

## Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi Tekniği Kullanılarak Tedavi Edilen Akciğer Kanserli Hastaların Tedavi Planlarının Dozimetrik Olarak İncelenmesi

Turgay TOKSOY<sup>1</sup>, Sema TUNÇ<sup>2</sup>, Ali ALTAY<sup>2</sup>, Meral KURT<sup>2</sup>,  
Sibel KAHRAMAN ÇETİNTAŞ<sup>2</sup>, Dilruba OKUMUŞ<sup>2</sup>, Zehra KULA<sup>2</sup>,  
Esra KEKİLLİ<sup>2</sup>, Lütfi ÖZKAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ali Osman Sönmez Onkoloji Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Kliniği, Bursa.

<sup>2</sup> Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Bursa.

### ÖZET

Çalışmamızın amacı yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) tekniği ile tedavi edilen akciğer kanserli hastaların bilgisayarlı tedavi planlama sistemi (BTPS) ile oluşturulan tedavi planlarının iki farklı dozimetrik ekipman kullanılarak doz kontrollerinin yapılması, bu ekipmanların güvenilirlik ve uygulanabilirlik açısından karşılaştırılmasıdır. BTPS ile oluşturulan 15 YART tedavi planlarının dozimetrik doğrulaması iki boyutlu düzlem dedektör (2D – Array) ve elektronik portal görüntüleme cihazı (EPID) ile yapılmıştır. Ölçümlerin BTPS verileri ile karşılaştırılmasında gamma analiz yöntemi kullanılmıştır. Ölçülen YART alanlarının dozimetrik doğrulamasında elde edilen gamma parametrelerinin medyan değerleri ve dağılım aralığı 2D Array için  $Y_{max} = 1.207$  (0.890 – 2.177)  $Y_{ort} = 0.406$  (0.326 – 0.508) ve  $Y_{\% \leq 1} = 98.06$  (95.05 – 100), EPID için  $Y_{max} = 1.709$  (1.265 – 4.324),  $Y_{ort} = 0.379$  (0.257 – 0.531) ve  $Y_{\% \leq 1} = 97.81$  (95.02 – 99.82) olarak bulunmuştur. Her iki sistem için de elde edilen sonuçların tedavi kabul koşullarını sağlamasına karşın EPID ile elde edilen  $Y_{max}$  parametrelerinin 2D – Array’den daha yüksek olduğu görülmüştür.  $Y_{max}$  parametresi açısından oluşan farkın iki dedektör arasındaki uzaysal çözünürlük farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. EPID sisteminin yüksek uzaysal çözünürlüğü ile akciğer kanserleri için önemli olan düşük doz bölgelerinin ölçülmesinde daha uygun bir sistem olduğuna, BTPS’den kaynaklanan hataların belirlenmesinde daha güvenilir olacağı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** YART. Dozimetrik doğrulama. 2D Array. EPID. Gamma analizi.

### Dosimetric Investigation of the Treatment Planning Lung Cancer Patient Treated with Using Intensity Modulated Radiation Therapy

#### ABSTRACT

The aim of this study was to perform the dosimetric controls of lung cancer patients' IMRT treatment plans that generated by CTPS with using two different equipments and also to make comparison in terms of their reliability and practicability. Dosimetric investigation of 15 IMRT treatment plans which created by CTPS was performed by 2D-Array and EPID and then compared with gamma analysis. The overall median values obtained from comparison of 2D-Array and TPS for all plans were  $Y_{max} = 1.207$  (0.890 – 2.177)  $Y_{ort} = 0.406$  (0.326 – 0.508) and  $Y_{\% \leq 1} = 98.06$  (95.05 – 100). And the overall median values obtained from comparison of EPID and TPS for all plans were  $Y_{max} = 1.709$  (1.265 – 4.324),  $Y_{avg} = 0.379$  (0.257 – 0.531) and  $Y_{\% \leq 1} = 97.81$  (95.02 – 99.82) for EPID. Although the overall results of IMRT plans verification using EPID and 2D-Array were within the tolerance levels, the results for  $Y_{max}$  were higher in EPID. The differences of spatial resolution was emphasized between two systems and thought that the result of differences caused by this spatial resolution differences. The measurement for low dose region, which is important for the lung cancer, EPID with its finer resolution is more suitable to detect the dosimetric errors caused by CTPS.

