



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ RADYASYON
ONKOLOJİSİ ANABİLİM
DALI



REKTUM KANSER HASTALARI ÜZERİNDE YAPILAN VMAT VE
KONFORMAL PLANLARININ DOZİMETRİK PARAMETRELERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI

VOLKAN AVCI

(YÜKSEK LİSANS)

BURSA-2017

Volkan AVCI

RADYASYON ONKOLOJİSİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS TEZİ

2017



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ RADYASYON ONKOLOJİSİ ANABİLİM
DALI



**REKTUM KANSER HASTALARI ÜZERİNDE YAPILAN VMAT VE
KONFORMAL PLANLARININ DOZİMETRİK PARAMETRELERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

VOLKAN AVCI

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

DANIŞMAN:

Prof. Dr. Z. Gökay KAYNAK

YARDIMCI DANIŞMAN:

Doç. Dr. Meral KURT

BURSA-2017

ETİK BEYANI

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum "Rektum Kanser Hastaları Üzerinde Yapılan VMAT Ve Konformal Planlarının Dozimetrik Parametrelerinin Karşılaştırılması" adlı çalışmanın, proje safhasından sonuçlanmasına kadar geçen bütün süreçlerde bilimsel etik kurallarına uygun bir şekilde hazırlandığını ve yararlandığım eserlerin kaynaklar bölümünde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir ve beyan ederim.

Adı Soyadı

Tarih ve İmza

Volkan Arıcı

17/07/2017



SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Volkan AVCI tarafından hazırlanan Rektum Kanseri Hastaları Üzerinde Yapılan VMAT Ve Konformal Planlarının Dozimetrik Parametrelerinin Karşılaştırılması konulu Yüksek Lisans tezi 17 / 07 / 2017 günü, 13 - 30 saatleri arasında yapılan tez savunma sınavında jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Tez Danışmanı	Prof. Dr. Z. Gökay KAYNAK	
Üye	Doç. Dr. Meral KURT	
Üye	Prof. Dr. Durmuş ETİZ	
Üye		
Üye		

Bu tez Enstitü Yönetim Kurulu'nun tarih ve . _____ sayılı toplantısında alınan numaralı karar ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Gülşah ÇEÇENER

Enstitü Müdürü

TEZ KONTROL ve BEYAN FORMU

30/06/2017

Adı Soyadı: Volkan AVCI

Anabilim Dalı: Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı

Tez Konusu: Rektum Kanseri Hastaları Üzerinde Yapılan VMAT Ve Konformal Planlarının Dozimetrik Parametrelerinin Karşılaştırılması

ÖZELLİKLER	<u>UYGUNDUR</u>	<u>UYGUN DEĞİLDİR</u>	<u>AÇIKLAMA</u>
Tezin Boyutları	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dış Kapak Sayfası	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
İç Kapak Sayfası	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Kabul Onay Sayfası	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sayfa Düzeni	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
İçindekiler Sayfası	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Yazı Karakteri	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Satır Aralıkları	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Başlıklar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sayfa Numaraları	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Eklerin Yerleştirilmesi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tabloların Yerleştirilmesi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Kaynaklar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

DANIŞMAN ONAYI

Unvanı Adı Soyadı: Pof. Dr. Z. Gökay KAYNAK

İmza:



İÇİNDEKİLER

DIŞ KAPAK	
İÇ KAPAK	
ETİK BEYANI	II
KABUL ONAY	III
TEZ KONTROL VE BEYAN FORMU.....	IV
İÇİNDEKİLER	V
TÜRKÇE ÖZET	VIII
İNGİLİZCE ÖZET	IX
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Rektumun Anatomik Yerleşimi	3
2.2. Rektum Kanseri	4
2.3. Rektum Kanserinin Tedavisi	4
2.3.1. Cerrahi	4
2.3.2. Adjuvan Tedavi	5
2.3.3. Neoadjuvan Tedavi	5
2.4. Radyoterapi (Işın Tedavisi).....	5
2.5. Lineer Hızlandırıcılar	6
2.6. Lineer Hızlandırıcıların Kafa Yapısı	9
2.6.1. X-ışınları Hedefi	9
2.6.2. Düzleştirici Filtre.....	9
2.6.3. Monitör İyon Odaları	9
2.6.4. Kolimatörler	10
2.6.4.1. Birincil Sabit Kolimatörler.....	10
2.6.4.2. İkincil Sabit Kolimatörler	10
2.7. Çok Yapraklı Kolimatörler (Multilif Kolimatörler MLC)	10
2.7.1. Lifler Arası Geçirgenlik.....	12
2.7.2. Lif Geçirgenliği.....	12
2.8. Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi (3B KRT)	13
2.9. Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (YART).....	14
2.10. Yoğunluk Ayarlı Ark Terapi (IMAT).....	14
2.11. Volümetrik Ayarlı Ark Terapi (VMAT).....	15
2.12. Planları Karşılaştırma Parametreleri	15
2.12.1. Doz Hacim Histogramı (DVH).....	15
2.12.2. Doz Homojenliği ve Konformalitesi	16
2.13. Tedavi Planlama Algoritmaları	18
2.13.1. Düzeltme - Ölçüm Tabanlı Algoritmalar	18
2.13.2. Model Tabanlı Algoritmalar	18
2.13.3. Monte Carlo Tabanlı Algoritmalar	19
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	21
3.1. Gereçler	21
3.1.1. Siemens Somatom Emotion Duo BT-Simülatör Ünitesi	21
3.1.2. CMS XIO 5.00 3 Boyutlu Tedavi Planlama Sistemi	22

3.1.3. Monaco 5.1 Tedavi Planlama Sistemi.....	23
3.1.4. SPSS Veri Analiz Programı	25
3.2. Yöntem	26
3.2.1. 3BKRT Planlarının Oluşturulması	26
3.2.2. VMAT-SIB Planlarının Oluşturulması.....	27
3.2.3. VMAT Boostlu Tedavi Planlarının Oluşturulması.....	28
3.2.4. İstatiksel Analiz	30
4. BULGULAR	31
4.1. Hedef Volüm (CTV ₄₅)	32
4.1.1. CTV ₄₅ 'e ait D _{max} (Gy/cm ³) Verilerinin Sonuçları.....	32
4.1.2. CTV ₄₅ 'e ait D _{ort} (cGy/cm ³) Verilerinin Sonuçları	34
4.1.3. CTV ₄₅ 'e ait D _{%98} (cGy/cm ³) Verilerinin Sonuçları.....	36
4.1.4. CTV ₄₅ 'e ait Konformalite Numarası (CN) Verilerinin Sonuçları	38
4.1.5. CTV ₄₅ 'e ait Homojenite Katsayı (HI) değerlerinin sonuçları.....	40
4.2. Hedef Volüm (CTV ₅₀)	42
4.2.1. CTV ₅₀ 'e ait D _{max} (cGy/cm ³) Verilerinin Sonuçları.....	42
4.2.2. CTV ₅₀ 'e ait D _{ort} (cGy/cm ³) Verilerinin Sonuçları	44
4.2.3. CTV ₅₀ 'e ait D _{%98} (cGy/cm ³) Verilerinin Sonuçları.....	46
4.2.4. CTV ₅₀ 'e ait Konformalite Numarası (CN) Verilerinin Sonuçları	48
4.2.5. CTV ₅₀ 'e ait Homojenite Katsayı (HI) değerlerinin sonuçları.....	50
4.3. Hedef Volüm (GTV ₅₄)	52
4.3.1. GTV ₅₄ 'e ait D _{max} (cGy/cm ³) Verilerinin Sonuçları.....	52
4.3.2. GTV ₅₄ 'e ait D _{ort} (cGy/cm ³) Verilerinin Sonuçları	54
4.3.3. GTV ₅₄ 'e ait D _{%98} (Gy/cm ³) Verilerinin Sonuçları	56
4.3.4. GTV ₅₄ 'e ait Konformalite Numarası (CN) Verilerinin Sonuçları.....	58
4.3.5. GTV ₅₄ 'e ait Homojenite Katsayı (HI) değerlerinin sonuçları.....	60
4.4. Kritik Organ Mesanede Oluşan Dozların Bulguları	62
4.4.1. Kritik Organ Mesanede Oluşan D _{max} (cGy) Verilerin Sonuçları.....	62
4.4.2. Kritik Organ Mesanede Oluşan D _{ort} (cGy) Verilerin Sonuçları	64
4.4.3. Kritik Organ Mesanede Oluşan V ₄₀ (%) Verilerin Sonuçları	66
4.4.4. Kritik Organ Mesanede Oluşan V ₃₀ (%) Verilerin Sonuçları	68
4.5. Kritik Organ İnce Bağırsak da Oluşan Dozların Bulguları.....	70
4.5.1. Kritik Organ İnce Bağırsak da Oluşan D _{max} (cGy) Verilerin Sonuçları... ..	70
4.5.2. Kritik Organ İnce Bağırsak da Oluşan D _{ort} (cGy) Verilerin Sonuçları	72
4.5.3. Kritik Organ İnce Bağırsak da Oluşan V ₄₀ (%) Verilerin Sonuçları.....	74
4.6. Kritik Organ Sol Femur Başında Oluşan Dozların Bulguları.....	76
4.6.1. Kritik Organ Sol Femur Başı için D _{max} (cGy) Verilerin Sonuçları	76
4.6.2. Kritik Organ Sol Femur Başı için D _{ort} (cGy) Verilerin Sonuçları.....	78
4.6.3. Kritik Organ Sol Femur Başı için V ₂₀ (%) Verilerin Sonuçları.....	80
4.7. Kritik Organ Sağ Femur Başında Oluşan Dozların Bulguları.....	82
4.7.1. Kritik Organ Sağ Femur Başı için D _{max} (cGy) Verilerin Sonuçları	82
4.7.2. Kritik Organ Sağ Femur Başı için D _{ort} (cGy) Verilerin Sonuçları.....	84
4.7.3. Kritik Organ Sağ Femur Başı için V ₂₀ (%) Verilerin Sonuçları	86
4.8. Kritik Organ Spinal Cord da Oluşan Dozların Bulguları.....	88
4.8.1. Kritik Organ Spinal Cord için D _{max} Verilerin Sonuçları	88

4.7.2. Kritik Organ Spinal Cord için D_{ort} Verilerin Sonuçları.....	90
4.9. Kritik Organ Spinal Cord da Oluşan Dozların Bulguları.....	92
4.9.1. Total Vücuttaki Maksimum Doz Verilerin Sonuçları	92
4.10. Kritik Organ Spinal Cord da Oluşan Dozların Bulguları.....	94
4.10.1. Monitor Unit (MU) Verilerin Sonuçları.....	94
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	96
6. KAYNAKLAR	102
7. SİMGELER VE KISALTMALAR	107
8. EKLER.....	109
9. TEŞEKKÜR	112
10. ÖZGEÇMİŞ.....	113



TÜRKÇE ÖZET

Bu çalışmanın amacı, rektum kanserli hastalar için 1 ark ve 2 ark olacak şekilde Eş zamanlı (SIB) Volümetrik Ayarlı Ark Terapi (VMAT), Ek tedavili (Boost) VMAT ve Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi (3BKRT) tedavi planlama teknikleri (TPT) ile oluşturulan planları karşılaştırmak ve aynı zamanda Doz Volüm Histogramı (DVH) yardımıyla hedef hacim, kritik organ dozları, Konformalite numarası (CN), Homojenite indeks (HI) ve Monitor Unit (MU) değerinin planlar üzerinde karşılaştırılmasıdır.

Kliniğimizde tedavi olmuş 15 rektum kanserli hastaya ait Bilgisayarlı Tomografi (BT) görüntüleri üzerinde hedef hacim ve kritik organların yerleri konturlanmıştır. Bu çalışmada, VMAT için yapılan eş zamanlı planlama teknikleri VMAT-SIB 1 ark ve VMAT-SIB 2 ark, ek tedavili VMAT tekniği VMAT+Boost 1 ark, VMAT+Boost 2 ark ve Konformal planları için 3BKRT olarak adlandırılmıştır. VMAT planları için MONACO 5.0 TPS kullanılırken, 3BKRT için XiO 5 TPS ile yapılan planların dozları kullanılmıştır. Öncelik, hedef hacmin %98'inin verilmek istenen dozun %100'ünü alması ve planın maksimum dozunun, verilen dozun %110'unu geçmemesidir. Planlamalar hedef volüme boost planlarında 25+2 fraksiyon 50+4Gy olacak şekilde, VMAT-SIB planları 27 fraksiyondan 54 Gy, 3BKRT 25+3+2 fraksiyondan 45+5,4+3,6 Gy olarak verilmiştir. Planlamada tümörde aynı biyolojik eş değere etkiye sahip olması için Biyolojik Eş Değer Doz (BED) hesabı yapılmıştır.

Yapılan çalışmada VMAT tekniği diğer tekniklere göre daha iyi sonuç vermiştir. Hedef volüm dozlarında, MU sayılarının da VMAT-SIB teknikleri diğer tekniklere göre daha iyi sonuç vermiştir. Kritik organ dozlarında bütün TPT'lerinin başarılı koruma sağladığı görülmüştür.

Sonuç olarak yapılan TPT'leri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmüş ve en iyi sonuç VMAT-SIB planları vermiştir.

Anahtar Kelimeler: VMAT, 3BKRT, Rektum, VMAT-SIB, VMAT Boost

İNGİLİZCE ÖZET

DOSİMETRİK KARŞILAŞTIRMA VE VMAT VE KONFORMAL İÇİN REKTUM KANSERİ

The aim of this study was to develop a set of volumetric adjusted arthral therapy (VMAT), supplemental treatment (Boost) VMAT and three dimensional conformal radiotherapy (3DCRT) treatment planning techniques (TPT) as well as 1 arc and 2 arcs for rectal cancer patients (CN), Homogeneity index (HI) and Monitor Unit (MU) values on the plans with the help of Doze Volume Histogram (DVH).

