

# Jinekolojik Tümörlerde Yüksek Doz Hızlı Brakiterapi Tedavisinde Mesane ve Rektum Dozlarının Deneysel Olarak Ölçülmesi ve Bilgisayar Hesaplarıyla Karşılaştırılması

## In vivo Measurement of Bladder and Rectum Doses of High-Dose-Rate Brachytherapy in Gynaecologic Tumors and Their Comparison with the Computer Calculations

Emriye ALGÜL,<sup>a</sup>  
Dr. İsmail ÖZBAY,<sup>b</sup>  
Dr. Işık ASLAY,<sup>c</sup>  
Nural ÖZTÜRK<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Radyasyon Onkolojisi Kliniği,  
Dr Lütfi Kırdar Kartal Eğitim ve  
Araştırma Hastanesi,  
<sup>b</sup>Tıbbi Radyofizik BD,  
<sup>c</sup>Radyasyon Onkolojisi BD,  
İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü,  
İstanbul

Geliş Tarihi/Received: 19.08.2008  
Kabul Tarihi/Accepted: 07.11.2008

Yazışma Adresi/Correspondence:  
Emriye ALGÜL  
Dr Lütfi Kırdar Kartal Eğitim ve  
Araştırma Hastanesi,  
Radyasyon Onkolojisi Kliniği, İstanbul,  
TÜRKİYE/TURKEY  
c\_emriye@hotmail.com

**ÖZET Amaç:** Jinekolojik tümörlerin yüksek doz hızlı brakiterapi tedavisi sırasında mesane ve rektumun aldığı dozu termoluminesans dozimetri (TLD) ile in vivo olarak ölçerek ve ortogonal filmlerden hesapladığımız değerlerle karşılaştırarak, planlama bilgisayarının doz hesaplarını ve aynı zamanda hesaplama yönteminin doğruluğunu kontrol etmektir. **Gereç ve Yöntemler:** Bu çalışmada Ekim 2006- Mayıs 2007 tarihleri arasında İstanbul Üniversitesi Çapa Onkoloji Enstitüsünde İridyum-192 mikro kaynaklı Gammamed 12i cihazı ile brakiterapi ile tedavi edilen 24 hastada iki yöntemle rektum ve mesane dozları ölçülmüş ve ölçülen değerler karşılaştırılmıştır. Tedaviye alınan hastaların her biri için, tedavi öncesi; 1-Anterior-posterior (AP) - Lateral (LAT) ortogonal filmler kullanılarak Abacus tedavi planlama bilgisayarıyla mesane ve rektum referans noktalarındaki, 2- Aynı referans noktalarında Kobalt-60 ile önceden kalibre edilmiş TLD çipleri (Fimel-LTM dozimetri sistemi ile rood LiF (GR 200 A)) kullanılarak in vivo dozimetri ile tedavi sırasında mesane ve rektumun aldığı dozlar ölçülmüştür. **Bulgular:** Mesane ve rektum için ölçülen ve hesaplanan dozlar arasındaki fark, sırasıyla %0.71-%18.58 aralığında, (ortalama % 7.06) ve %1.28-%12.59 aralığında, (ortalama % 6.16) bulunmuştur. **Sonuç:** Elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında referans noktalarda ortogonal filmlerden hesaplanan dozlar ile TLD sistemi kullanılarak ölçülen dozlar literatürle uyumlu bulunmuştur. Bu sonuçlara göre; planlama bilgisayarı, referans noktaların doz hesabında ve tedavi doz hesabında doğrulukla kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Brakiterapi; mesane; rektum; termoluminesans

**ABSTRACT Objective:** To compare bladder and rectum doses of computer calculations and in vivo dosimetry with thermoluminescent dosimetry (TLD) in patients treated with high dose rate brachytherapy for gnaecological malignancies, and to verify the correctness of computer calculations. **Material and Methods:** In this study, bladder and rectum doses are calculated and compared with two dosimetry systems in 24 pateients who were treated with high dose rate brachytherapy with Gammamed 12i (with irridium micro source) unit for gynaecological malignancies in İstanbul University Oncology Institute between October 2006 and May 2007. First, anteroposterior and lateral orthogonal films are obtained and are used for calculations of bladder and rectum points with Abacus Treatment Planning System (TPS); secondly measurements are taken at same points with in vivo TLD dosimetry by using TLD chips (Fimel-LTM dosimetry system with rood LiF (GR 200 A)) previously calibrated with Cobalt 60. **Results:** The differences between the measured and calculated doses for bladder and rectum were %0.71-%18.58 (mean: %7.06) and %1.28-%12.59 (mean: %6.16), respectively. **Conclusion:** The comparison of calculated doses from orthogonal films and in-vivo readings using TLD were compatible with the literature. As a result, the planning computer can be accurately used for the calculations of both treatment and referen- ce point doses.