**Key Words:** IMRT. Dosimetric verification. 2D Array. Epid. Gamma analysis.

Geliş Tarihi: 06.02.2013  
Kabul Tarihi: 20.05.2013

Dr. Sema TUNÇ  
Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi,  
Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Bursa.  
Tel: 0224 295 34 41  
e-posta: sgozcu@gmail.com

Ülkemizin en önemli sağlık problemlerinden birisi; giderek artan akciğer kanseri insidansı (erkeklerde 75.8 / 100 000, kadınlarda 9.58 / 100 000) ve mortalite oranlarıdır. Akciğer kanseri, prostat kanserinden sonra en sık görülen kanser tipidir ve tüm kanser ölümlerinin yaklaşık üçte birini oluşturur. Sağkalım açısından

değerlendirildiğinde ise tüm akciğer kanseri hastalarının sadece %15'i tanıdan sonra 5 yıl ve daha fazla yaşayabilmektedir<sup>1</sup>.

Radyoterapi, akciğer kanserlerinde küratif veya palyatif amaçla tek başına veya diğer tedavi yöntemleri ile birlikte kullanılan lokal-bölgesel bir tedavi yöntemidir. Radyoterapi ile lokal kontrol, sağkalım ve yaşam kalitesinde iyileşme hedeflenmektedir. Son yıllarda teknolojideki gelişmeler (3 boyutlu konformal radyoterapi, yoğunluk ayarlı radyoterapi, stereotaksik radyoterapi vb.) radyoterapinin daha az toksisite ve daha dar sınırla uygulanabilmesine olanak sağlamaktadır.

Yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART), tedavi alanı içinde doz değişiklikleri yapabilen ve hedef dokular dışındaki dokulara minimum doz vermek koşuluyla tümör dozunu arttırabilmeye olanak tanıyan bir yöntemdir. YART teorisi ilk olarak 1982 yılında Brahme<sup>2</sup> tarafından önerilmiştir. Temel olarak uniform olmayan ışın demetleri kullanılarak hedef hacim etrafında konformal doz dağılımı elde etmeye dayanmaktadır. Akciğer kanserlerinin YART ile tedavisi görece olarak yeni bir uygulama alanıdır. YART'ın yüksek organ koruyucu özelliği akciğer kanserli hastaların tedavisinde dozimetrik açıdan iyi sonuçlar sağlamaktadır<sup>3</sup>. Ancak toraks bölgesindeki doku düzensizlikleri ve solunum hareketine bağlı tümör mobilite olasılığı dozun doğru şekilde hesaplanması ve tedavinin doğru uygulanabilmesi adına zorluklar oluşturmaktadır. Ayrıca klasik konformal tedavinin aksine her bir YART alanının doz yoğunluğu bilgisayar kontrollü çok yapraklı kolimatör (ÇYK) yardımıyla değiştirildiğinden, oluşturulan YART alanlarının dozimetrik olarak doğrulanması zorunlu hale gelmiştir. Buna ek olarak normal akciğer dokusunun düşük dozlarda da toksisite oluşturma ihtimali olduğundan<sup>4</sup> hesaplanan doz dağılımının düşük doz kısımlarının doğrulanması ayrıca önem arz etmektedir.

Bilgisayarlı tedavi planlama sistemi (BTPS) ile oluşturulan YART planlarının doz haritaları iki boyutlu dozimetre sistemleri ile ölçülebilir. Doz haritalarının ölçülmesinde sıklıkla 2 boyutlu dedektör sistemleri ve filmler kullanılmakta iken son yıllarda yüksek çözünürlüklü elektronik portal görüntüleme cihazları (EPID) da tedavi öncesi hastaya özgü kalite temini işlemlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Standart dozimetrik sistemlere alternatif olan iki boyutlu dedektör sistemlerinden 2D - Array ve EPID sistemlerinin YART doz haritalarının doğrulanmasında kullanılabileceği çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir<sup>5-6</sup>.