Computerized tomography (CT) images of 15 rectal cancer patients who were treated in our clinic were contoured with target volume and locations of critical organs. In this study, co-scheduling techniques for VMAT were named SIB-VMAT 1 ark and SIB-VMAT 2 ark, VMAT technique VMAT technique VMAT + Boost 1 arc, VMAT + Boost 2 arc and 3BKRT for conformal plans. While MONACO 5.0 TPS was used for VMAT plans, doses of plans made with XiO 5 TPS for 3BKRT were used. VMAT-SIB schemes were given as 54 Gy from 27 fractions and 45+5.4+3.6 Gy from 3DCRT 25+3+2 fractions, with the plan being 25+2 fraction 50+4Gy in the target volumetric boost plans. In order to have the same biological equivalent in the tumor, the Biological Equivalence Dose (BED) calculation was made.

In the study conducted, the VMAT technique gave better results than the other techniques. In the target volume doses, the VMAT-SIB techniques of the MU values were better than the other techniques. All TPTs in the critical organ doses have been shown to provide successful protection.

As a result, there was a statistically significant difference between TPTs and the best result was VMAT-SIB plans.

Key words: VMAT, 3DCRT, Rectum, VMAT-SIB, VMAT Boost

1. GİRİŞ

Günümüzde, dünyada görülen tüm kanserlerin yaklaşık olarak %15'lik kısmını rektum kanseri oluştururken, kalın bağırsak kanserlerinin de %30'luk kısmını oluşturmaktadır.

Rektum kanserinin klinik olarak tedavi yöntemi cerrahidir. Cerrahi tekniklerdeki gelişmelere rağmen yapılan çalışmalarda, rektum kanserinin tek başına cerrahi yöntemi ile tedavi edildiğinde kanserin yineleme oranı yüksektir. Bu oran yaklaşık olarak %20-50 arasında değişmektedir. Tek başına cerrahi işlemi uygulandığında 5 yıllık sağkalım oranı T3-T4 rektal kanserlerde %44-60, lenf tutulumları varlığında ise %25-30 olarak bulunmuştur (Bossed ve ark., 1986; Minsky ve ark., 1988). Cerrahiye ek olarak adjuvan radyoterapinin, kemoterapiye eklenmesiyle birlikte lokal yineleme oranı azalırken, sağkalım oranı artmıştır.

RT'nin kökeni 1895 yılında keşfedilen X-ışınlarına dayanır. X-ışınlarının tedavi edici özelliklerinin ortaya çıkmasıyla, kanser hastalarının tedavisinde kullanılmaya başlanmıştır. Sürekli gelişen bilgisayar teknolojisi sayesinde yeni tedavi yöntemleri ortaya çıkmıştır (Mcgary ve ark., 1997). İki boyutlu RT ile başlayan gelişim süreci yerini Üç Boyutlu Konformal Radyoterapiye (3BKRT) bırakmıştır. 3BKRT anatomik yapıda konformal bir doz dağılımı sağlamaktadır. Son yıllarda tümöre istenilen dozu daha iyi vermek ve normal dokuları daha iyi koruyabilmek için, Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (YART) ve Volümetrik Ayarlı Ark Terapi (VMAT) teknikleri olarak isimlendirilen modern tedavi yöntemleri kullanılmaktadır.

YART, 3BKRT'nin gelişmiş bir şeklidir. Hedeflenen hacme istenilen dozu vermek için, uygulanan ışın doğrultusunda, farklı yoğunluklarda birçok küçük segment kullanılır. Her tedavi alanındaki ışın yoğunluğunun değiştirilmesi ilkesine

dayanan bu teknik, 3BKRT tekniği ile karşılaştırıldığında hem hedef bölgede daha yüksek doz dağılımını hem de normal ve riskli dokularda daha düşük doz sağlayabilir. Hacimsel ayarlı bir tedavi olan VMAT ise YART'nin gelişmiş halidir. Bu teknikte gantry hastanın çevresinde rotasyon hareketi sırasında tmrl dokuya ışın vermeye devam ederken, verilen bu ışın alanını dinamik çok Yapraklı Kolimatrlerin (YK) sayesinde değiştirme prensibine dayanır (Otto, 2008).

Amacımız 15 rektum kanserli hastada 5 farklı planlama tekniği ile kritik organların ve hedef tümör volümün doz değerlerini Doz Volüm Histogramı (DVH) yardımıyla istatikselsel olarak karşılaştırarak en uygun tedavi planının bulunmasıdır. Ayrıca her hasta için elde edilen tedavi planlarından Homojenite İndeksi (HI), Konformalite Numarası (CN), Monitor Unit (MU) sayısı değerleri de istatikselsel olarak karşılaştırılmıştır. VMAT tedavi planları için ELEKTA SYNERGY (Elekta AB, Amerika,2013) cihazının kullanmış olduğu MONACO 5.0 TPS ile yapılan planların dozları kullanılırken, 3BKRT için ise SIEMENS ARTİSTE (Siemens Germany,2010) cihazının kullandığı XiO 5 TPS ile yapılan planların dozları kullanılmıştır.

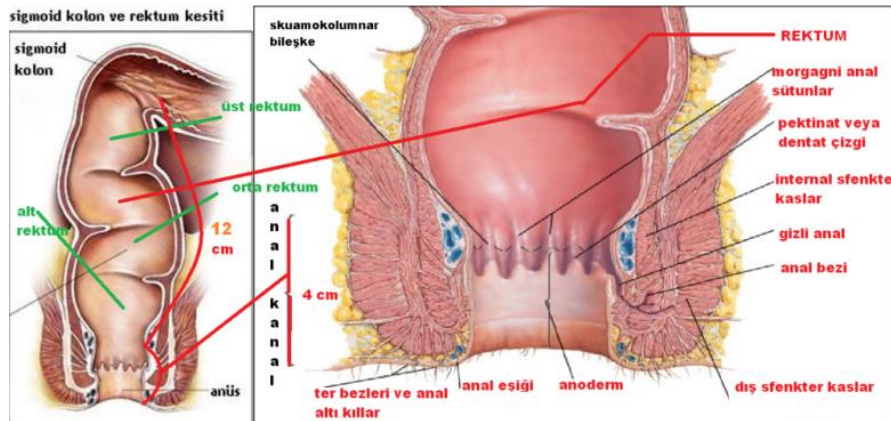
2. GENEL BİLGİLER

2.1. Rektumun Anatomik Yerleşimi

Rektum sigmoid kolon ile anal kanalın üst sınırları arasında kalan 12-15 cm uzunluğunda gastrointestinal sistemin son parçasıdır. Sakral 3. vertebra seviyesinden başlar ve anüs aracılığı ile dışarı açılır. Çapı dolu veya boş olmasına bağlı olarak değişmektedir.

Rektumun kabaca üç segmente ayrıldığı görülmektedir (Netter, 2014). Anal kanal (Dentane çizgi) itibaren 0-7cm aşağı rektumu, 7-12cm arası orta rektumu oluştururken, 12 cm üzeri üst rektumu oluşturmaktadır.

Üst rektumun ön ve iki yanı peritonla örtülmüş olup orta rektum pelvis bölgesinde daha derin yerleşimde olduğundan sadece ön yüzü peritonla örtülmüştür. Alt rektumun ise peritonla ilişkisi yoktur komşu organ ve pelvisle yakın ilişki içindedir (Enker, 1996).



Şekil-1: Rektum Anatomisi (Enker, 1996)

2.2. Rektum Kanseri

Rektum kanseri Kalın bağırsak kanserlerinin %30'luk kısmını oluştururken, diğer tüm kanser çeşitlerinin de %15'lik kısmını oluşturmaktadır. Rektum kanseri erkek hastalarda, kadın hastalara göre biraz daha fazla görülme oranına sahiptir (Leibel ve ark., 1998; Steele ve Mayer, 1996). Rektum kanserinin tanı yaşı ortalama 62 olarak verilmiştir. Tanısı konmuş olan kırk yaş altı hastalarda prognozun daha kötü bilindirilmekle beraber bu durumun konmuş olan tanı anındaki evre ilişkisi net olarak açıklanamamıştır (Leibel ve ark., 1998; Perez, 1997).

Mukoza kaynaklı olan rektum tümörlerinin büyük bir kısmını adenokarsinomlar (>%90) oluşturmaktadır. Adenokarsinomlar üç şekilde sınıflandırılmaktadır. Bunlar sırasıyla; iyi, orta ve az difarensiye tümörlerdir (Czito, 2007).

2.3. Rektum Kanserinin Tedavisi

2.3.1. Cerrahi

Küratif tedavinin en önemli kısmını cerrahi oluşturmaktadır. Cerrahi, hastalığın evresine ve yerleşmesine göre belirlenir. Genellikle ileri evrelerde teşhisi konulan rektum kanseri tedavisinde, sınırlı cerrahi yerine low anterior rezeksiyon (LAR) veya abdominoperineal (APR) yöntemlerine başvurulur.

APR distal rektum kanserinin cerrahi rezeksiyonun da kullanılan bir yöntemdir. LAR ise orta ve proksimal rektum kanserlerinde tercih edilen Cerrahi yöntemidir (Steele ve Mayer, 1996).

Yapılan çalışmalar sonucunda lokal ileri rektum kanserinde tek başına cerrahi sonrası oluşabilecek lokal yineleme (nüks) oranı %15-30 arasında değişiklik göstermektedir (Minsky ve ark., 1991). Fakat cerrahiye ek tedavilerin (Adjuvan, Neoadjuvan) lokal yineleme ve sağ kalım oranını önemli ölçüde geliştirdiği gösterilmiştir. Günümüzde bu nedenlerden dolayı preoperatif/postoperatif tedavi seçenekleri standart hale gelmiştir.

2.3.2 Adjuvan Tedavi

National Institutes of Health (NIH) kolorektal kanserler bildirisinde, Evre II-III rektal kanserlerde adjuvan tedavinin gerekli olduğu konumda hemfikirdir (Camma C. ve ark., 2000). Adjuvan tedavi cerrahi operasyona ek olarak Kemoradyoterapi (KRT) eklenen kombine tedavi demektir.

2.3.3. Neoadjuvan Tedavi

Cerrahi öncesi rektal kanserli hastalarda cerrahi bir boyutta olmayan bir tümörü cerrahi bir boyuta indirmek için yapılan KRT'dir. Dezavantaj olarak, erken evre tümörlerde gereksiz yere RT uygulanması ve RT'nin oluşturacağı yan etkilere bağlı olarak cerrahi işleminin gecikmesi gösterilmiştir (Oral, 1998).

2.4. Radyoterapi (Işın Tedavisi)

Radyoterapi (RT), tıpta yaklaşık yüzyıldır kanser hücrelerini veya nadiren kanser dışı hastalıkları tedavi etmekte kullanılan bir yöntemdir. Temel amacı tümörde maksimum tedavi dozu oluştururken kritik organlara ve sağlıklı dokulara minimum doz vererek en üst düzeyde korumayı sağlamaktır (Topuz ve ark., 2006). RT, kanser tedavisinde ana tedavi yöntemi olabileceği gibi, yardımcı tedavi (adjuvan tedavi), palyatif tedavi veya kombine tedavi yöntemiyle (kemoterapi ve cerrahi tedavi ile birlikte) kullanılabilir (Minsky ve ark., 1991).

RT, sonrasında oluşabilecek yan etkileri en aza indirebilmek ve tedavi sonrasında hasar gören sağlıklı doku hücrelerinin kendilerini yenileyebilmesi için belli başlı periyotlar halinde uygulanmalıdır. Klasik yöntemlerde buna bağlı olarak RT yüksek enerji seviyesinde X-ışını üreten Lineer Hızlandırıcılar yardımıyla haftada 5 gün günde 1 defa olacak şekilde uygulanır (Beyzadeoğlu ve Ebruli, 2008).

Rektum kanserinin tedavisinde kullanılan 3BKRT yöntemi tümörün yerleşmesine göre 3 alanlı veya 4 alanlı izosentrik olarak uygulanır. 3BKRT'de 3 alanlı tedaviler için ışınlar 1 posterior (PA) ve iki lateral (sağ ve sol) olacak şekildedir. 4 alanlı tedavide ise ışınlar kutu tekniğiyle (box) uygulanır. Alanın şekillendirilmesi Çok Yapraklı Kolimatör (ÇYK) sayesinde yapılır. ÇYK'lerin kullanımı ile tümöre istenilen

doz verilikten kritik organların korunumu sağlanır. Tümör yerleşimine göre ışın yoğunluklarını değiştirerek veya kama filtre kullanılması sonucu homejen bir dağılım elde edilir.

Rektum kanserinin radyoterapi tedavi yöntemlerinin bir diğeri YART'dir. Yapılan çalışmalar da YART planları genellikle step and shoot tekniği ile 5,7,9 alanlı planlamalar yapılmıştır (Terasa ve ark., 2006). Kullanılan YART teknikleri arasında en çok kullanılan 7 alanlı YART tekniğidir ve açıları (0,50,100,150,210,260,310) olacak şekildedir (Cilla ve ark., 2012).

Rektum kanserinde günümüzde tercih edilen en modern teknik ise VMAT'dır. VMAT planları genellikle tek ark ve çift ark olacak şekilde, ganty'nin başlama açısı 180° olup 360° dönecek şekilde planlamaları oluşturulur (Shang ve ark., 2014).