**Key Words:** Brachytherapy; urinary bladder; rectum; thermoluminescent

**R**adyoterapi jinekolojik tümörlerin tedavisinde önemli bir rol oynar. Jinekolojik tümörlerin tedavisinde uygulanan radyoterapi, yalnızca brakiterapi veya eksternal radyoterapi ile kombine bir şekilde uygulanan brakiterapi şeklindedir.<sup>1-11</sup> Radyoterapinin uygulamasında yalnızca lokal tümör kontrolü değil, aynı zamanda normal dokuların da radyasyona maruz kalması nedeniyle normal dokularda meydana gelen erken ve geç komplikasyonlar da önemlidir. Pelvisin radyasyonla tedavisinde pelvik organlar, özellikle rektum ve mesane yüksek doz alabilir. Bu iki organdaki meydana gelen erken ve geç komplikasyonlar terapötik oranı düşürebilir ve hastanın yaşam kalitesini önemli ölçüde etkileyebilir.<sup>1,3,7,12,13</sup>

Mesane radyoterapi yan etkisi sonucunda oluşan sistit nedeniyle en sık görülen semptom hematüridir. Daha nadir olarak üriner inkontinans, çok nadir olarak da vezikovaginal fistüller görülebilir. Rektumda ise radyoterapinin yan etkisi sonucu oluşan proktit nedeniyle en sık görülen semptom rektal kanamadır. Bununla birlikte çok nadir olarak kolostomi gerektiren bağırsak tıkanması veya rektovaginal fistüller gelişebilir.<sup>2,4,8,14</sup> Yapılan araştırmalarda mesane ve rektumun aldığı total doz arttıkça sistit ve proktit riskinin de arttığı gözlenmiştir.<sup>2,4,8</sup>

Jinekolojik kanserlerin intrakaviter tedavisinde International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU), Report 38 ile önemli tavsiyeler getirmiştir. Jinekolojik brakiterapide, mesane ve rektumun aldığı dozun belirlenmesinde kullanılan en yaygın metot pelvik radyografların kullanılmasıdır. Bununla birlikte TL (Termoluminesans) dozimetreler ve yarı iletken diyotlar ile in-vivo dozimetri yapılarak da mesane ve rektum dozları belirlenebilir.<sup>1-8,10,12-15</sup> Jinekolojik brakiterapide in vivo dozimetri, verilen dozlarda büyük hata risklerini azaltmaktadır.<sup>11</sup> Rektum ve mesane dozlarının belirlenebilmesi için yaygın olarak ICRU 38'in önerdiği referans noktalar kullanılır.<sup>2,3,5,7,10,16</sup>

Bu deneysel çalışmada amaç, jinekolojik tümörlerin "yüksek doz hızlı" (High Dose Rate) brakiterapi'sinde mesane ve rektumun aldığı dozun termoluminisan (TL) dozimetreler kullanılarak, bireysel olarak in vivo ölçülmesi ve elde edilen değerlerin ortogonal filmler kullanılarak bilgisayarla

hesaplanan doz değerleriyle karşılaştırılarak planlama bilgisayarının doz hesaplarının ve aynı zamanda hesaplama yönteminin doğruluğunun kontrol edilmesidir.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