Çalışmamızdaki amaç, YART kullanılarak tedavi edilen 15 akciğer kanserli hastanın tedavi planlarının, iki boyutlu iyon odası düzlem dedektörü (2D - Array) ve Elektronik Portal Görüntüleme Cihazı (EPID) ile dozimetrik doğrulanmasının yapılması ve bu iki yöntemin güvenilirlik ve uygulanabilirlik açısından birbirleriyle karşılaştırılmasıdır.

## Gereç ve Yöntem

Bu çalışmada Artiste (SIEMENS AG, USA,1996) Lineer Hızlandırıcısı, RW3 (PTW, Freiburg, Germany) katı su fantomu, 2D - Array (PTW, Freiburg, Germany) iki boyutlu iyon odası düzlem dedektörü, OPTIVUE 1000ART (SIEMENS AG, USA,1996) elektronik portal görüntüleme cihazı kullanılmıştır.

15 akciğer kanserli hastanın bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri çekilip, radyasyon onkoloğu tarafından hedef hacim ve riskli organ hacimleri ICRU 62<sup>7</sup> raporuna göre konturlanmıştır. Tanımlanan hedef hacim ve normal dokuların konumlarına göre 6 MV enerjili 5 alan kullanılarak dur ve ışınla (step and shoot) tedavi yöntemine göre YART planları oluşturulmuştur. Oluşturulan YART planlarının kalite temini için RW3 katı su fantomu üzerinde hasta planları her alanın gantri ve kolimatör açısı 0 derece olacak şekilde tekrar oluşturulmuştur. Çalışma, her alan için ayrı bir değerlendirme gerektirdiği için her alanın fantom üzerinde 5 cm derinlikte (SAD:100cm) tek başına oluşturduğu doz dağılımları koronal kesit temel alınarak ayrı ayrı kaydedilmiştir.

BTPS'de oluşturulan YART kalite temini planları Artiste Lineer Hızlandırıcısı arayüz programına aktarıldıktan sonra ölçüm düzeneği YART planlarına uygun şekilde hazırlanmıştır. 5 cm derinlikteki dozu ölçebilmek adına 2D-Array üzerine dedektör yüzeyinin 0.5 cm altında bulunan iyon odası merkez mesafesini de hesaba katarak 4.5 cm RW-3 katı su fantomu koyulurken, EPID için alınacak ölçümleri mutlak doza dönüştüren yazılımın fizik modeline bağlı kalınmıştır. Bu modele göre kaynak-dedektör mesafesi 120 cm ve eşdeğer doz dağılımı derinliği 5 cm'dir.

YART kalite temini planlarının değerlendirilmesinde doz farkı ve DTA'yı birlikte değerlendiren gamma analiz yöntemi kullanılmıştır. Rutin hastaya özgü kalite temini prosedürüne bağlı kalınarak %3 doz farkı ve 3 mm DTA kriterleri seçilmiştir. Bu kriterleri sağlayan noktalar için gamma değerleri 1'den büyük olarak, sağlamayan noktalar için ise gamma değerleri 1'den küçük olarak sonuç vermektedir. Ayrıca doz farkı kriterinde referans doz olarak, hesaplanan doz haritasındaki maksimum doz değeri kullanılmıştır. Ölçüm değerlerinin BTPS'den elde edilen referans verileri karşılaştırılmasıyla elde edilen gamma değerleri ne kadar sifra yakın ise BTPS doz hesaplaması o kadar doğrudur yaklaşımı mevcuttur. Rutin kalite temini prosedüründe 1'den küçük olan gamma değerlerinin yüzdesi ( $\gamma_{\%} \leq 1$ ) planın kabul edilmesi için yeterli bir kriter iken bu çalışmada ek olarak gamma değerlerinin ortalaması ( $\gamma_{ort}$ ) ve maksimum gamma değeri ( $\gamma_{max}$ ) de karşılaştırma için veri olarak kaydedilmiştir. Elde edilen gamma parametrelerinin istatistiksel karşılaştırılmasında Wilcoxon işaretli sıra testi kullanılmıştır, anlamlılık düzeyi 0.05 olarak seçilmiş-

## Akciğer YART Planlarının Dozimetrik İncelenmesi

tir. Karşılaştırma SPSS 13.0 programı kullanılarak yapılmıştır.