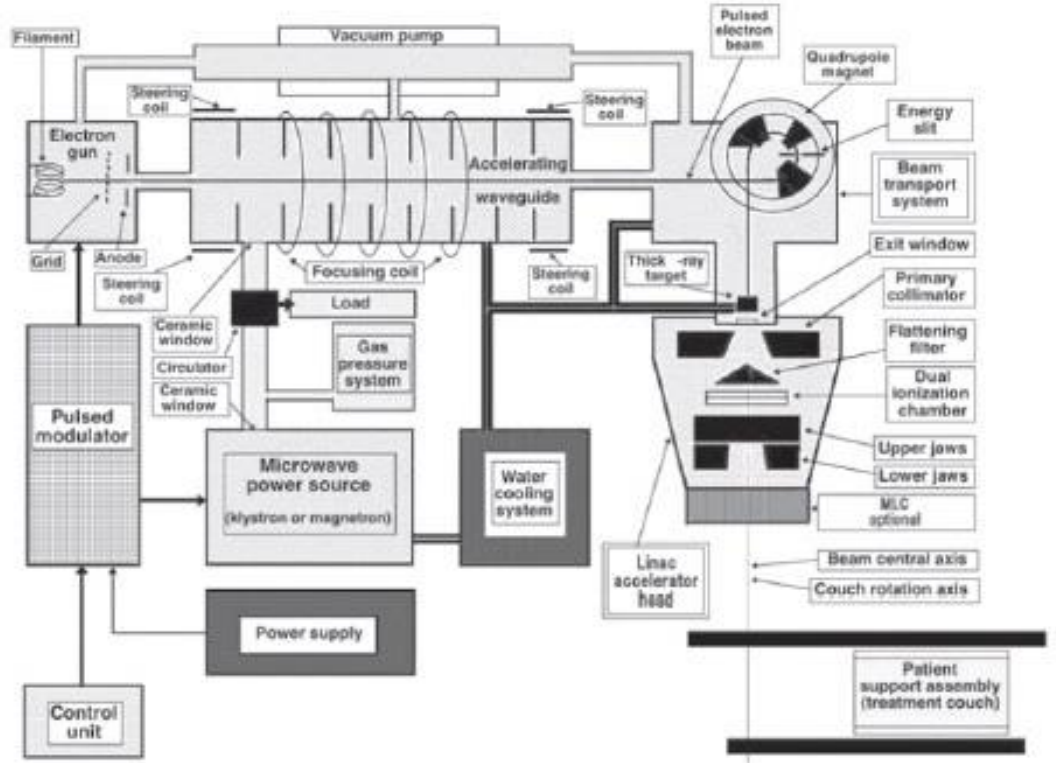
2.5. Lineer Hızlandırıcılar

Lineer Hızlandırıcılar, yüksek enerjili elektron ve X-ışınlarını elde etmek için yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaları kullanarak doğrusal bir tüp içerisinde elektronlar gibi yüklü parçacıkların hızlandırıldığı cihazlardır. Düşük enerjili elektronlar enerjilerinin büyük bir kısmını madde yüzeyinde bıraktığı için yüzeysel tümörlerin tedavisinde kullanılır. Düşük enerjili elektronların bir hedefe çarptırılması sonucu daha yüksek enerjili ve girciliği fazla olan X-ışınları oluşturularak derin yerleşimli tümörlerin tedavisinde kullanılır (Khan ve Gibbons, 2010).

Basitçe çalışma prensibini ifade edecek olursak; güç kaynağı, merkezinde katot çevresinde anot bulunduran silindirik yapıli modülatöre doğru akım (DC) verir. Bu sayede elektron akımı modülatörde depolanır. Bir kontrol sistemi, depolanan bu elektrik akımı ile belli aralıklarla titreşim oluşturur (mikrodalga). Modülatörden çıkan impulslar (atma), klystron, magnetron ve elektron tabancasına iletilir (Podgorsak, 2005).

Elektromanyetik dalgaları magnetron üretirken, elektro manyetik dalgaları güçlendiren düzenek klystrondur. Fakat bu düzenek 15 MeV'den küçük elektronlar

için kullanılmaz. Dalga klavuzu (Hızlandırıcı=waveguide), 10cm çapında silindirik bir tüptür. Bu tüpe de yüksek derecede vakum uygulanır (Çakır ve ark., 2012).

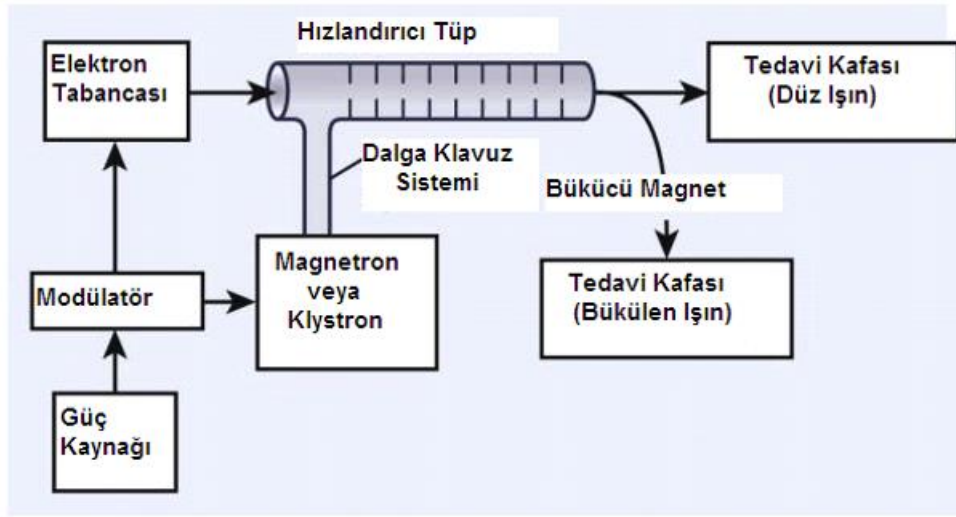


Şekil-2: Lineer hızlandırıcının blok şeması (Çakır ve ark., 2012).

Hızlandırıcı tüp içerisine gönderilen ve bütün sinyaller için frekansı 3000 MHz olan mikrodalgalar, magnetron ve klystron tarafından oluşturulur ve aynı zamanda hızlandırıcı içerisine elektron tabancası tarafından üretilen elektronlarda ilave edilir (Yuce, 2012).

50 keV ile hızlandırılan elektronlar hızlandırıcı bir bakır tüpün içine gönderilir. Daha sonra bu elektronlar, elektromanyetik dalga üzerine bindirilerek enerji kazandırılır. Enerji kazanan bu elektronların hızları yaklaşık olarak ışık hızına ulaşır (Podgorsak, 2005).

Hızlandırıcı yapının çıkış penceresinden çıktıktan sonra elektronlar maksimum enerji kazanırlar, maksimum enerjiye sahip bu elektronlar 3 mm çaplı bir ışın şeklinde olup yaklaşık olarak enerjileri de 5 MV/metre'dir. Demetin çıkacağı kafa yapısına yönlendirilmek istenilen daha yüksek enerjili ışınlar, tüp ve hedef arasındaki yönlendirici mıknatıs yardımıyla uygun bir açı ile (90 veya 270) çarpıtılması sonucu saptırılırlar. Saptırılan ışınlar düzleştirici bir filtreden geçtikten sonra hastaya ulaşır. Magnetron, klystron, hedef düzleştirici filtre, ışın kolimasyonu, tedavi başlığı ve denetim sağlayan kısımlar ışının dışarıya atılması ve oluşturulması esnasında önem arz eden yapılardır (Boyer ve ark., 2001).

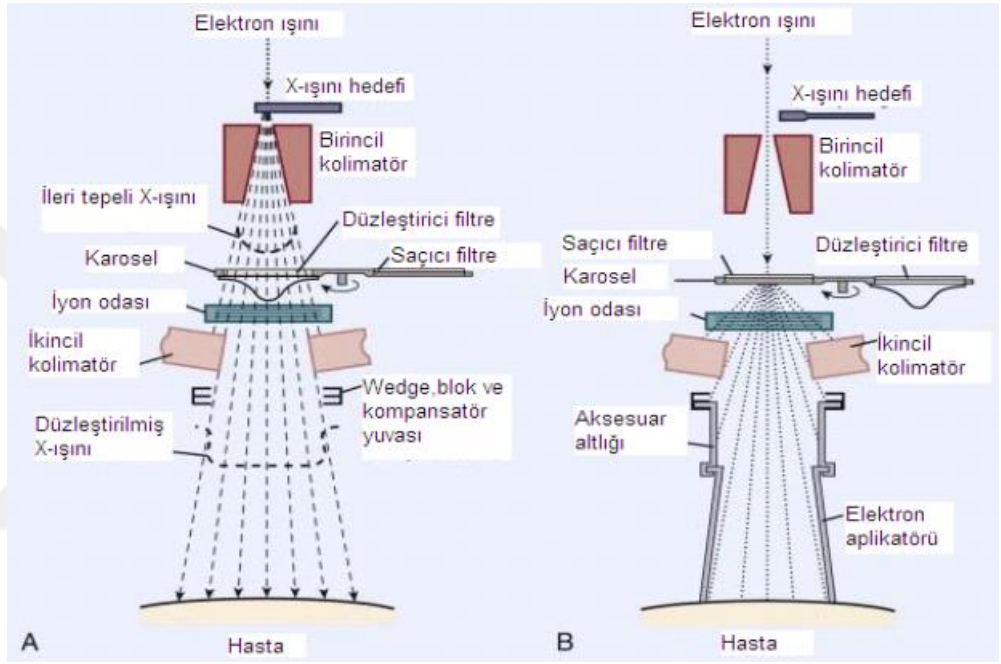


Şekil-3: Bir lineer hızlandırıcının temel bileşimlerini ve yardımcı sistemlerini gösteren blok şekli (Khan, 2003).

2.6. Lineer Hızlandırıcıların Kafa Yapısı

2.6.1. X-ışınları Hedefi

Enerji seviyesi yüksek olan bir elektron atom numarası yüksek olan (tungsten veya kurşun tungsten alaşımı) bir metale çarpılması sonucu frenleme (bremsstrahlung) ışınlarından kilovoltaj ve megavoltaj seviyesinde X-ışınları elde edilir (Boyer ve ark., 2001).



Şekil-4 Lineer hızlandırıcıların kafa yapısı (A: X ışını tedavisi, B: Elektron tedavisi) (Khan, 2003)

2.6.2. Düzleştirici Filtre

Hedekten ayrılan X-ışınları ilk olarak sabit durumdaki birincil kolimatörlerle kolime edilir. Homojen bir demet oluşturmak için, koni şeklinde olup ve ucu hedefi gösteren düzleştirici filtre yardımıyla düzleştirilir. Bu filtre tungsten, çelik veya kurşun çelik alaşımlarından yapılır (Boyer ve ark., 2001).

2.6.3. Monitör İyon Odaları

Düzleştirici filtre yardımıyla homojen bir biçimde gelmiş olan X-ışını demeti iki tane çok kanallı paralel iyon odasından geçer. İlk zamanlarda bu iyon odaları ısıya

dayanıklı yalıtkan bir madde olan mikadan yapılırken, günümüzde ısıya karşı çok dirençli madde olan kaptondan yapılmaktadır ve bu iki iyon odası dış etkenlere kapalıdır. Bunun sebebi iyon odaları ortamın sıcaklık ve basınç parametrelerinden etkilenmemesi ve aynı zamanda iyon odası içerisindeki gaz yoğunluğu değişimleri için gerekli olan düzeltmelere gerek kalmaz (Boyer ve ark., 2001).

2.6.4. Kolimatörler

2.6.4.1 Birincil Sabit Kolimatörler

Düzleştirici filtrenin üstüne oturacak şekilde monte edilmiş olan birincil sabit kolimatörler genellikle tungstenden yapılmıştır. Koni şeklindeki bu aparat iki ucu açık ve az eğimlidir. Aynı zamanda Lineer hızlandırıcı dışına sadece ileriye doğru saçılmış olan X-ışınlarının çıkmasına izin verir. Bu kolimatör kafa sızıntısından kaçınmaya yardımcı olur. Boyutları ise ikincil kolimatör olmaksızın 100cm Kaynak Yüzey Mesafesi (SSD)'ye yaklaşık 50cm çap verecek şekildedir (Boyer ve ark., 2001).

2.6.4.2 İkincil Sabit Kolimatörler

Tungsten veya kurşundan yapılmış olup boyutları genellikle 8cm olan ikincil kolimatörler iki çift metal bloktan oluşur (Boyer ve ark., 2001).

2.7. Çok Yapraklı Kolimatörler (Multilif Kolimatörler MLC)

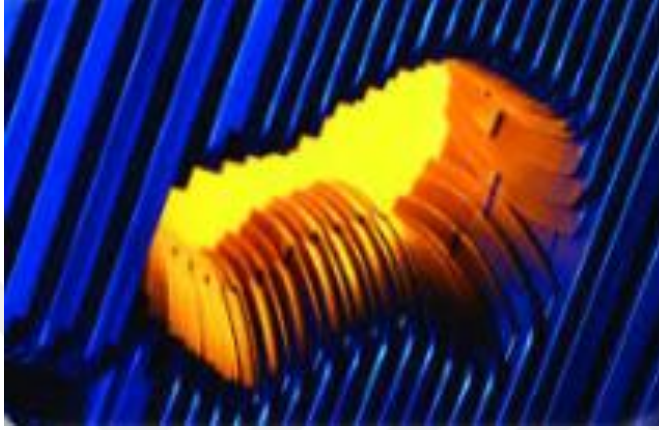
Çok Yapraklı Kolimatörlerin (ÇYK) tedavi esnasında ışını soğurmak veya ışının geçişini engellemek için üretilmiş bir sistemdir. Birçok liften oluşan ÇYK, her bir lif birbirinden bağımsız olup ileri geri hareket yaparak ışının doğrultusunda düzenli veya düzensiz alanlar oluşturur. Kurşun blok kullanılmaksızın, ÇYK'ler ışın alanına bağlı olup tümörün şeklini alırken riskli organları da koruyacak biçimde hızlıca şekillenmesine olanak sağlar. 80 veya daha fazla çift bağımsız hareket edebilen MLC tungsten yaprakçıklarından oluşur (Boyer ve ark., 2001).

MLC'lerin performansını mekanik ve geometrik özellikleri belirler. Bu özelliklerin başlıcaları;

- Yaprakların iç içe geçmesi

- Maksimum alan boyutu
- Yaprak genişliği
- ÇYK'lerin kolimatör çeneleri

ÇYK'ler YART ve VMAT tekniklerinde kullanıldığında liflerin hızları ve pozisyonlarının doğruluğu önemlidir (Schegel ve ark., 2006).