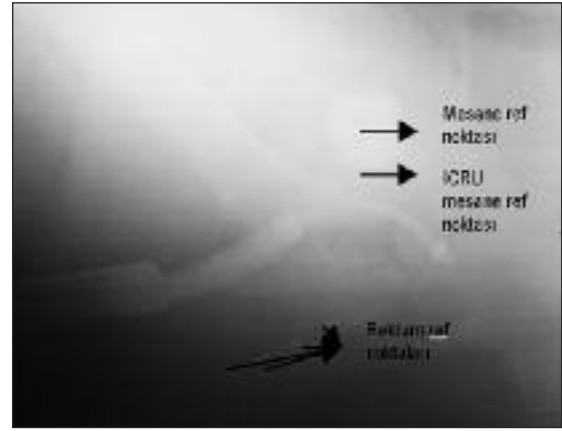
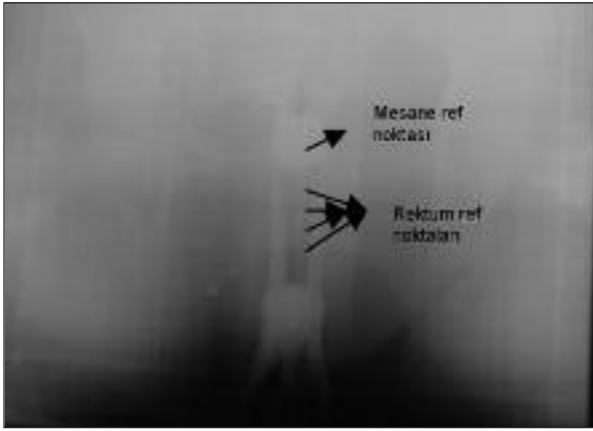
İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Dekanlığı Yerel Etik Kurulu tarafından 15.03.2006 tarihli, 03 sayılı toplantıda (Sayı : 446) onaylanan bu çalışma için; İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü'nde Ekim 2006 ve Mayıs 2007 tarihleri arasında tedaviye alınan ve bilgilendirilmiş olur alınan 24 hasta kullanılmıştır. Hastaların tedavi planları Abacus planlama bilgisayarı ile hesaplanmıştır. Daha sonra hastalar İridyum-192 mikrokaynaklı Gammamed 12i High Dose Rate Brakiterapi cihazıyla tedaviye alınmıştır.

TL çipleri (GR 200 A) Kobalt-60 radyoterapi cihazıyla, su eşdeğeri fantomda, 2 cm derinlikte, 25x25 alan boyutunda, 80 cm KCM'de (Kaynak Cilt Mesafesi) 100 cGy doz verilerek ışınlanarak gruplanmıştır. Kalibrasyon için seçilen grup, tedaviye başlamadan önce her hafta başında Kobalt-60 cihazıyla kalibre edilmiştir.

## HASTANIN TEDAVİYE HAZIRLANMASI VE TEDAVİ

Hasta özel yapılmış tedavi masasına jinekolojik muayene pozisyonunda yatırıldı.

İçinde bir adet TL çip grubu (3 adet çip) bulunan, daha önceden steril edilmiş 6 numara nazogastrik sonda, steril koşullarda 16 numara mesane sondasının içine en uca kadar itildi. Bu sonda hastanın mesanesine yerleştirildikten sonra 7 cc radyopak madde enjekte edilerek sondanın balonu şişirildi. Sonda mesane boynuna kadar aşağı çekildi. TL çip grubu foley sonda balonun ortasına yerleştirilebildi. Mesanede ICRU referans noktası balonun alt yüzeyidir. Bu konumda yaptığımız ölçümlerde TLD gurubu tam olarak ICRU mesane referans noktasına yerleştirilemediğinden, ICRU referans noktası dozu ölçülememektedir. Bu nokta, lateral filmde hastanın ön-arka doğrultusunda ICRU referans noktasından yaklaşık 1-1.5 cm (balonun mesane boynundaki konumundaki pozisyonuna değişikliklerine bağlı olarak) öne doğru uzaktır. Bu nedenle mesane referans noktası için



**RESİM 1:** Tedavi öncesi röntgen cihazıyla çekilen AP - LAT filmler. (Ref: Referans).

ortogonal filmlerden iki nokta tayin edilip (biri ICRU referans noktası, biri bizim TL çip gurubu yerleştirdiğimiz nokta) bilgisayar ile her iki noktanın da dozu hesaplandı (Resim 1).

Rektuma, içinde 1 cm aralıklarla yerleştirilmiş kurşun bilyeler bulunan rektal işaretleyicinin olduğu sonda yerleştirildi.

Tedavi için uygun görülen aplikatör yerleştirildi. Cerrahi uygulanan hastalarda genellikle Manchester uyumlu iki ovoid veya silindir, cerrahi uygulanmamış hastalarda ise genellikle tandem+iki ovoid veya tandem+silindir kullanıldı.

Hasta bu pozisyonda iken hiç kımıldatılmadan röntgen cihazı ile anteroposterior (AP) ve lateral (LAT) filmleri çekildi (Resim 1).

Rektal işaretleyici çıkartılıp yerine yine önceden hazırlanmış TL çip gruplarının bulunduğu sonda yerleştirildi. Bu işlem esnasında AP ve LAT film görüntüleri dikkate alınarak TL çip gruplarının rektum referans noktalarına gelmesine dikkat edildi.