### Bulgular ve Sonuçlar

15 hastaya ait 75 YART alanı için 2D-Array ve EPID ile alınan ölçümlerin bilgisayarlı tedavi planlama sistemi ile karşılaştırılmasından elde edilen gamma parametrelerinin medyan değerleri ve dağılım aralığı Tablo - I'de gösterilmiştir.

2D - Array ile ölçülen 75 YART alanının BTPS ile karşılaştırılmasından elde edilen gamma parametrelerinin medyan değerleri ve dağılım aralığı  $Y_{max} = 1.207$  (0.890 - 2.177)  $Y_{ort} = 0.406$  (0.326 - 0.508) ve  $Y_{\% \leq 1} = 98.06$  (95.05 - 100) olarak bulunmuştur. EPID ile ölçülen 75 YART alanının BTPS verileri ile karşılaştırılmasından elde edilen gamma parametrelerinin medyan değerleri ve dağılım aralığı ise  $Y_{max} = 1.709$  (1.265 - 4.324),  $Y_{ort} = 0.379$  (0.257 - 0.531) ve  $Y_{\% \leq 1} = 97.81$  (95.02 - 99.82) olarak bulunmuştur. Bütün YART alanları için EPID ölçümleri ile elde edilen  $Y_{max}$  değerleri 2D - Array ölçümlerine göre daha yüksek bulunmuştur (%96) ve  $Y_{max}$  parametresindeki değişim istatistiksel olarak değerlendirildiğinde anlamlı fark saptanmıştır ( $p < 0.001$ ). Benzer şekilde, iki farklı yöntem ile elde edilen  $Y_{ort}$  değerleri de

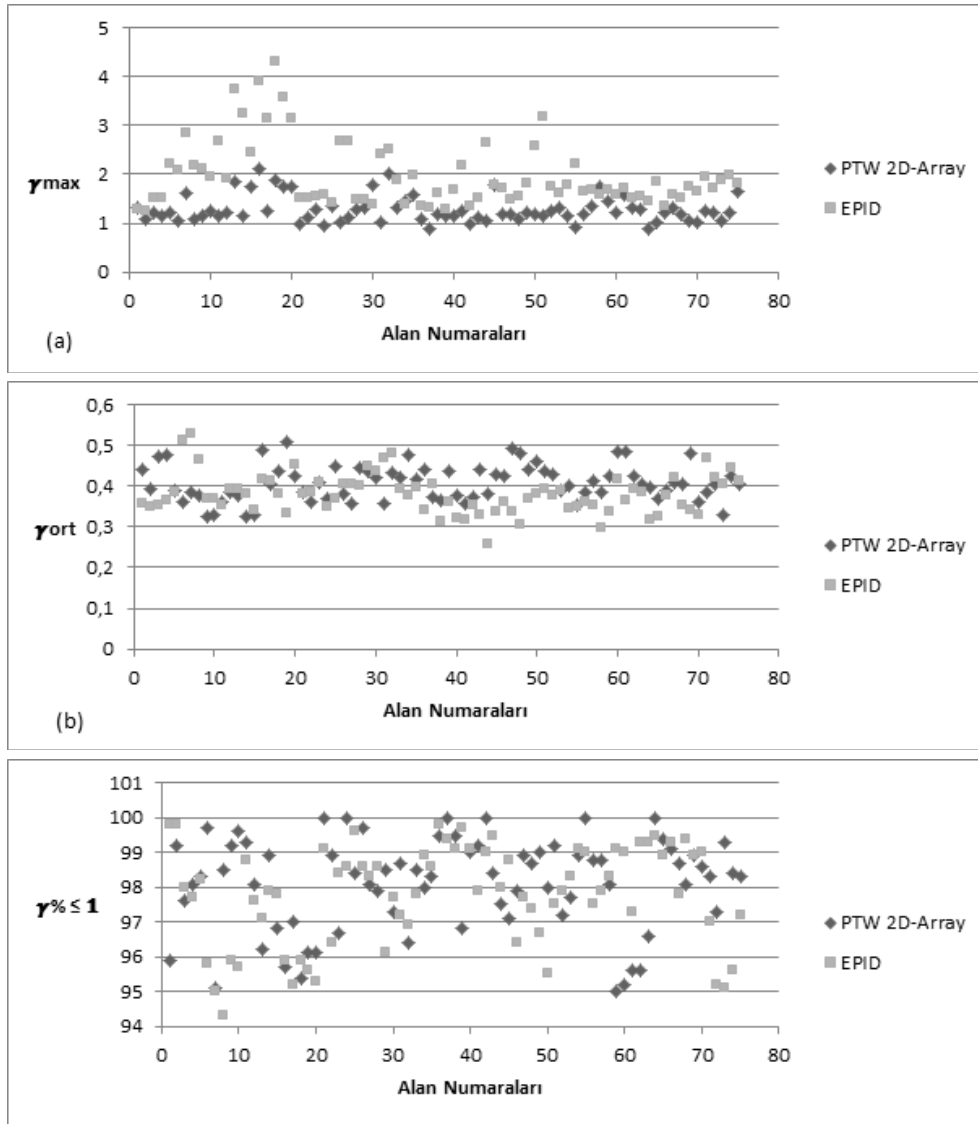
karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır ( $p < 0.001$ ) ancak tüm alanlar için EPID ölçümleri ile elde edilen  $Y_{ort}$  değerlerinin %69'u 2D - Array ölçümlerine göre daha düşük bulunurken, %31'i daha yüksek bulunmuştur. Son olarak  $Y_{\% \leq 1}$  değerleri bütün alanlar için karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır ( $p = 0.063$ ). Bunun yanında tedavi planının kabul kriteri, gamma analizinden elde edilen  $Y_{\% \leq 1}$  değerinin % 95'ten büyük olmasıdır. Her iki sistem ile yapılan dozimetrik doğrulama için bütün alanların tedavi kabul kriterini sağladığı görülmüştür.