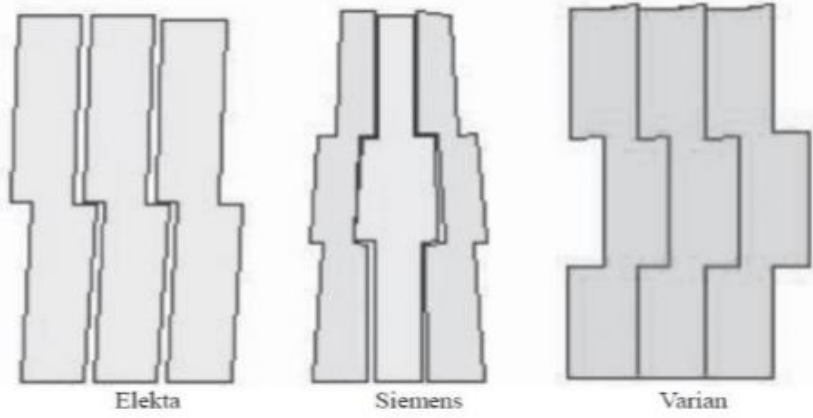
Şekil-5: Bir Lineer hızlandırıcıya ait ÇYK yaprakları (Boyer ve ark., 2001)

ÇYK'ler küçük alan ölçekli, orta ve geniş alan ölçekli olmak üzere günümüzde maksimum alan boyutu için kullanılmaktadır (Boyer ve ark., 2001).

MLC'lerin izosantre dizaynında yaprakların genişliği 0,5-1cm dir. MLC'lerin odaklama özelliğini lif şekilleri önemli bir biçimde etkiler. Odaklama özelliği üç gruptan oluşur. Bunlar;

- Paralel odaklu
- Tek odaklu (uçları yuvarlak lifler)
- Çift odaklu (uçları huzme diverjansına uygun ve lifler dairesel bir ark üzerinde hareket ederler)

Olacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece ışın alanlarında penumbra genişliği küçük olacak şekilde elde edilir (Çakır ve ark., 2012).



Şekil-6 : Elekta, Siemens ve Varian cihazlarındaki ÇYK'lar arası tongue & groove dizaynları (Çakır ve ark., 2012).

2.7.1. Lifler Arası Geçirgenlik

Liflerin aralarında yaklaşık 0,1mm'lik bir boşluk (gap) vardır. Bunun nedeni lifler arasındaki sürtünmeyi ortadan kaldırmaktır. %4'ün alt seviyesinde tutulması gereken radyasyon sızıntısına bu gap yol açar (Khan, 2003). Bu sızıntıyı minimum seviyede tutmak için tongue-groove dizaynı kullanılmaktadır. Sızıntının azaltılmasının başka bir yoluysa tüm liflere ışın diverjansına uygun olacak şekilde eğim vermektir.

2.7.2. Lif Geçirgenliği

Linakların kolimatörleri MLC'lerle yer değiştirdiğinde kişiye özel bloklarla aynı geçirgenliği (<%5 veya 4 ile 5 HVL arası) sağlaması beklenir. Bağımsız hareket edebilen liflerden oluşan MLC'lerin lifleri arasındaki sızıntıda dikkate alındığında geçirgenliği bir değer olmalıdır. Yaklaşık olarak 5cm kalınlığındaki Tungsten alaşımıyla yarı değer kalınlık kriteri sağlanmaktadır. Tungsten alaşımının kalınlığını 2,5cm arttırarak, transmisyon kriterini %5'den %1'e düşürmek için yeterlidir (Khan, 2003).

2.8. Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi (3B KRT)

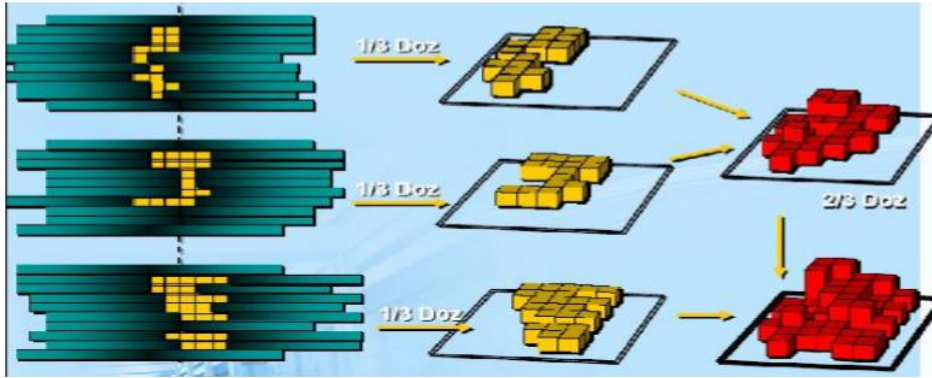
Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi (3BKRT) üç boyutlu görüntüleme ve hedef bölgeye üç boyutlu planlama yapılan radyoterapi tekniğidir. 3BKRT koruma bloklarıyla veya MLC yardımıyla hedef hacime istenilen dozu verirken, sağlıklı dokuların istenmeyen radyasyondan korunmasını sağlar.

3BKRT tekniğinde hasta tedavi masasının üstündeki yatış pozisyonuyla uyumlu olacak şekilde BT odasında kendisi için yapılmış immobilizasyon sistemiyle yatırılır. BT odasında hasta görüntüsü istenilen kesit kalınlığı ile taranır ve kontürleme bilgisayarına aktarılır (UROK (2002) temel radyoterapi, radyasyon fiziği ve radyobiyoloji kurs kitapçığı, s:83-87). Aktarılan kesit görüntüleri üzerine Radyasyon Onkoloğu tarafından ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurement) 50 ve 62 raporlarındaki Klinik hedef hacmi (CTV), Planlanan hedef hacim (PTV) ve Kritik organlar tanımlanır (ICRU, 1993; UCRU, 1999). PTV'nin yerleşimine göre alan sayısı, enerjiler ve alan açıları gibi parametreler belirlenerek, PTV'nin hedeflenen dozu alması normal dokularında tolerans radyasyon dozu seviyesinde tutulması sağlanır.

2.9. Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (YART)

Homojen olmayan ışın yoğunluklarının hasta üzerinde kullanılması mantığına dayanan Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (YART), 3BKRT'nin gelişmiş bir şeklidir (Biol, 2001).

İstenilen dozu hedeflenen hacim doğrultusunda vermek için uygulanan ışın doğrultusunda, farklı yoğunluklarda birçok küçük alan (segment) oluşturulur. YART'de kullanılan küçük alanlar Şekil-7 de gösterilmiştir.



Şekil-7: YART tekniğinde segmentlerin şematik gösterimi (Verhey, 1996)

YART, konvansiyonel (geleneksel radyoterapi) ve 3BKRT teknikleriyle karşılaştırıldığında, hem hedeflenen bölgede daha yüksek doz dağılımı hem de normal ve riskli dokularda daha düşük doz sağlamaktadır (Verhey, 1996).

2.10. Yoğunluk Ayarlı Ark Terapi (IMAT)

Yoğunluk Ayarlı Ark terapi (IMAT), gantry hasta etrafında dönerken Dinamik ÇYK'ler sayesinde alan sürekli olarak küçük alanlarla (segment) şekillenerek ışınlama yapmaktadır. Belli açılarla gantry'nin dönme hareketine Ark denir.

IMAT yöntemiyle hedeflenen tümör yoğunluğuna ulaşabilmek için ark sayıları artırılır. Arttırılan ark sayıları tedavi sürelerini uzamasına neden olacağı gibi hasta hareketlerine bağlı hatalarında artmasına neden olabilir (Biol, 2001; Lu ve ark., 2012).

2.11. Volümetrik Ayarlı Ark Terapi (VMAT)

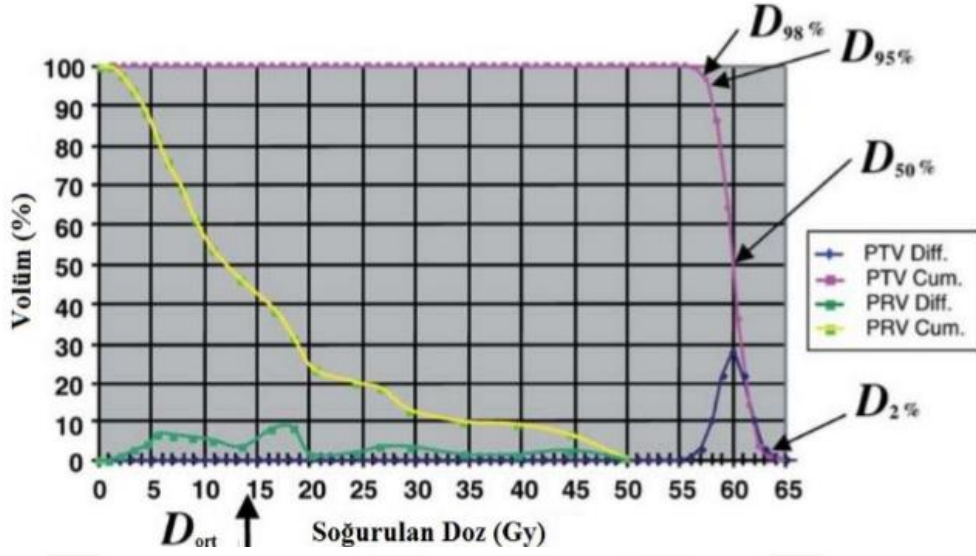
Volümetrik Ayarlı Ark Terapinin (VMAT) diğer tedavi yöntemlerinden ayıran en önemli özelliği, değişken bir doz hızına (dose rate) sahip olarak gantry'nin durmaksızın dönme (rotasyon) hareketiyle ışınlama yapmasıdır. Bunu da dinamik ÇYK teknolojisi sayesinde yapar (Schlegel ve ark., 2006). Bu yüzden Dinamik ÇYK'ler VMAT tekniğinde çok önemlidir. VMAT tekniğinde dinamik ÇYK'ler gantry pozisyonuna göre sürekli olarak hareket halindedir. Gantry hızına bağlı olacak şekilde yapraklar hareket ederken, hedeflenen tümör ışınlama doz yoğunluğu bu yapraklar sayesinde sağlanmaktadır (Verbakel ve ark., 2009).

VMAT tekniğinin diğer tedavi tekniklerine göre avantajı ise tedavi süresinin diğer yöntemlere (YART ve IMAT) nazaran daha kısa olmasıdır (Bzdusek ve ark., 2009; Otto, 2008; Verbakel ve ark., 2009).

2.12. Planları Karşılaştırma Parametreleri

2.12.1. Doz Hacim Histogramı (DVH)

Radyoterapi planından beklenenler, planlanan hedef volüme (PTV) istenilen doz miktarını homojen bir dağılımla verirken, komşu organların (kritik organ) doz dağılımlarını minimum seviyesinde tutmaktır. Bu amaç doğrultusunda geçici planlar bilgisayarlı planlama sisteminde (TPS) oluşturulur. TPS'de oluşturulan planlar PTV'ye tanımlanan kritik organlar (OAR) için tedavideki izodoz eğrileriyle birlikte doz volüm histogramlarını içerir. DVH'lara yardımcı fiziksel katsayı kriterleri olan Doz Homojenitesi (HI) ve Doz Konformalitesi (CI) oluşturulmuştur. Bu sayede hedef hacim ve kritik organların aldıkları dozlar DVH'da değerlendirilebilir (Şekil-8) (Alfonso ve ark., 2015).



Şekil-8: PTV ve Kritik Organlara (OAR) ait Diferansiyel ve Kümülatif Doz-Volüm Histogramının (DVH) Şematik Gösterimi (Alfonso ve ark., 2015).

2.12.2. Doz Homojenliği ve Konformalitesi

Homojenite indeksi (HI) ve Konformalite indeksi (CI) soğurulan doz kalitesini gösterir. Hedef hacmin doz uyumunu HI gösterirken, verilen doz hacminin hedef hacim ile uyumunu CI göstermektedir.

Diferansiyel DVH'lerde hedef hacimdeki doz Homojenitesi ani artış (delta fonksiyonu) şeklinde olması beklenirken, Kümülatif DVH'lerde de keskin düşüş şeklinde olması beklenir. Uluslararası Birimler ve Ölçümler Komisyonu (ICRU)'nun 83 nolu raporunda kullanılması önerilen HI şu şekildedir.

$$HI = \frac{D_{\%2} - D_{\%98}}{D_{\%50}}$$

Burada HI'nın sıfıra yakın bir sonuç çıkması PTV'de soğurulan dozun homojen olması demektir.

D%2: Hedefin %2'lik hacminin aldığı maksimum dozu,

D%98: Hedefin %98'lik hacminin aldığı maksimum dozu,

D%50: Hedefin %50'lik hacminin aldığı maksimum dozu temsil eder (ICRU, 2010).

Konformalite indeksi (CI) referans doz hacminin hedef hacime oranı olarak tanımlanmış fakat bu yetersiz kapsama durumlarında başarısız olmuştur (Van't Riet ve ark., 199). Bunun sonucunda Van't Riet ve arkadaşları tarafından hedef hacim doz sarma faktörü (CVF) ve kritik organları içeren Konformalite numarası (CN) tanımlanmıştır (Marnitz ve ark., 2015). CN formülü aşağıda görüldüğü gibidir.

$$CN = \frac{TV_{RI}}{TV} \times \frac{TV_{RI}}{V_{RI}}$$

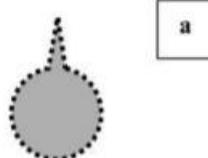

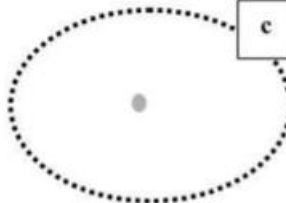



CN: Konformalite Numarası

TV_{RI}: Verilmek istenen dozu alan hedef hacim

TV: Tedavi edilmesi gereken hedef hacim

V_{RI}: Verilen dozu alan hedef hacim

CN değeri 0 ile 1 arası değişir en ideal 1 ve 1'e yakın olmasıdır. CN değeri 0 değerine yakınsa hedef hacmin istenilen dozu almadığını ya da ışınlanan bölgenin hedef volüme göre daha büyük olduğunu gösterir (Feuvret ve ark., 2006).