Fraksiyon sayısı ve dozu, hastanın eksternal radyoterapi alıp almadığına, cerrahi uygulanıp uygulanmadığına ve biyolojik eşdeğer doz (BED) değerlerine göre belirlendi (Eksternal + HDR intrakaviter BED10 = 80 Gy, bazı durumlarda 85 Gy; BED3 < 120 Gy, bazı durumlarda 140 Gy).<sup>17</sup>

Tedavi planlama sistemi (TPS) ile hastaların doz dağılımları elde edildi. Ortogonal filmler kullanılarak planlama bilgisayarıyla yapılan dozimetri sonrası mesane veya rektum dozu yüksek çıkan

hastalara vajinal packing yapılarak tekrar dozimetri yapıldı ve böylece mesane ve rektum dozu düşürüldü.

Aynı şartlarda hasta tedaviye alındı.

Tedavi sonrasında TLD'lerin okuması yapıldı.

## BULGULAR

Çalışmaya aldığımız 24 hastanın herbiri için ayrı ayrı AP ve LAT filmlerinden mesane ve rektum dozları hesaplanmıştır. Aynı zamanda bu hastalar için TLD kullanılarak mesane ve rektum dozları in vivo olarak ölçüldü.

Çalışmaya alınan hastaların tanı, eksternal ve intrakaviter HDR brakiterapi dozları, brakiterapi fraksiyon dozları ve uygulanan aplikatör bilgileri Tablo 1'de gösterildi.

Mesane için ortogonal filmlerden hesaplanan ICRU referans noktası ve çalışma referans noktası dozları ile çalışma referans noktasında TLD ile ölçülen doz değerleri ve yüzde farklar Tablo 2'de gösterildi. İki hastada mesane görüntülenemediği için ölçüm yapılamadı. Çalışma mesane referans noktasında TLD ile ölçülen doz değerleri 1.1-4.02 Gy aralığında; ortalama 2.21 Gy'dir. Çalışma mesane referans noktasında ortogonal filmlerden elde edilen değerler ise 1.11-3.53 Gy aralığında; ortalama 2.13 Gy'dir. Çalışma referans noktasında, mesane için ölçülen ve hesaplanan dozlar arasındaki fark %0.71-%18.58 aralığında; ortalama %7.06'dır. 16/22 aplikasyonda ölçülen doz daha yüksek iken, 6/22 aplikasyonda hesaplanan doz daha yüksek bu-

**TABLO 1:** Çalışmaya alınan hastaların tanısı, hastalarda kullanılan aplikatörler, fraksiyon dozu ve total doz değerleri

Hasta No	Tanı	Eks Rad Dozu (Gy)	HDR BT Dozu (Gy)	HDR BT Doz/fr (Gy)	Aplikatör
1	Over+End	50.4	18	6	Ovoid
2	End	yok	30	6	Ovoid
3	End	yok	30	6	Silindir
4	Serviks	50.4	18	6	Ovoid
5	End	yok	24	6	Ovoid
6	Serviks	50.4	30	3.55	Ovoid
7	Serviks	50.4	30	6.45	Tandem
8	Serviks	48	18	6	Ovoid
9	End	50.4	18	6	Ovoid
10	End	50.4	18	6	Ovoid
11	End	yok	15	5	Ovoid
12	End	yok	20	5	Ovoid
13	End	yok	24	6	Silindir
14	Serviks	50	20	5	Silindir
15	Serviks	50	20	5	Silindir
16	Serviks	50.4	24	5.16	Tandem
17	Serviks	50	20	5	Silindir
18	Over+End	50.4	18	6	Silindir
19	End	45	10	5	Ovoid
20	End	45	15	5	Ovoid
21	End	yok	15	5	Silindir
22	End	50.4	10	5	Ovoid
23	Over+End	yok	15	5	Ovoid
24	Over+End	yok	15	5	Ovoid

Eks Rad : Eksternal Radyoterapi, End : Endometrium, fr : fraksiyon.

HDR BT: Yüksek doz hızlı brakiterapi.

lundu. 5/22 aplikasyonda %10'dan daha fazla fark bulundu.

ICRU mesane referans noktasında ortogonal filmlerden elde edilen değerler 1.19-7.16 Gy aralığında, ortalama 3.58 Gy'dir. Ortogonal filmlerden elde edilen ICRU mesane referans noktası ile çalışma mesane referans noktası arasındaki fark %7.21-%137.76 aralığında, ortalama %67.87'dir. Bütün aplikasyonlarda ICRU mesane referans noktası çalışma mesane referans noktasından yüksek doz aldığı görüldü (Tablo 2).

TLD'ler foley sondaya önceden yerleştirildiğinden röntgen ışınlarından da doz aldığı göz önünde tutularak, bu dozun tespiti için, üç hasta-

da yapılan ölçüm sonuçlarına göre bu doz ortalama 0.43 cGy olarak tespit edilmiştir.