### Tartışma

Günümüzde akciğer kanseri, kansere bağlı ölümlerin en önde gelen nedenidir. Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (YART) yüksek organ koruyucu özelliği ile tedavinin daha iyi sonuçlanmasını sağlamaktadır<sup>8</sup>. YART tekniği kullanılarak oluşturulan planlar karmaşık oldukları için tedavi öncesinde mutlaka planlanan radyasyon dozunun doğrulanması gerekir. Çalışmamızda YART tekniği ile tedavi edilmiş Akciğer Kanseri 15 hasta ele alınmış ve iki farklı dozimetrik ekipman kullanılarak planlanan doz dağılımının dozimetrik doğrulanması gamma analizi yöntemi ile yapılmıştır.

**Tablo I - EPID ve 2D - Array ile alınan ölçümlerin TPS verileri ile karşılaştırılması sonucunda elde edilen gamma parametrelerinin medyan değerleri ve dağılım aralığı.**

Hasta No	Epid			2D - Array		
	$Y_{max}$	$Y_{ort}$	$Y_{\% \leq 1}$	$Y_{max}$	$Y_{ort}$	$Y_{\% \leq 1}$
1	1.522 (1.264-2.206)	0.359 (0.350-0.386)	98.70 (97.70-99.83)	1.207 (1.075-1.328)	0.442 (0.391-0.479)	97.82 (95.92-99.25)
2	2.100 (1.933-2840)	0.466 (0.369-0.531)	95.34 (95.05-95.74)	1.161 (1.059-1.632)	0.363 (0.326-0.384)	98.42 (95.17-99.75)
3	2.664 (1.910-3.729)	0.383 (0.340-0.395)	97.84 (97.14-98.81)	1.224 (1.136-1.847)	0.401 (0.390-0.473)	97.86 (96.25-99.38)
4	3.573 (3.143-4.324)	0.415 (0.333-0.455)	95.58 (95.02-96.16)	1.753 (1.259-2.117)	0.437 (0.405-0.508)	96.06 (95.75-97.20)
5	1.516 (1.409-1.582)	0.383 (0.352-0.410)	98.42 (96.47-99.14)	1.118 (0.952-1.366)	0.387 (0.360-0.449)	98.80 (96.77-100)
6	1.482 (1.385-2.672)	0.405 (0.402-0.450)	97.86 (96.13-98.69)	1.291 (1.023-1.782)	0.423 (0.358-0.446)	98.30 (97.32-99.75)
7	1.966 (1.381-2.505)	0.396 (0.378-0.482)	97.88 (96.98-98.95)	1.441 (1.033-2.006)	0.422 (0.357-0.476)	97.98 (96.44-98.75)
8	1.353 (1.268-1.697)	0.341 (0.312-0.405)	99.42 (99.15-99.82)	1.148 (0.890-1.176)	0.381 (0.364-0.440)	98.96 (96.85-100)
9	1.768 (1.337-2.640)	0.328 (0.257-0.353)	98.64 (97.96-99.55)	1.101 (0.995-1.773)	0.381 (0.357-0.442)	98.44 (97.14-100)