CN = 1	CN = 0	CN ≈ 0
		
TV: Hedef Hacim  V _R : Reçete edilen izodozun hacmi	TV: Hedef Hacim  V _R : Reçete edilen izodozun hacmi	TV: Hedef Hacim  V _R : Reçete edilen izodozun hacmi
TV = 5 cm ³ V _{RI} = 5 cm ³ TV _{RI} = 5 cm ³	TV = 5 cm ³ V _R = 5 cm ³ TV _{RI} = 0 cm ³	TV = 5 cm ³ V _R = 1600 cm ³ TV _{RI} = 5 cm ³ TV <<<< V _R
$\frac{TV_{RI} \times TV_{RI}}{TV \times V_R} = 1$	$\frac{TV_{RI} \times TV_{RI}}{TV \times V_R} = 0$	$\frac{TV_{RI} \times TV_{RI}}{TV \times V_R} \approx 0$

Şekil-9: CN Konformalite Numarasının Örnek Gösterimi (Feuvret ve ark., 2006)

2.13. Tedavi Planlama Algoritmaları

Günümüzde radyasyon ve doku eşdeğeri, bilgisayarlı planlama sistemleri yardımıyla genellikle gerçeğe en yakın doz hesaplama algoritmaları oluşturulabilir (Oelkfe ve Scholz, 2006).

En sık olarak kullanılan algoritmalar üç ana başlık altında toplanabilir.

- Yarı deneysel (Düzeltilme-ölçüm) tabanlı
- Model tabanlı
- Monte Carlo tabanlı algoritmalarıdır (Khan, 2007; Lassen ve Nyström, 2006).

2.13.1. Düzeltilme - Ölçüm Tabanlı Algoritmalar

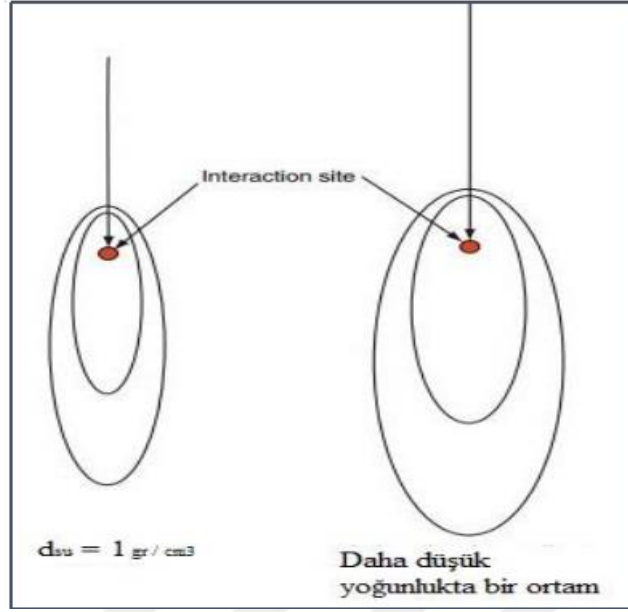
Doz algoritmaları enerji bakımından zengin fotonların etkileşime ilk geçeceği ortamın tamamen su olduğu kabul edilerek oluşturuldu. Doğru bir şekilde tedavi alanı elde etmek için; output, doku fantom oranı, doku hava oranı, yüzde derin doz (PDD) ve doz çıkışı gibi oranların ölçümleri su fantomu yardımıyla yapılır.

Derin doz noktalarında ölçümü yapılmamış doz hesapları daha önceden ölçülen derin doz noktalarının değerleri kullanılır ve inrepolasyon yapılarak elde edilir. Doz profilleri de elde edilen bu değerlere göre kullanılır. Bu yöntem oldukça hızlı bir şekilde hesaplama yapar fakat hastaya aktarılan enerji sırasında oluşan saçılmalar ve ikincil elektronları ayırt edemez (Çetintaş ve Özkan, 2011; Lassen ve Nyström, 2006; Oelkfe ve Scholz, 2006).

2.13.2. Model Tabanlı Algoritmalar

Üç boyutlu model tabanlı algoritmada alan içindeki noktalar, birincil doz ve saçılan doz hesaba katılır.

Bu durum iletilen radyasyon enerjisinin suda soğurulması sonucunda ortaya çıkan birincil foton-doku etkileşimini tanımlayan doz kernel kavramının da hesaba katılması ile gerçekleşir. Bu doz kerneller doku yoğunluğuna göre değişmektedir. Yani farklı nokralarda yoğunluk değişeceğinden doz kernelleri de farklı olacaktır.



Şekil-10: Enejileri aynı olan fotonlar için sudaki ve yoğunluk bakımından daha az olan bir ortam için doz kernellerin şematik gösterimi (Çetintaş ve Özkan, 2011)

Üç boyutlu Bilgisayarlı Tomografi (BT) görüntüleri ile çalışan model tabanlı algoritmalarda BT kesitlerindeki oldukça hassas grid alanlarıyla örneklendirilen Hounsfield Units (HU) değerlerini dahil ederek, homojen olmayan hasta anatomisi hesaplamaya katılır. Böylelikle Yarı Deneysel Algoritmalara göre daha gerçekçi bir doz hesaplaması sağlanır. Her şeye rağmen iyi bir hesaplama isteniliyorsa algoritmaya penubra, fantom saçılmaları ve build-up dozu tanıtılmalıdır.

Modele dayalı algoritmalarda doz hesaplama yöntemlerinin alt basamağı olan “Convolution” ve “Superposition” algoritmalarından Convolution algoritmasında Kartezyen koordinatlarda gösterilen kerneller ile doz hesaplanır. Diğer alt sınıf olan Superposition ise küresel koordinatlarda gösterilen kerneller yardımıyla saçılan dozlar hesaplanır. Böylelikle homojen olmayan ortamlarda daha iyi sonuçlar alınır (Çetintaş ve Özkan, 2011; Lassen ve Nyström, 2006).

2.13.3. Monte Carlo Tabanlı Algoritmalar

Monte Carlo yöntemi, her bir iyonize parçacığın (Foton ve Elektron) madde ile etkileşimini simüle ederek Radyasyon Dozunu en doğru şekilde hesaplayan yöntemdir.

Monte Carlo yönteminde fotonlar ve elektronların hedefte izlediği yol simüle edilir. Madde içerisine aktarılan radyasyon bazı etkileşimler yapmaktadır. Bunlar fotonlar için Compton saçılması iken elektronlar için Cloumb saçılmasıdır. Monte Carlo yönteminde bu etkileşimleri kullanarak hesaplama yapılır (Çetintaş ve Özkan, 2011; Lassen ve Nyström, 2006). Bu yöntemin avantajı diğer hesaplama algoritmalarına göre radyasyon saçılmasını ve radyasyon sızıntılarını da hesaba katarak işlem yapılmasıdır. En büyük dezavantajı hesaplama işleminin gerçekleştirildiği sürenin uzunluğudur (Khan, 2003; Schegel ve ark., 2000).



3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

3.1. Gereçler

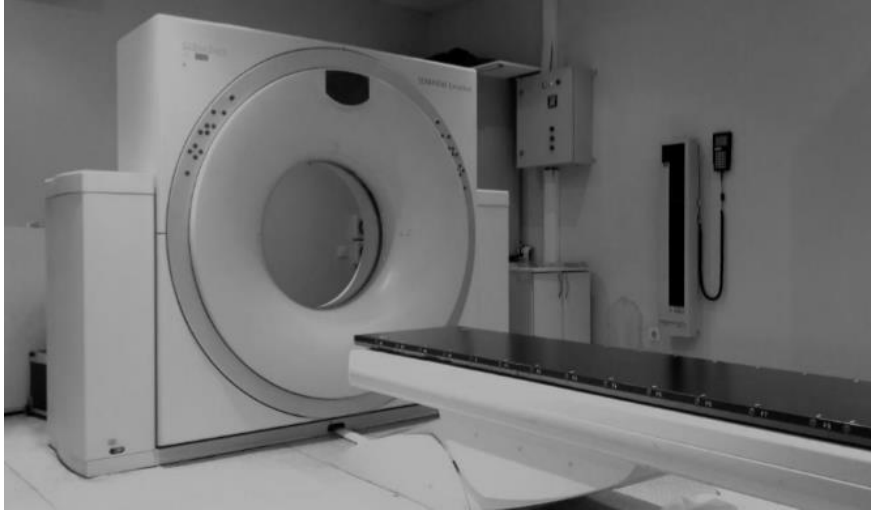
Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalında gerçekleştirilen bu çalışmada kullanılan materyaller (araç ve gereç) şu şekildedir.

- Siemens Somatom Emotion Duo BT-Simülatör Ünitesi
- CMS XIO 5.00 3 Boyutlu Tedavi Planlama Sistemi
- Monaco 5.1 Tedavi Planlama Sistemi
- SPSS Veri Analiz Programı

3.1.1. Siemens Somatom Emotion Duo BT-Simülatör Ünitesi

16 adet detektöre sahip olan Siemens Somatom Emotion Duo Bilgisayarlı Tomografi ve simülatör ünitesi alan boyutu 45x153 cm²'ye kadar tarama yapar ve bunu kısa sürede gerçekleştirir. RT uygulamaları için tasarlanan BT cihazının özellikleri sırasıyla şu şekildedir; Gammex 3D lazer sistemi, ±300° gantry dönüşü ve yüksek çözünürlük kalitesiyle çekim yapmasıdır.

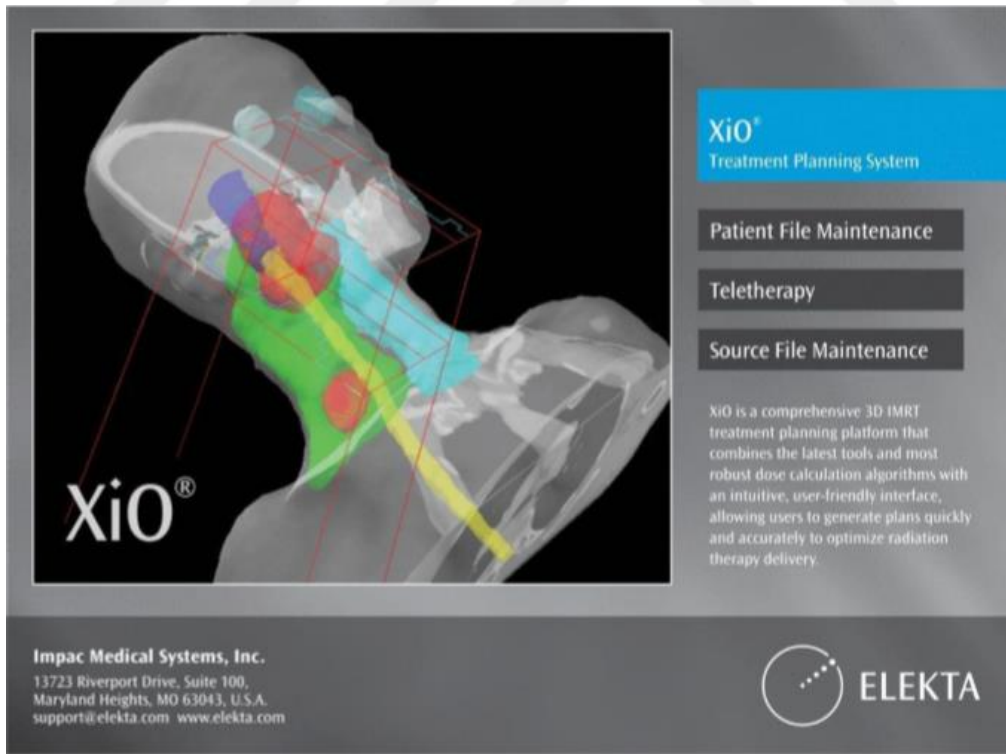
Cihazda bulunan yazılımlar sayesinde çekilen kesit görüntülerini dijital bir veri yolu DICOM aracılığıyla tedavi planlama bilgisayarına aktarılır. Bu sayede film çekimi ve banyosuna ihtiyaç duyulmamaktadır.



Şekil-10: Radyoterapi için kullanılan Bilgisayarlı Tomografi – Simülasyon Ünitesi
(www.siemens.com/healthcare)

3.1.2. CMS XiO 5.00 3 Boyutlu Tedavi Planlama Sistemi

Bu çalışmada dört alanlı box planlama tekniği ve işletim sistemi Linux olan CMS – XiO 5.00 TPS kullanılmıştır.

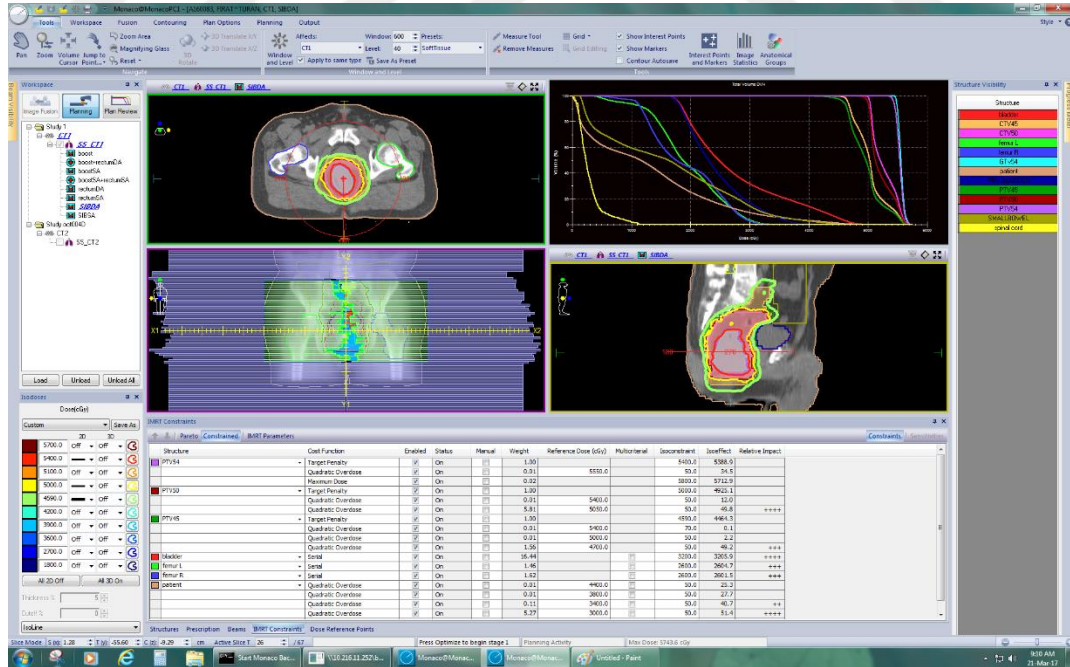


Şekil-11: CMS – XiO 5.00 TPS (Impac, 2013)

Çok kapsamlı bir 3D YART tedavi planlama platformu olan CMS XiO 5.00 TPS yeni araçlar ve sağlıklı doz hesaplama algoritmalarını birleştirmesi sonucu doğru bir doz dağılımı sağlar. Stereotaktik RT ile birlikte Dinamik konformal arc terapiyi de desteklemektedir. Kullandığı algoritma hesaplama tabanları elektronlar için Pencil Beam iken fotonlar için ise Clarkson, Fast Fourier Transform (FFT) (Hızlı Fourier Dönüşüm), Superposition ve Convolution'dır. Foton ve elektron huzmeleri bu algoritmalar ile hesaplana bildiği gibi DVH görüntüleri de elde edilmiştir.