Rektum için referans noktalarda ortogonal filmlerden hesaplanan ve TLD ile ölçülen dozların ortalama değerleri, rektum maksimum noktalarında ölçülen ve hesaplanan doz değerleri ile aralarındaki % farklar Tablo 3'te gösterildi. Rektum referans noktalarının ortalama değerlerine bakıldığında; TLD ile yapılan ölçümlerde elde edilen doz değerleri 0.77-3.97 Gy aralığında, ortalama 1.85 Gy'dir. Ortogonal filmlerden elde edilen değerler ise 0.78-

**TABLO 2:** Ortogonal filmlerden hesaplanan ICRU mesane referans noktası ile çalışma referans noktasındaki dozlar, TLD ile çalışma referans noktasında ölçülen dozlar ve % farklar.

Hasta No	M ICRU ref noktası (Gy)	M TLD ref noktası (Gy)	M çalışma noktası ref (Gy)	% fark M tld- çalışma	% fark M ICRU- çalışma
1	3.19				
2	2.8	1.6	1.46	9.59	91.78
3	3.06	1.56	1.42	9.86	115.49
4	3.57	3.3	3.12	5.77	14.42
5					
6	5.1	2.5	2.8	10.71	82.14
7	4.3	3.05	3.2	4.69	34.37
8	2.76	1.58	1.43	10.49	93.01
9	4.99	3.78	3.53	7.08	41.36
10	3.4	1.48	1.43	3.49	137.76
11	2.34	1.86	1.79	3.91	30.73
12	2.09	1.42	1.41	0.71	48.23
13	5.43	2.9	2.84	2.11	91.19
14	4.1	2.06	2	3	105
15	4.73	2.64	2.5	5.6	89.2
16	1.19	1.1	1.11	0.90	7.21
17	2.45	1.75	1.6	9.37	53.13
18	1.86	1.46	1.34	8.96	38.81
19	1.87	1.64	1.42	15.49	31.69
20	4.22	2.14	2.29	6.55	84.28
21	2.79	1.56	1.74	10.34	60.34
22	3.82	2.41	2.26	6.64	69.03
23	7.16	4.02	3.39	18.58	111.21
24	4.67	2.83	2.87	1.39	62.72
ORTALAMA	3.577273	2.210909	2.134091	7.056999	67.8682
STDSAPMA	1.433292	0.818133	0.77268	4.612728	34.96114

M: Mesane, STD Sapma: Standart Sapma.

ICRU: International commission or radiation units and measurements.

TLD: Termoluminisans dozimetre.

**TABLO 3:** Rektum referans noktalarında ve rektum maksimum noktalarında hesaplanan ve ölçülen doz ve % farklar.

Hasta no	R ort TLD (Gy)	R ort Film (Gy)	% fark R ort tld-film	R max TLD (Gy)	R max film (Gy)	% fark Rmax tld-film
1	2.3	2.07	11.11	2.9	2.4	20.83
2	1.92	1.95	1.54	2.75	2.79	1.43
3	1.89	1.93	2.07	2.11	2.02	4.45
4	1.92	2.11	9.00	2.37	2.44	2.87
5	1.09	1.14	4.39	1.67	1.4	19.28
6	3.97	4.08	2.69	4.78	4.89	2.25
7	1.25	1.43	12.59	2.05	2.49	17.67
8	0.81	0.85	4.71	1.31	1.38	5.07
9	2.88	3.01	4.32	3.69	3.82	3.40
10	1.94	2.21	12.22	2.87	2.86	0.35
11	2.76	2.89	4.49	3.97	4.09	2.93
12	0.77	0.78	1.28	0.79	0.82	3.66
13	3.86	4.08	5.39	4.1	4.53	9.49
14	1.37	1.46	6.16	1.51	1.59	5.03
15	1.23	1.19	3.36	1.53	1.38	10.87
16	1.68	1.89	11.11	1.9	2.26	15.93
17	1.33	1.43	6.99	1.57	1.65	4.85
18	1.07	1.11	3.60	1.18	1.2	1.67
19	1.28	1.35	5.18	2.19	2.31	5.19
20	1.17	1.07	9.35	1.88	1.74	8.04
21	2.04	2.28	10.53	2.74	3	8.67
22	1.82	1.7	7.06	2.95	2.57	14.79
23	2.5	2.37	5.48	2.97	2.79	6.45
24	1.49	1.54	3.25	1.8	1.83	1.64
ORTALAMA	1.8475	1.913333	6.162181	2.399167	2.427083	7.367083
STDSAPMA	0.852869	0.887344	3.463837	1.004148	1.056547	6.090455

R: Rektum, ort: ortalama, max, maksimum.

