji Dergisi* 2001;16(1):13-6.
14. Ahmad N, Mahmood H, Jafri SRA. Quality assurance of Vari-Source high dose rate (HDR) brachytherapy-remote after loader and cost effectiveness of Vari-Source HDR-brachytherapy: Nori, Islamabad experience. *The Nucleus* 2004;41(1-4):35-40.