3.1.3. Monaco 5.1 Tedavi Planlama Sistemi

Sisteminde 6 ve 15 MV foton enerjisi bulunduran Monaco 5.1 Tedavi planlama sistemi (TPS), günümüzde kullanılan RT tekniklerinin (3BKRT, YART, VMAT) kullanımına olanak sağlayan bir yazılım programıdır. İleriye dönük planlamalarda Superpositon / Convolution hesaplama algoritmasını kullanırken, geriye dönük planlamalarda ise Monte Carlo hesaplama algoritmasını kullanmaktadır. Monaco 5.1 Kliniğimizdeki Elekta Synergy RT cihazının TPS'dir.



Şekil-12: Yapılan çalışmalar içindeki Monaco 5.1 TPS (Impact, 2013)

Monaco 5.1 TPS kullanılmak üzere, yardımcı biyolojik ve doz tabanlı değer fonksiyonlarına sahiptir. Bu değer fonksiyonları şu şekildedir.

❖ Biyolojik Tabanlı Değer Fonksiyonları

- Target EUD (Equivalent Uniform Dose)
- Serial
- Paralel

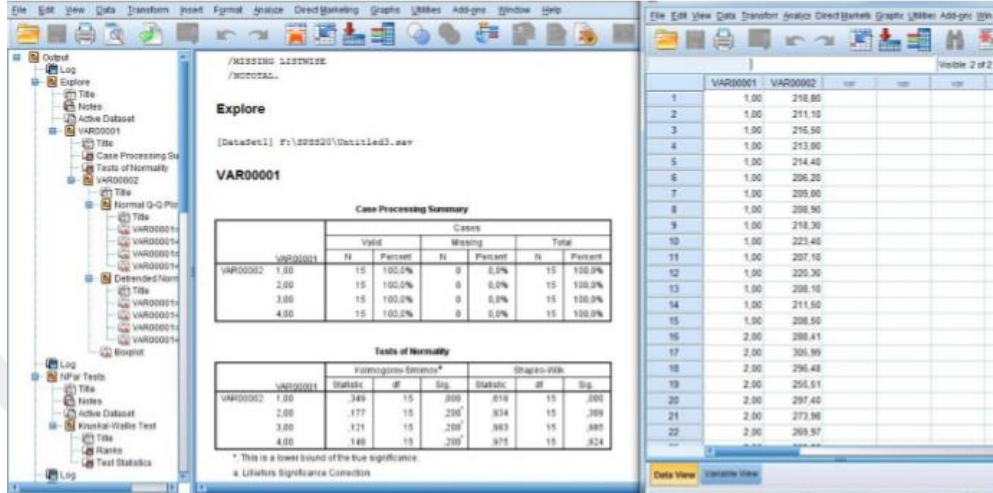
❖ Doz Tabanlı Değer Fonksiyonları

- Target Penalty
- Quadratic Overdose
- Quadratic Underdose
- Maximum Dose
- Overdose DVH
- Underdose DVH
- Conformality

Bu çalışmada kullanılan başlıca değer fonksiyonları şunlardır; biyolojik tabanlı değer fonksiyonları olan serial, paralel ve doz tabanlı değer fonksiyonları olan Target Penalty, Quadratic Overdose ve Maximum doz (Ims, 2013).

3.1.4. SPSS Veri Analiz Programı

Statistical Package for Social Sciences (Sosyal Bilimler için İstatistik Paketi) yani SPSS, 15 rektum kanserli hastada sanal TPS'den elde edilen dozimetrik verilerin değerlendirilmesinde kullanılmıştır.



Şekil-13: SPSS 20.0 İstatiksel Analiz Programı (Van ve ark., 2006)

İstatiksel bir çıkarım yapılmasını sağlayan SPSS programı, istatiksel olarak karmakarışık ve uzun süreli bir hesaplama yapmadan, kısa sürede sonuç vererek neden sonuç bakımından yorum yapılmasını kolaylaştıran bir bilgisayar yazılım programıdır (Van ve ark., 2006).

3.2. Yöntem

Çalışmamızda daha önce Uludağ Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalında RT görmüş 15 rektum kanserli hastalanın, mevcut BT görüntüleri üzerine Radyasyon Onkoloğu tarafından RTOG protokolüne uygun PTV₄₅, PTV₅₀, PTV₅₄ ve kritik organların (Mesane, Sağ Femur Başı, Sol Femur Başı, İnce Bağırsak) konturlamaları yapıldı.

Çalışmamız da CMS – XiO 5.00 TPS’de oluşturulan 3B-Konformal planlamalar, iki boostlu olacak şekilde dört alanlı kutu tekniği (box) ile planlamaları oluşturulmuştur. Ayrıca Monaco 5.1 TPS’de iki farklı tedavi planlama tekniği olan Eş zamanlı (Simultane İntegrated Boost) (SIB) ve Ek tedavi (Boost) (Yardımcı tedavi) tekniklerinde ayrı ayrı 1 ark ve 2 ark olacak şekilde planlar oluşturulmuştur. SIB tekniğinde 54 Gy dozu 27 fraksiyonda verirken, Ek tedavili planlama tekniğinde 50 Gy dozu 25 fraksiyonda buna ek olarak 4 Gy dozu 2 fraksiyon olacak şekilde planlamaları oluşturulmuştur.

VMAT ve 3BKRT teknikleri tolere edilen riskli organ doz sınırlamaları; mesane V₄₀ Gy < % 40, ince bağırsak için V₄₀ Gy <%40, femur başları için V₅₀ Gy < % 10 olacak şekilde tedavi planları oluşturulmuştur.

3.2.1. 3BKRT Planlarının Oluşturulması

Ek tedavili olarak planlanan 3BKRT’de ilk olarak 25 fraksiyondan hedef volüm PTV₄₅ olarak ve açıları 0°, 90°, 180°, 270° olacak şekilde 4 alanlı kutu tekniğinde hedef volüme 1,5cm MLC sınır vererek planlama yapıldı. Ağırlık olarak dozlar Monitor Unit (MU) değerleri lateral ışınlara (90°, 270°) verildi. İlk Boostu 3 fraksiyondan ve 540cGy doz olarak hedef volüm PTV₅₀ ye 0,8cm MLC sınırla 2 ışın da açıları 355 ° - 5 ° ve 180° olarak planlama yapıldı. İkinci Boostu 2 fraksiyondan ve 360cGy doz olarak hedef volüm PTV₅₄ de 0,5cm MLC sınırla 4 alanlı kutu tekniğinde, ışın açıları 0°, 90°, 180°, 270° olarak planlama yapıldı.

3.2.2. VMAT-SIB Planlarının Oluşturulması

Enerjisi 6 MV olarak ve gantry başlama açısı 180° olup 360° dönecek şekilde planlama oluşturuldu. SIB planları hedef volümler PTV₄₅, PTV₅₀ ve PTV₅₄ olarak 27 fraksiyondan SIB 1 arc (SIB-SA) ve aynı şekilde hedef volümleri PTV₄₅, PTV₅₀ ve PTV₅₄ olacak şekilde SIB 2 arc (SIB-DA) planlamaları yapıldı. Bu teknikte de VMAT Boostlu planlarda olduğu gibi, tedavi planları 0,3 kesit aralığıyla ve belirsizlik katsayısı 0,5 olacak şekilde (Şekil-17) ve ark başına maksimum kontrol noktası 140 ve Minimum segment genişliği 1cm olacak şekilde planları oluşturuldu (Şekil-18).

PTV₄₅ için Eş zamanlı tedavi planlaması ile Ek tedavili planlama da verilen dozun tümörde oluşturduğu biyolojik etkinin aynı olması için absorbe edilmiş doz ile Radyasyon ağırlık faktörünün çarpımının sonucu olan Biyolojik Eşdeğer Doz (BED) hesabı yapılmıştır. BED hesabının sonucuna göre Ek tedavi planlamada PTV₄₅ dozu 4500 cGy iken SIB planlarında PTV₄₅ dozu 4590 cGy olarak tedavi planları oluşturulmuştur. Şekil-14 de örnek oluşturulmuş olan SIB planı.

Structure	Cost Function	Enabled	Status	Manual	Weight	Reference Dose (cGy)	Multicriterial	Isoconstraint	Isoeffect	Relative Impact
PTV54	Target Penalty	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	1.00			5400.0	5377.6	
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01	5550.0		50.0	19.3	
	Maximum Dose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01			5800.0	5664.7	
PTV50	Target Penalty	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	1.00			5000.0	4956.1	
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01	5400.0		50.0	10.7	
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	3.95	5050.0		50.0	49.7	+++
PTV45	Target Penalty	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	1.00			4590.0	4405.5	
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01	5400.0		70.0	0.0	
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01	5000.0		50.0	4.0	
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	2.79	4700.0		50.0	50.5	+++
Bladder	Serial	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	14.97		<input type="checkbox"/>	3200.0	3189.0	++++
Femur(L)	Serial	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	3.31		<input type="checkbox"/>	2600.0	2600.3	+++
Femur(R)	Serial	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	4.17		<input type="checkbox"/>	2600.0	2602.8	++++
Patient	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01	4400.0	<input type="checkbox"/>	50.0	21.1	
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01	3800.0	<input type="checkbox"/>	50.0	34.6	
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.63	3400.0	<input type="checkbox"/>	50.0	46.2	++
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	29.73	3000.0	<input type="checkbox"/>	50.0	50.2	++++

Şekil-14: SIB planlama tekniğinde 1 ark ve 2 ark için VMAT planlarında hedef volüm PTV₄₅, PTV₅₀, PTV₅₄ ve kritik organlar için girilen doz değerleri

3.2.3. VMAT Boostlu Tedavi Planlarının Oluşturulması

Enerjisi 6 MV olarak ve gantry'nin ışınlamaya başlama açısı 180° olup 360° dönecek şekilde planlamaları oluşturuldu. Ek tedavili planlama teknikleri 1 ark ve 2 ark için hedef volümleri PTV₄₅ ve PTV₅₀'ye 25 fraksiyondan VMAT 1 arc (VMAT-SA) Boostu 2 fraksiyondan hedef volümü PTV₅₄ de BOOST 1 arc (BOOST-SA) ve aynı şekilde hedef volümleri PTV₄₅ ve PTV₅₀'ye 25 fraksiyondan VMAT 2 arc (VMAT-DA) Boostu hedef volümü PTV₅₄ de BOOST 2 arc (BOOST-DA) olacak şekilde planlamaları yapıldı (Şekil-15) (Şekil-16).

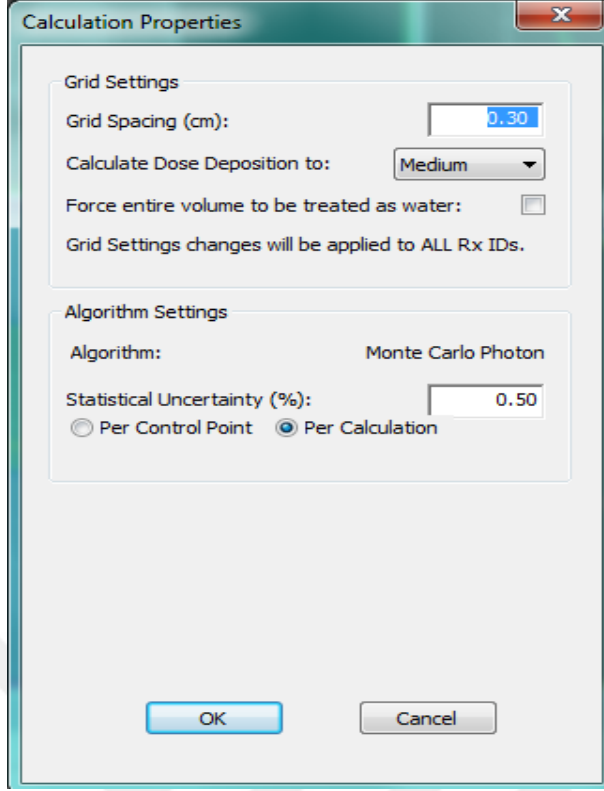
Structure	Cost Function	Enabled	Status	Manual	Weight	Reference Dose (cGy)	Multicriterial	Isoconstraint	Isoeffect	Relative Impact
PTV50	Target Penalty	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	1.00			4950.0	0.0	
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.13	5000.0		50.0	0.0	
	Maximum Dose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01			5500.0	0.0	
PTV45	Target Penalty	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	1.00			4450.0	0.0	
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01	4950.0		70.0	0.0	
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	2.16	4550.0		50.0	0.0	
	Maximum Dose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01			5500.0	0.0	
Bladder	Serial	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	33.85		<input type="checkbox"/>	2800.0	0.0	
Femur(R)	Serial	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	7.30		<input type="checkbox"/>	2500.0	0.0	
Femur(L)	Serial	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	4.13		<input type="checkbox"/>	2500.0	0.0	
Patient	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01	4500.0	<input type="checkbox"/>	100.0	0.0	
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01	3800.0	<input type="checkbox"/>	50.0	0.0	
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01	3000.0	<input type="checkbox"/>	50.0	0.0	
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	172.98	2300.0	<input type="checkbox"/>	60.0	0.0	