TLD: Termoluminisizasyon dozimetresi.

4.08 Gy aralığında, ortalama 1.91 Gy'dir. Rektumda ise ölçülen ve hesaplanan dozlar arasındaki fark %1.28-%12.59 aralığında, ortalama %6.16'dır. 5/24 aplikasyonda ölçülen doz daha yüksek iken, 19/24 aplikasyonda hesaplanan doz daha yüksektir. 5/24 aplikasyonda ise fark %10'dan daha fazladır.

## TARTIŞMA

Jinekolojik tümörlerin radyoterapisinde sıklıkla pelvik yapılar, özellikle rektum ve mesane yüksek doz alır. Rektum ve mesanede meydana gelen geç komplikasyonlar terapötik oranı ve hastanın yaşam kalitesini önemli ölçüde düşürebilir.<sup>7,13</sup> Bu nedenle intrakaviter brakiterapide rektum ve mesane dozlarını in vivo olarak kontrol etmek gerekir. İn

vivo dozimetri için TLD en uygun dozimetri yöntemlerinden biridir.<sup>15</sup>

Mesanede ICRU referans noktası mesane balonunun alt yüzeyindedir. Biz bu çalışmada TLD'leri foley sonda balonunun ortasına yerleştirebildik. Sonda balonunun mesane boynundaki konumunda meydana gelen küçük değişiklikler nedeniyle, mesane dozunu ICRU referans noktasından yaklaşık 1-1.5 cm uzakta ölçüldük. Bu durum dozda ortalama %67 azalmaya neden oldu. Waldhäusl ve ark.nın<sup>11</sup> yaptığı çalışmada; mesanede probu foley sonda balonunun ortasına yerleştirebilmişlerdir. Bu durum ICRU referans noktasından yaklaşık 12 mm uzaklaşmaya neden olmuştur. Bu da dozda yaklaşık %43 azalmaya neden olmuştur.

Çalışma referans noktalarında, bilgisayarla ortogonal filmlerden hesapladığımız dozlar ile TLD kullanarak ölçtüğümüz dozlar arasında ortalama %7.06 kadar bir fark bulduk.

Bazı hastalarda TLD ile ölçülen mesane dozlarını, ortogonal filmlerden hesapladığımız mesane dozlarından daha yüksek bulduk. Bunun nedenlerinden biri mesane referans noktası aplikatörün gerisinde (baş-ayak doğrultusunda ayak yönünde) kalması nedeniyle kaynak geçişleri esnasında da doz almasıdır. Bu ise bilgisayar tarafından hesaplanamamaktadır. Ayrıca TLD'leri mesane sondasına önceden yerleştirdiğimiz için TLD'ler röntgen ışınlarından da doz almaktadır. Üç hastada aldığımız ölçümlere göre bu doz ortalama 0.43 cGy civarındadır. Literatüre göre, pelvisin AP ve LAT filmlerinden alınan toplam doz 0.4-0.6 cGy civarındadır.<sup>18,19</sup>

ICRU referans noktası dozu ile çalışma referans noktası arasındaki dozun çok farklı (%67) oluşu mesane referans dozunu değerlendirmede tek nokta dozunun yetersiz olduğunu göstermektedir. Literatüre göre; intrakaviter tedavide mesane dozu inhomojen olarak dağılmaktadır ve hastanın kişisel anatomisine bağlıdır (hastalığın yayılımı, aplikatör düzeneği ve uygulamanın teknik detayları).<sup>12</sup> Çoğu hastada dozlar mesane toleransının altında kalmaktadır. Ancak yapılan çalışmalarda mesane tabanında hesaplanan dozlar ICRU referans noktasında hesaplanan dozlardan daha yüksek bulunmuştur. Hastaların bir kısmında mesane tabanı mesane boynunun aldığı dozun iki katı kadar yüksek doz almıştır.<sup>5,12,20</sup>

Rektuma yerleştirilen 1 cm çapında rektal tüpün içine 0.47 cm çapında, içinde TLD bulunan sonda yerleştirilerek rektum referans noktalarında doz ölçümü yapıldığından ICRU referans noktasından yaklaşık 0.5 cm uzaklaşmıştır. Bu nedenle elde ettiğimiz değerler ICRU referans noktası değerlerinden daha düşüktür. Literatüre göre, yapılan çalışmalarda in vivo ölçülen dozlar genellikle hesaplanan ICRU referans noktalarından düşüktür. Bu problem ICRU referans noktalarının tam olarak pozisyonlandırılmaması ile izah edilebilir.<sup>11,13</sup> Waldhäusl ve ark.nın yaptığı çalışmada rektumda

kullanılan prob ICRU referans noktasından yaklaşık 5 mm kaymaya neden olmuştur ve bu da dozda %16 azalmaya neden olmuştur.<sup>11</sup>