10	1.709 (1.486-2.591)	0.359 (0.304-0.381)	96.74 (95.55-97.71)	1.173 (0.427-1.208)	0.463 (0.427-0.494)	98.50 (97.95-99)
11	1.768 (1.626-3.170)	0.378 (0.347-0.395)	98.36 (97.58-99.05)	1.141 (0.930-1.331)	0.403 (0.353-0.439)	98.60 (97.25-100)
12	1.640 (1.539-1.687)	0.352 (0.298-0.418)	99.04 (98.66-99.75)	1.336 (1.195-1.724)	0.415 (0.384-0.485)	97.18 (95.05-98.95)
13	1.535 (1.446-1.837)	0.364 (0.317-0.393)	98.86 (97.33-99.58)	1.287 (0.895-1.587)	0.405 (0.371-0.486)	97.44 (95.65-100)
14	1.585 (1.356-1.741)	0.353 (0.329-0.420)	98.88 (97.85-99.45)	1.192 (1.032-1.324)	0.404 (0.362-0.481)	98.68 (98.12-99.13)
15	1.871 (1.704-1.967)	0.422 (0.408-0.468)	96.02 (95.12-97.20)	1.218 (1.037-1.643)	0.406 (0.331-0.425)	98.32 (97.32-99.36)
Medyan	1.709	0.378	97.81	1.207	0.406	98.06
Dağılım Aralığı	(1.265-4.324)	(0.257-0.531)	(95.02-99.82)	(0.890-2.177)	(0.326-0.508)	(95.05-100)



Şekil 1:

Her iki yöntem ile elde edilen  $\gamma_{max}$  (a),  $\gamma_{ort}$  (b) ve  $\gamma\% \leq 1$  (c) değerlerinin dağılım grafiği.

Çalışmamızda 2D - Array ile ölçülen 15 hasta planının BTPS ile karşılaştırılmasından elde edilen ortalama gamma parametreleri  $\gamma_{max} = 1.207$  (0.890 - 2.177)  $\gamma_{ort} = 0.406$  (0.326 - 0.508) ve  $\gamma\% \leq 1 = 98.06$  (95.05 - 100) olarak bulunmuştur. Benzer özelliklere sahip farklı bir firmanın ürettiği 2D - Array iyon odası dedektörü (MatriXX, IBA Dosimetry Inc., Memphis, TN) kullanılarak yapılan diğer çalışmalarda Sharma ve arkadaşları<sup>9</sup> 14 hasta planı için  $\gamma_{max} = 1.35 \pm 0.37$ ,  $\gamma_{ort} = 0.25 \pm 0.07$  ve  $\gamma\% \leq 1 = 99.80 \pm 0.44$ , Rao ve arkadaşları<sup>10</sup> 18 hasta planı için  $\gamma\% \leq 1 = 98.5$  değerlerini raporlamışlardır. Her iki çalışmada da 2D - Array iyon odası dedektörlerinin kolay hizmete alım prosedürlerinin yanı sıra düşük uzaysal çözünürlükleri vurgulanmıştır.