Şekil-15: Ek tedavi tekniğinde 1 ark ve 2 ark için VMAT planlarında hedef volüm PTV₄₅, PTV₅₀ ve kritik organlar için girilen doz değerleri

Structure	Cost Function	Enabled	Status	Manual	Weight	Reference Dose (cGy)	Multicriterial	Isoconstraint	Isoeffect	Relative Impact
PTV54	Target Penalty	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	1.00			400.0	403.5	
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01	410.0		10.0	2.2	
	Maximum Dose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.11			420.0	420.2	++++
Bladder	Serial	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.04		<input type="checkbox"/>	150.0	150.3	+++
Femur(R)	Serial	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01		<input type="checkbox"/>	120.0	91.1	
Femur(L)	Serial	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01		<input type="checkbox"/>	120.0	104.0	
Patient	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01	350.0	<input type="checkbox"/>	20.0	2.1	
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01	300.0	<input type="checkbox"/>	30.0	1.3	
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01	250.0	<input type="checkbox"/>	30.0	1.5	
	Quadratic Overdose	<input checked="" type="checkbox"/>	On	<input type="checkbox"/>	0.01	200.0	<input type="checkbox"/>	30.0	1.6	

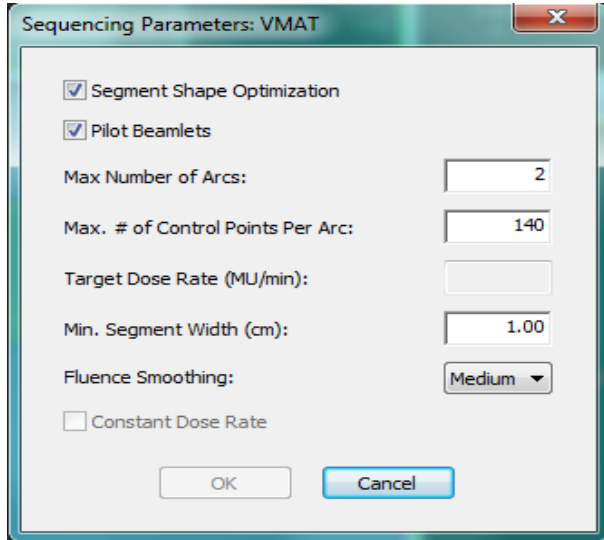
Şekil-16: Ek tedavisi tekniğinde 1 ark ve 2 ark için Boost planlarında hedef volüm PTV₅₄ ve kritik organlar için girilen doz değerleri

Bu teknikte, tedavi planları 0,3 kesit aralığıyla (Grid Space) ve aynı zamanda belirsizlik katsayısı (Statistical Unvertainty (%)) %0,5 olacak şekilde planlamalar hesaplatıldı (Şekil-17).



Şekil-17: VMAT planlama teknikleri için oluşturulan kesit aralığı ve belirsizlik katsayısı

VMAT planlarında ark başına maksimum kontrol noktası (Max of Control Points Arc) 140 ve Minimum segment genişliği (Minimum Segment Width (cm)) 1cm olacak şekilde planları oluşturuldu (Şekil-18).



Şekil-18: VMAT planlama teknikleri için kullanılan Ark başına maksimum kontrol noktası ve minimum segment genişliği

3.2.4. İstatiksel Analiz

15 rektum kanserli hastanın VMAT + Boost 1 ark, VMAT + Boost 2 ark, SIB 1 ark, SIB 2 ark, 3BKRT olarak 5 farklı RT teknikleri istatiksel olarak karşılaştırılırken; normal dağılıma uygunluğu “Shapiro – Wilk” testi ile SPSS analiz programında değerlendirilmiştir. Tüm veriler normal dağılıma uygunluğu sonucunda tek yönlü varyans analizi olan “One Way Anova” yapılmıştır. Parametrik koşullar sağlanıyorsa ikili karşılaştırmalar için “Benferroni” testi kullanılmıştır. Verilerden herhangi bir tanesi normal dağılıma uygunluk göstermediğinde “Kruksal – Wallis” testi kullanılmıştır. Parametrik koşullar uyduğu durumda “Mann – Wgitney U” testi ile analize devam edilmiştir. Tüm veriler için istatiksel analiz sonucunda ortalama, medyan, maksimum, minimum ve standart sapma değerleri gösterilmiştir. Veriler SPSS 20 programı ile $p \leq 0,05$ anlamlılık düzeyi olacak şekilde analiz edilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmamızda Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda daha önceden RT tedavisi görmüş 15 rektum kanserli hastanın sistemde kayıtlı olan BT görüntüleri üzerinde 5 farklı tedavi plan simülasyonu yapılmıştır. DVH yardımıyla karşılaştırmada kullanılan hedef hacim, kritik organ, normal doku (ND) dozlarının gösterimi aşağıdaki Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Kullanılan terimler ve açıklamaları

Gösterim	Açıklama
D_{max} (Gy)	İlgili hacimdeki maksimum doz miktarı
D_{ort} (Gy)	Ortalama doz miktarı
$D_{%98}$ (Gy)	İlgili hacmin %98'inin aldığı doz miktarı
CN	Konformalite Numarası
HI	Homojenite Katsayısı
MU	Toplam Monitor Unit sayısı
V_{20}	İlgili hacmin, 20 Gy doz alan yüzdesi
V_{30}	İlgili hacmin, 30 Gy doz alan yüzdesi
V_{40}	İlgili hacmin, 40 Gy doz alan yüzdesi

5 farklı planlama tekniğinin karşılaştırıldığı bu çalışmada hedef hacimler için D_{max} (Gy/cm³), D_{ort} (Gy), $D_{%98}$ (Gy), CN, HI değerleri karşılaştırılırken, kritik organlar içinde D_{max} (Gy), D_{ort} (Gy) ve ilgili organların V_{20} , V_{30} , V_{40} değerleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca toplam MU sayılarının da 5 farklı planlama tekniği için karşılaştırılmıştır.

4.1. Hedef Volüm (CTV₄₅)

4.1.1. CTV₄₅'e ait D_{max} (Gy/cm³) Verilerinin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planı CTV₄₅ için D_{max} (cGy/cm³) (1 cm³'deki maksimum doz değeri) ve istatistiksel analiz sonuçları sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 2: CTV₄₅'e ait D_{max} (cGy/cm³) verileri

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	VMAT+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	5698,8	5797,6	5791,4	5818	5611
2	5761,8	5693,6	5786,2	5836,6	5621
3	5729,5	5745,7	5732,3	5701,1	5579
4	5640,1	5732,5	5658,7	5766,3	5554
5	5770,4	5765,3	5650	5804,1	5666
6	5704,8	5738,6	5757,6	5743,6	5516
7	5641,5	5650,6	5668,2	5685,7	5608
8	5680,3	5727	5771,3	5829,4	5720
9	5872,5	5718,3	5823,7	5733,5	5563
10	5719	5622,2	5789,1	5806,9	5628
11	5698,5	5692,6	5660,5	5651,8	5573
12	5738,5	5665,8	5799,4	5822,4	5498
13	5632,5	5721,4	5794,6	5804	5645
14	5722,5	5613,3	5743,6	5810,1	5455
15	5823,2	5724,8	5668,8	5697,2	5528

Tablo 3: CTV₄₅'e ait D_{max} (cGy/cm³) değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları (p<0,001)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	5767,38	5757,60	5707,28	5722,26	5584,33
Medyan	5804,00	5757,60	5721,40	5719,00	5579,00
Minimum	5651,80	5650,00	5613,30	5632,50	5455,00
Maksimum	5836,60	5823,70	5797,60	5872,50	5720,00
Std. Sapma	±60,57	±61,71	±51,43	±66,26	±69,09

CTV₄₅ de D_{max} (cGy/cm³) değerlerine yapmış olduğumuz 5 farklı teknik için istatistiksel analiz sonucuna baktığımızda, p≤0,05 olduğundan istatistiksel bakımından anlamlı bir fark vardır (p≤0,00).

Bu değerlerden en küçük ve en büyük Medyan D_{max} (cGy/cm³) değerlerine baktığımızda; en büyük olan tedavi planlaması VMAT-SIB 2 ark (5804,00±60,57) iken en küçük değere sahip tedavi planlaması ise 3BKRT (5579,00±69,09) 'dir (Tablo 3).

Tablo 4 de D_{max} (cGy/cm³) için yapılan 2'li karşılaştırma sonuçları yer almaktadır.

Tablo 4: CTV₄₅'e ait D_{max} (cGy/cm³) için ikili istatistiksel karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	0,115
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	0,008
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	0,071
SIB 2 ark – 3BKRT	0,001
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	0,110
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	0,272
SIB 1 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	0,724
VMAT 2 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 1 ark – 3BKRT	0,001

4.1.2. CTV₄₅'e ait D_{ort} (cGy/cm³) Verilerinin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planı CTV₄₅ için D_{ort} (cGy/cm³) aşağıdaki Tablo 5 de gösterilmiştir.

Tablo 5: CTV₄₅ için D_{ort} (cGy/cm³) değerleri

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT- SIB 1 ark	VMAT- SIB 2 ark	3BKRT
1	5146,2	5222,9	5052,7	5053,5	5222
2	5051,9	5082,9	5025,0	5031,5	5156
3	5174,0	5184,2	5116,5	5121,2	5235
4	5055,9	5120,6	5024,3	5009,0	5085
5	5202,9	5171,2	5116,3	5141,2	5255
6	5050,0	5059,7	5023,7	5030,9	5143
7	5193,6	5203,6	5164,9	5144,8	5215
8	5145,3	5156,6	5147,6	5102,6	5182
9	5051,1	5035,5	5074,9	5079,9	5201
10	5217,8	5187,0	5148,7	5155,4	5202
11	5057,2	5072,6	5033,0	5042,5	5157
12	4983,0	4989,2	5007,3	5012,9	4974
13	5111,6	5158,2	5071,0	5068,7	5161
14	5054,0	5025,9	4992,5	5010,8	5051
15	4951,4	4967,6	4971,6	4974,9	4965

5 farklı teknik için CTV₄₅ 'deki D_{ort} (cGy/cm³) değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları aşağıdaki Tablo 6 da gösterilmiştir.

Tablo 6: CTV₄₅ 'deki D_{ort} (cGy/cm³) değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları (p=0,019)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	5065,32	5064,66	5109,18	5096,39	5146,93
Medyan	5053,50	5052,70	5120,60	5057,20	5161,00
Minimum	4974,90	4971,60	4967,60	4951,40	4965,00
Maksimum	5155,40	5164,90	5222,90	5217,80	5255,00
Std. Sapma	±56,68	±61,33	±81,69	±80,93	±89,97

D_{ort} (cGy) değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır (p≤0,05).

CTV₄₅ için D_{ort} (cGy/cm³) medyan değerleri bakımından en küçük değer VMAT-SIB 1 ark (5052,70 ± 61,33), en büyük değer 3BKRT (5161,00 ± 89,97) olarak bulunmuştur (Tablo 6).

Tablo 7 de 5 farklı teknik için CTV₄₅ 'deki D_{ort} (cGy/cm³) değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 7: 5 farklı teknik için CTV₄₅ 'deki D_{ort}'un ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	0,917
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	0,085
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	0,178
SIB 2 ark – 3BKRT	0,005
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	0,071
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	0,254
SIB 1 ark – 3BKRT	0,007
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	0,576
VMAT 2 ark – 3BKRT	0,221
VMAT 1 ark – 3BKRT	0,101

4.1.3. CTV₄₅'e ait D_{%98} (cGy/cm³) Verilerinin Sonuçları

15 rektum kanseri hastalarda yapılmış olan 5 farklı tedavi planı CTV₄₅ için D_{%98} (cGy/cm³) aşağıdaki Tablo 8 de gösterilmiştir.

Tablo 8: CTV₄₅ için D_{%98} (cGy/cm³) değerleri

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT- SIB 1 ark	VMAT- SIB 2 ark	3BKRT
1	4540,7	4610,3	4643,0	4633,6	4480
2	4465,5	4546,8	4606,9	4591,0	4550
3	4549,4	4561,0	4650,8	4674,1	4620
4	4541,4	4566,6	4634,3	4612,0	4500
5	4553,6	4550,2	4615,5	4663,8	4580
6	4517,2	4529,7	4605,0	4623,6	4580
7	4546,1	4581,2	4688,9	4642,2	4700
8	4522,3	4504,1	4664,6	4579,6	4540
9	4507,6	4502,2	4630,3	4615,4	4510
10	4574,6	4540,0	4684,8	4691,6	4390
11	4546,2	4545,8	4619,5	4648,0	4500
12	4531,4	4540,6	4631,2	4637,7	4360
13	4538,5	4573,6	4668,3	4646,0	4390
14	4561,2	4524,8	4621,3	4654,6	4450
15	4483,2	4508,1	4632,3	4626,1	4430

5 farklı teknik için CTV₄₅ 'deki D_{%98} (cGy/cm³) değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları aşağıdaki Tablo 9 da gösterilmiştir.

Tablo 9: CTV₄₅ ‘deki D_{%98} (cGy/cm³) değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları (p<0,001)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	4635,95	4639,78	4545,66	4531,92	4505,33
Medyan	4637,70	4632,30	4545,80	4540,70	4500,00
Minimum	4579,60	4605,00	4502,20	4465,50	4360,00
Maksimum	4691,60	4688,90	4610,30	4574,60	4700,00
Std. Sapma	±29,77	±26,56	±30,10	±28,97	±93,56

D_{%98} (cGy) değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır (p≤0,05).