Rektumda yapığımız ölçümlere göre; ortogonal filmlerden hesapladığımız rektum ortalama doz değerleri ile TLD kullanarak yaptığımız ölçümlerden elde ettiğimiz ortalama doz değerleri arasında yaklaşık %6.16 fark bulduk. Lahtinen ve ark. rektumda TLD ile ölçtükleri dozu ortogonal filmlerden hesapladıkları dozlardan %3.6 yüksek bulmuşlardır. Ancak hastaların anatomisine bağlı olarak ICRU referans noktasındaki dozlar ve hesaplanan maksimum dozlar arasında %30'a varan farklılıklar bulmuşlardır.<sup>7</sup> Ayrıca rektumda yaptığımız ölçümlerde bulunan değerlere göre maksimum rektum referans noktası sabit değildir. Bu nokta hastanın anatomik yapısına, aplikatörün konumuna veya tümörün yayılımına bağlı olarak değişebilmektedir. Hesaplanan ve TLD ile ölçülen maksimum doz noktalarında farklılıklar olmuştur. Bunun nedeni lokalizasyon belirsizlikleri ve aynı şartların tekrarlanabilirliğidir. Literatürde de benzer sonuçlar bildirilmiştir.<sup>10</sup>

Rektumda yaptığımız ölçümlere göre filmlerden hesapladığımız dozları TLD ile ölçtüğümüz dozlardan genellikle daha yüksek bulduk. Hesaplanan ve ölçülen dozlar arasındaki farkın nedenlerinden biri, referans noktaların koordinatlarının belirlenmesinde  $\pm 1$  mm'lik farkın hesaplanan dozu  $\pm \%3-10$  değiştirmesidir. Serkies ve ark.nın yaptıkları çalışmada referans noktanın  $\pm 1$  mm değişmesi rektal dozu  $\pm \%3$  değiştirmiştir.<sup>13</sup> Kapp ve ark. ise mesafedeki 1 mm farkın  $\pm \%10$  doz değişimine neden olduğunu bildirmişlerdir.<sup>5</sup>

Literatüre göre; TLD ölçümleri ile film hesapları arasındaki değişim TLD'lerin kalibrasyon hatalarından kaynaklanabileceği gibi lokalizasyon hatalarından da kaynaklanabilir. TLD'ler Co-60 ile kalibre edildiğinden ortalama  $\pm \%3.6$ ; hatta %7.5'a kadar varan sapmalar olabilmektedir.<sup>5</sup> Ayrıca TLD'lerin cevap hassasiyeti kaynaktan 1-12 cm mesafelerde  $\pm \%4$ 'e kadar değişebilmektedir.<sup>6</sup>

Yaptığımız çalışmada TLD ile ölçtüğümüz dozların ortogonal filmlerle hesapladığımız dozlarla uyumlu olduğu görülmektedir. Kapp ve

ark.nın yaptıkları çalışmada ortogonal filmlerden hesapladıkları ve TLD ile ölçtükleri rektal dozlar oldukça uyumludur.<sup>5</sup> İn vivo TLD dozimetri ile filmlerden elde ettikleri dozlar karşılaştırıldığında maksimum sapma  $\pm$  %20'dir. Elde ettiğimiz sonuçlar literatürle uyumludur. Yapılan bir diğer çalışmada ölçülen ve hesaplanan dozlar arasında %10-20 civarında fark bulunmuştur.<sup>2</sup> Bu nedenle TLD en uygun in vivo dozimetri tekniklerinden biridir.

Sonuç olarak; TLD ile in vivo olarak yaptığımız ölçümler sonucunda elde ettiğimiz değerlerle,