15 hasta planının dozimetrik kontrolü EPID ölçümleri kullanılarak yapıldığında  $\gamma_{max} = 1.709$  (1.265 -

4.324),  $\gamma_{ort} = 0.379$  (0.257 - 0.531) ve  $\gamma\% \leq 1 = 97.81$  (95.02 - 99.82) değerleri bulunmuştur. Değerlendirme kriterleri bu çalışmayla aynı olan diğer çalışmalarda Howell ve arkadaşları<sup>11</sup> 152 hasta için  $\gamma_{max} = 2.4 \pm 0.8$ ,  $\gamma_{ort} = 0.33 \pm 0.13$  ve  $\gamma\% \leq 1 = 95.9 \pm 4.2$ , Zijtveld ve arkadaşları<sup>12</sup>  $\gamma_{ort} = 0.43 \pm 0.13$  ve  $\gamma\% \leq 1 = 93.9 \pm 6.8$ , McDermott ve arkadaşları<sup>13</sup> 20 hasta için  $\gamma_{max} = 2.52$ ,  $\gamma_{ort} = 0.39$  ve  $\gamma\% \leq 1 = 98.7$  değerlerini raporlamışlardır. Çalışmamızda bulunan  $\gamma_{max}$  parametresine ait bulguların literatürle uyumlu olduğu görülmüştür.

EPID ile alınan ölçümlerin tedavi planlama sistemi ile karşılaştırılmasıyla elde edilen  $\gamma_{max}$  parametresinin 2D - Array ölçümlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Sharma ve arkadaşları<sup>9</sup> 14 hasta için yaptığı çalışmada karşılaştırılabilir  $\gamma_{ort}$  ve  $\gamma\% \leq 1$  parametreleri bulmalarına karşın (0.24-0.25, 99.43-

## Akciğer YART Planlarının Dozimetrik İncelenmesi

99.80)  $Y_{max}$  parametresi için hasta YART planlarının % 86'sında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (2.02-1.35). Her alan için ayrı ayrı elde edilen maksimum gamma değerinin EPID ölçümlerine göre yapılan verifikasyonda daha yüksek olmasının nedeni EPID sisteminin 2D - Array sistemine göre çok daha yüksek uzaysal çözünürlüğe sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Böylece ÇYK'dan kaynaklı dozun (ÇYK geçirgenliği ve sızıntısı, dil ve yuva etkisi gibi) oransal olarak daha yüksek olduğu düşük doz bölgelerinde oluşan dozimetrik farklılıklar EPID ile çok yüksek bir hassasiyet ile saptanır. Çalışmamızda kullandığımız CMS XiO tedavi planlama sisteminin doz modellemesinde dil ve yuva etkisi hesaba katılmadığı için<sup>14</sup> bu farklılık çok daha belirgindir. McDermott<sup>13</sup> ve arkadaşları bu durumu incelemiş, kullandıkları tedavi planlama sistemindeki doz modelinde kullanılan dil ve yuva genişliği parametresini 0.06 cm'den 0.20 cm'ye çıkardıklarında değerlendirdikleri YART alanı için  $Y_{max}$  parametresinin 2.32'den 1.39'a düştüğünü raporlamışlardır.

Sonuç olarak çalışmamızdan elde ettiğimiz veriler doğrultusunda akciğer kanserli hastaların YART tedavi planlarının dozimetrik doğrulmasında 2D Array iyon odası dedektörünün kullanımı, bariz doz hatalarının dedekte edilebilmesinde uygun olmasına karşın, düşük veri yoğunluğu bu cihazların küçük bölgelerde oluşabilecek dil ve yuva etkisi gibi etkilerden kaynaklanan dozimetrik hataların fark edilmesini zorlaştırmaktadır. Ayrıca YART planlarının dozimetrik doğrulamasında sıklıkla geniş DTA kriterleri kullanılması ve dedektörlerin iki ölçüm noktası arasındaki ayırmadan kaynaklanan süreksiz çözünürlüğü, yüksek doz gradyent bölgelerindeki yanlış hesaplamalara neden olan tedavi planlama sistemi modelleme hatalarının fark edilememesine neden olur. Yüksek doz gradyent bölgelerinin düşük doz bölgelerinde oluşma ihtimali yüksektir ve düşük doz bölgeleri akciğer radyoterapisinde ayrıca önem arz etmektedir.