ortogonal filmler kullanarak planlama bilgisayarıyla hesapladığımız değerler uyumlu bulunmuştur. Planlama bilgisayarı referans noktaların doz hesabında ve tedavi doz hesabında doğrulukla kullanılabilir. Ancak, özellikle mesane dozu inhomojen olarak dağılmaktadır. Bu nedenle mesane ICRU referans noktası mesane dozimetrisi için yeterli değildir. Nokta doz yerine hasta anatomisi ve tümör geometrisine bağlı olarak CT, MR destekli üç boyutlu dozimetri ile doz-volüm histogramları değerlendirilerek volüm dozlarının kullanılması daha uygun olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Chen SW, Liang JA, Yang SN, Liu RT, Lin FJ. The prediction of late rectal complications following the treatment of uterine cervical cancer by high-dose-rate brachytherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000;47(4):955-61.
- Clark BG, Souhami L, Roman TN, Evans MD, Pla C. Rectal complications in patients with carcinoma of the cervix treated with concomitant cisplatin and external beam irradiation with high dose rate brachytherapy: a dosimetric analysis. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1994;28(5):1243-50.
- Deshpande DD, Shrivastav SK, Pradhan AS, Viswanathan PS, Dinshaw KA. Dosimetry of intracavitary applications in carcinoma of the cervix: rectal dose analysis. *Radiother Oncol* 1997;42(2):163-6.
- Ferrigno R, dos Santos Novaes PE, Pellizzon AC, Maia MA, Fogarolli RC, Gentil AC, et al. High-dose-rate brachytherapy in the treatment of uterine cervix cancer. Analysis of dose effectiveness and late complications. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2001;50(5):1123-35.
- Kapp KS, Stueckelschweiger GF, Kapp DS, Hackl AG. Dosimetry of intracavitary placements for uterine and cervical carcinoma: results of orthogonal film, TLD, and CT-assisted techniques. *Radiother Oncol* 1992;24(3):137-46.
- Kessarar N, Nori D. Rectal thermoluminescent dosimeter measurements using the MicroSelectron High Dose Rate afterloader in postoperative intravaginal radiation cases. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1993;26(2):341-5.
- Lahtinen T, Tenhunen M, Väyrynen M. ICRU reference points and maximum doses of rectum and bladder in intracavitary radiotherapy. *Radiother Oncol* 1993;28(2):174-6.
- Montana GS, Fowler WC. Carcinoma of the cervix: analysis of bladder and rectal radiation dose and complications. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1989;16(1):95-100.
- Nag S, Erickson B, Thomadsen B, Orton C, Demanes JD, Petereit D. The American Brachytherapy Society recommendations for high-dose-rate brachytherapy for carcinoma of the cervix. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000;48(1):201-11.
- Shin KH, Huh SJ, Chie EK, Choi DR, Lim DH, Kim MK, et al. Analysis of correlation between rectal complications and rectal dose following high dose rate intracavitary radiotherapy in patients with uterine cervix cancer: in vivo dosimetric analysis. *Radiat Med* 1999;17(4):289-93.
- Waldhäusl C, Wambersie A, Pötter R, Georg D. In-vivo dosimetry for gynaecological brachytherapy: physical and clinical considerations. *Radiother Oncol* 2005;77(3):310-7.
- Hunter RD, Wong F, Moore C, Notley HM, Wilkinson J. Bladder base dosage in patients undergoing intracavitary therapy. *Radiother Oncol* 1986;7(3):189-97.
- Serkies K, Badzio A, Jereczek-Fossa B, Tarnawska Z, Nowak R, Szweczyk P, et al. Rectal doses in intracavitary brachytherapy of gynecological malignancies: comparison of two dosimetric methods. *Radiother Oncol* 2001;58(1):37-41.
- Stryker JA, Bartholomew M, Velkley DE, Cunningham DE, Mortel R, Craycraft G, et al. Bladder and rectal complications following radiotherapy for cervix cancer. *Gynecol Oncol* 1988;29(1):1-11.
- Iwata K, Yoshimura H, Tsuji Y, Shirai A, Uto F, Tamada T, et al. In vivo measurement of spatial dose distribution with thermoluminescent sheet around high dose-rate intracavitary source: application to rectal cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1992;22(5):1109-15.
- International Commission on Radiation Units and Measurements. Dose and Volume Specifications for Reporting Intracavitary Therapy in Gynecology. ICRU Report 38. 1<sup>st</sup> ed. Bethesda: Int Commission on Radiation; 1985. p.V-23.
- Nag S, Scruggs GR. Clinical aspects and applications of high dose rate brachytherapy. In: Halperin EC, Perez CA, Brady LW, eds. Principles and Practice of Radiation Oncology. 5<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 1992. p.560-83.
- Kuter S. [Ovarian (fetus) doses during radiological examination; preventive measures and recommendations to irradiation in women at the age of child bearing]. *Türk Radyoloji Dergisi* 1984;25: 119-44.
- Rosenstem M. Hand Book of Selected Doses for Projections Common in Diagnostic Radiology. HEW Publication (FDA, 76-8031 May 1976) DRH, Rockville, Maryland 20857. 1988. p.46-7.
- Workshop on: 3D image-based brachytherapy in cervix cancer. *Radiother Oncol* 2007; 83(Suppl 1):S7-S15.