Yüksek veri yoğunluğu sağlayan yüksek çözünürlüklü EPID'lerden alınan görüntülerin doz haritalarına dönüştürülmesi doğru ve kesin bir şekilde modellendiği takdirde bu gibi dozimetrik hataların fark edilmesi olanaklı hale gelir. Dolayısıyla normal akciğer dokusunun düşük dozda ışınlanmasında toksisite ihtimali bulunduğundan düşük dozların hesaplanmasında doz modellemesinden kaynaklanan hataların EPID ile daha doğru bir şekilde belirlenebileceği için akciğer kanser-

li hastaların YART planlarının verifikasyonunda EPID kullanımının daha güvenli bir yöntem olduğu söylenebilir. Ayrıca EPID'in lineer hızlandırıcıya bütünlük çalıştırma yöntemi ile setup süresini kısaltması da bu sistemin pratikliği açısından önemli bir avantajdır.

## Kaynaklar

1. Göksel T, Yıldız P, Altın S. ve ark. Akciğer Kanseri. In: Metintaş M. (eds). Türkiye'de temel akciğer sağlığı sorunları ve çözüm önerileri. Ankara: Türk Toraks Derneği; 2010. 55 – 70.
2. Brahme A, Roos JE, Lax I. Solution of an integral equation encountered in rotation therapy. *Phys Med Biol* 1998; 27(10): 1221-9.
3. Murshed H, Liu HH, Liao Z. Dose and volume reduction for normal lung using intensity-modulated radiotherapy for advanced-stage non-small-cell lung cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004; 58: 1258 –67.
4. Trodella L, Ramella S, Salvi G. Dose and volume as predictive factors of pulmonary toxicity. *Rays* 2005; 30: 175–80.
5. Spezi E, Angelini AL, Ferri A. Characterization of a 2D ion chamber array for the verification of radiotherapy treatments. *Phys Med Biol* 2005; 50(14):3361-73.
6. Grzadziel A, Smolinska B, Rutkowski R. EPID dosimetry – configuration and pre-treatment IMRT verification. *Rep Pract Oncol Radiother* 2007; 12(6):307-12.
7. Bethesda, MD. ICRU report no:62 international commission on radiation units and measurements. prescribing, recording, and reporting photon beam therapy, supplement to ICRU Report No. 50 1999.
8. Yom SS, Liao Z, Liu HH, Tucker SL, Hu CS, Wei X, et al. Initial evaluation of treatment-related pneumonitis in advanced-stage non-small-cell lung cancer patients treated with concurrent chemotherapy and intensity-modulated radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007; 68(1):94-102.
9. Sharma DS, Mhatre V, Heigrujam M, Talapatra K, Mallik S. Portal dosimetry for pretreatment verification of imrt plan: A comparison with 2D ion chamber array. *J Appl Clin Med Phys* 2010; 11(4):3268-38.
10. Rao M, Yang W, Chen F, Sheng K, Ye J, Mehta V, Shepard V, and Cao D. Comparison of Elekta vmat with helical tomotherapy and fixed field imrt: Plan quality, delivery efficiency and accuracy *Medical Physics* 2010; 37, 1350–9.
11. Howell RM, Smith IPN, Jarro CS. Establishing action levels for epid-based qa for imrt. *JACMP* 2008; 9(3):16–25.
12. Van Zijtveld M, Dirks MLP, de Boer HCJ, Heijmen BJM. Dosimetric pre-treatment verification of imrt using an epid; clinical experience. *Radiother Oncol* 2006; 81(2):168-75.
13. McDermott LN, Louwe RJW, Sonke JJ, van Herk M, Mijnheer BJ. Clinical experience with epid dosimetry for prostate imrt pre-treatment dose verification. *Medical Physics* 2006; 33, 3921-32.
14. XiO Training Guide by CMS, Inc, 2010; 12-39.