CTV₄₅ için D_{%98} (cGy/cm³) ortalama değerleri bakımından en küçük değer 3BKRT (4505,33 ± 93,56), en büyük değer VMAT-SIB 1 ark (4639,78 ± 26,56) olarak bulunmuştur (Tablo 9).

Tablo 10 de 5 farklı teknik için CTV₄₅ ‘deki D_{%98} (cGy/cm³) değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 10: 5 farklı teknik için CTV₄₅‘deki D_{%98}’un ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	1,000
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	0,001
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	0,001
SIB 2 ark – 3BKRT	0,001
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	0,001
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	0,001
SIB 1 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	1,000
VMAT 2 ark – 3BKRT	0,279
VMAT 1 ark – 3BKRT	1,000

4.1.4. CTV₄₅'e ait Konformalite Numarası (CN) Verilerinin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planı CTV₄₅ için CN sonuçları aşağıdaki Tablo 11 de gösterilmiştir.

Tablo 11: CTV₄₅'e ait Konformalite Numarası (CN) Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	1,053	1,053	1,052	1,052	1,051
2	1,044	1,052	1,049	1,047	1,050
3	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
4	1,053	1,052	1,052	1,053	1,052
5	1,051	1,052	1,050	1,052	1,052
6	1,050	1,051	1,049	1,050	1,052
7	1,050	1,051	1,052	1,049	1,053
8	1,048	1,049	1,051	1,049	1,053
9	1,051	1,051	1,049	1,049	1,053
10	1,052	1,052	1,052	1,053	1,052
11	1,053	1,053	1,053	1,053	1,052
12	1,050	1,053	1,052	1,053	1,050
13	1,052	1,053	1,052	1,052	1,050
14	1,052	1,053	1,051	1,052	1,052
15	1,051	1,051	1,053	1,052	1,050

Tablo 12: CTV₄₅'e yapılan 5 farklı tedavi planı için CN'nın istatistiksel analiz sonuçları (p=0,711)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	1,0513	1,0513	1,0519	1,0509	1,0517
Medyan	1,0520	1,0520	1,0520	1,0510	1,0520
Minimum	1,050	1,050	1,050	1,048	1,050
Maksimum	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
Std. Sapma	±0,00194	±0,00145	±0,00116	±0,00239	±0,00118

CTV₄₅'in CN değerlerine yapmış olduğumuz 5 farklı teknik için istatistiksel analiz sonucuna baktığımızda, $p \geq 0,05$ olduğundan istatistiksel bakımından anlamlı bir fark yoktur.

Bu değerlerden en küçük ve en büyük Medyan CN değerlerine baktığımızda; en büyük VMAT-SIB 2 ark ($1,0520 \pm 0,00194$) iken en küçük CN değeri ise VMAT 1 ark ($1,0510 \pm 0,00239$) 'dir (Tablo 12).

4.1.5. CTV₄₅'e ait Homojenite Katsayı (HI) değerlerinin sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planı CTV₄₅ için HI değerleri aşağıdaki Tablo 13'de gösterilmiştir.

Tablo 13: CTV₄₅ için Homojenite Katsayı (HI) değerleri

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT- SIB 1 ark	VMAT- SIB 2 ark	3BKRT
1	0,193	0,193	0,195	0,197	0,205
2	0,220	0,197	0,191	0,200	0,188
3	0,195	0,190	0,176	0,172	0,167
4	0,189	0,196	0,175	0,186	0,190
5	0,205	0,195	0,172	0,188	0,197
6	0,201	0,197	0,191	0,192	0,170
7	0,188	0,184	0,170	0,181	0,160
8	0,195	0,204	0,174	0,216	0,195
9	0,222	0,211	0,186	0,189	0,206
10	0,183	0,181	0,189	0,188	0,222
11	0,200	0,198	0,182	0,177	0,199
12	0,198	0,199	0,199	0,196	0,217
13	0,189	0,193	0,184	0,195	0,220
14	0,194	0,190	0,183	0,183	0,186
15	0,218	0,213	0,179	0,191	0,210

5 farklı teknik için CTV₄₅'in HI değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları aşağıdaki Tablo 14'de gösterilmiştir.

Tablo 14: CTV₄₅'in HI değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları (p=0,006)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	0,19007	0,18307	0,19607	0,19933	0,19547
Medyan	0,18900	0,18300	0,19600	0,19500	0,19700
Minimum	0,172	0,170	0,181	0,183	0,160
Maksimum	0,216	0,199	0,213	0,222	0,222
Std. Sapma	±0,010484	±0,008762	±0,008672	±0,012075	±0,019067

CTV₄₅'in HI değerlerine yapmış olduğumuz 5 farklı teknik için istatistiksel analiz sonucuna baktığımızda, $p \leq 0,05$ olduğundan istatistiksel bakımından anlamlı bir fark vardır.

Bu değerlerden de en küçük ve en büyük ortalama HI değerlerine baktığımızda; en büyük VMAT 1 ark ($0,19933 \pm 0,012075$) iken en küçük HI değeri ise VMAT-SIB 1 ark ($0,18307 \pm 0,008762$) 'dir (Tablo 14).

Tablo 15 de 5 farklı teknik için CTV₄₅'in HI değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 15: 5 farklı teknik için CTV₄₅ 'deki HI' nın ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	1,000
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	1,000
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	0,448
SIB 2 ark – 3BKRT	1,000
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	0,055
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	0,006
SIB 1 ark – 3BKRT	0,079
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	1,000
VMAT 2 ark – 3BKRT	1,000
VMAT 1 ark – 3BKRT	1,000

4.2. Hedef Volüm (CTV₅₀)

4.2.1. CTV₅₀'e ait D_{max} (cGy/cm³) Verilerinin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planı CTV₅₀'e ait D_{max} (cGy/cm³) verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 16 da gösterilmiştir.

Tablo 16: CTV₅₀'e ait D_{max} (cGy/cm³) Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	5698,8	5797,6	5791,4	5818,0	5611
2	5761,8	5693,6	5786,2	5836,6	5621
3	5729,5	5745,7	5732,3	5701,1	5579
4	5640,1	5732,5	5658,7	5766,3	5554
5	5770,4	5765,3	5650,0	5804,1	5666
6	5704,8	5738,6	5757,6	5743,6	5516
7	5641,5	5650,2	5668,2	5685,7	5608
8	5680,3	5727,0	5737,2	5829,4	5713
9	5872,5	5718,3	5823,7	5733,5	5624
10	5719,0	5622,2	5789,1	5806,9	5628
11	5698,5	5692,6	5660,5	5651,8	5573
12	5738,5	5665,8	5799,4	5822,4	5498
13	5632,5	5721,4	5794,6	5804	5645
14	5722,5	5613,3	5743,6	5810,1	5455
15	5823,2	5724,8	5668,8	5697,2	5528

Tablo 17: CTV₅₀'e ait D_{max} (cGy/cm³) değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları (p<0,001)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	5767,380	5739,693	5707,286	5722,260	5584,333
Medyan	5804,000	5757,600	5721,400	5719,000	5579,000
Minimum	5651,800	5650,000	5613,300	5632,500	5455,000
Maksimum	5836,600	5823,700	5797,600	5872,500	5720,000
Std. Sapma	±60,572	±61,712	±51,436	±66,266	±69,092

D_{max} (cGy/cm³) değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır (p≤0,05).

CTV₅₀ için D_{max} (cGy/cm³) medyan değerleri bakımından en küçük değer 3BKRT (5579,00 ± +69,092), en büyük değer VMAT-SIB 2 ark (5804,00 ± 60,572) olarak bulunmuştur (Tablo 17).

Tablo 18 de 5 farklı teknik için CTV₅₀ 'deki D_{max} (cGy/cm³) değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 18: 5 farklı teknik için CTV₅₀ 'deki D_{max} değerinin ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	0,115
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	0,008
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	0,071
SIB 2 ark – 3BKRT	0,001
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	0,110
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	0,272
SIB 1 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	0,724
VMAT 2 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 1 ark – 3BKRT	0,001

4.2.2. CTV₅₀'e ait D_{ort} (cGy/cm³) Verilerinin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planı CTV₅₀'e ait D_{ort} (cGy/cm³) verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 19 da gösterilmiştir.

Tablo 19: CTV₅₀'e ait D_{ort} (cGy/cm³) Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	5409,9	5463,5	5286,4	5284,8	5442
2	5354,3	5390,0	5302,4	5310,8	5385
3	5408,0	5407,2	5317,2	5319,4	5391
4	5352,4	5402,6	5271,3	5256,0	5349
5	5422,2	5379,4	5317,9	5346,8	5445
6	5342,4	5340,5	5262,0	5264,3	5342
7	5375,3	5388,2	5338,9	5323,2	5310
8	5384,0	5403,2	5362,8	5338,4	5365
9	5452,3	5417,7	5386,2	5397,9	5459
10	5415,4	5380,6	5339,0	5339,9	5390
11	5386,3	5399,5	5336,2	5338,7	5425
12	5337,6	5343,4	5334,7	5330,0	5259
13	5387,6	5402,0	5291,6	5294,5	5383
14	5334,8	5303,6	5194,6	5207,7	5243
15	5401,5	5411,7	5354,9	5376,0	5367

Tablo 20: CTV₅₀'e ait D_{ort} (cGy/cm³) değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları (p<0,001)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	5315,226	5313,073	5388,873	5384,266	5370,333
Medyan	5323,200	5317,900	5399,500	5386,300	5383,000
Minimum	5207,700	5194,600	5303,600	5334,800	5243,000
Maksimum	5397,900	5386,200	5463,500	5452,300	5459,000
Std. Sapma	±48,225	±47,530	±37,583	±34,785	±63,413

D_{ort} (cGy/cm³) değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır (p≤0,05).

CTV₅₀ için D_{ort} (cGy/cm³) ortalama değerleri bakımından en küçük değer VMAT-SIB 1 ark (5313,073 ± 47,530), en büyük değer VMAT 2 ark (5388,873 ± 37,583) olarak bulunmuştur (Tablo 20).

Tablo 21 de 5 farklı teknik için CTV₅₀ 'deki D_{ort} (cGy/cm³) değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 21: 5 farklı teknik için CTV₅₀ 'deki D_{ort} değerinin ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	1,000
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	0,001
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	0,002
SIB 2 ark – 3BKRT	0,022
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	0,001
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	0,001
SIB 1 ark – 3BKRT	0,015
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	1,000
VMAT 2 ark – 3BKRT	1,000
VMAT 1 ark – 3BKRT	1,000

4.2.3. CTV₅₀'e ait D_{%98} (cGy/cm³) Verilerinin Sonuçları

15 rektum kanseri hastalarda yapılmış olan 5 farklı tedavi planı CTV₅₀'e ait D_{%98} (cGy/cm³) verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 22 de gösterilmiştir.

Tablo 22: CTV₅₀'e ait D_{%98} (cGy/cm³) Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	5131,5	5149,5	5029,5	5023,0	5140
2	5033,7	5100,0	5020,1	5020,6	5130
3	5166,3	5093,6	5026,1	5018,2	5120
4	5090,2	5124,0	5027,6	4985,2	5140
5	5082,3	5053,5	5017,4	5029,6	5070
6	5050,0	5053,1	5009,9	5013,9	5110
7	5064,0	5063,3	5040,5	5007,3	4890
8	5065,4	5096,9	5078,3	5000	5010
9	5086,5	5060,1	5063,7	5052,8	5180
10	5095,3	5051,0	5005,9	5023,5	5080
11	5073,5	5068,4	5040,1	5037	5110
12	5046,5	5064,5	5032,1	5032,3	4930
13	5099,4	5055,1	5028,0	5025,4	5040
14	5072,8	5053,3	5005,8	5032,0	4980
15	5086,8	5095,1	5047,9	5041,6	5060

Tablo 23: CTV₅₀'e ait D_{%98} (cGy/cm³) değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları (p<0,001)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	5022,826	5031,526	5078,760	5082,946	5066,000
Medyan	5023,500	5028,000	5064,500	5082,300	5080,000
Minimum	4985,200	5005,800	5051,000	5033,700	4890,000
Maksimum	5052,800	5078,300	5149,500	5166,300	5180,000
Std. Sapma	±16,823	±20,394	±29,870	±33,281	±82,704

D_{%98} (cGy/cm³) değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır (p≤0,05).

CTV₅₀ için D_{%98} (cGy/cm³) medyan değerleri bakımından en küçük değer VMAT-SIB 2 ark (5023,500 ± 16,823), en büyük değer VMAT 1 ark (5082,300 ± 33,281) olarak bulunmuştur (Tablo 23).

Tablo 24 de 5 farklı teknik için CTV₅₀ 'deki D_{%98} (cGy/cm³) değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 24: 5 farklı teknik için CTV₅₀'deki D_{%98} değerinin ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	0,395
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	0,001
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	0,001
SIB 2 ark – 3BKRT	0,026
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	0,001
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	0,001
SIB 1 ark – 3BKRT	0,049
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	0,724
VMAT 2 ark – 3BKRT	0,787
VMAT 1 ark – 3BKRT	0,950

4.2.4. CTV₅₀'e ait Konformalite Numarası (CN) Verilerinin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planı CTV₅₀'e ait CN verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 25 de gösterilmiştir.

Tablo 25: CTV₅₀'e ait CN Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
2	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
3	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
4	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
5	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
6	1,052	1,052	1,052	1,052	1,053
7	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
8	1,052	1,052	1,053	1,052	1,053
9	1,052	1,052	1,052	1,052	1,041
10	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
11	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
12	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
13	1,052	1,052	1,053	1,053	1,053
14	1,052	1,052	1,053	1,053	1,053
15	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053

Tablo 26: CTV₅₀'e yapılan 5 farklı tedavi planı için CN'nin istatistiksel analiz sonuçları (p=0,340)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	1,052	1,052	1,052	1,052	1,052
Medyan	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
Minimum	1,052	1,052	1,052	1,052	1,041
Maksimum	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
Std. Sapma	±0,000414	±0,000352	±0,000488	±0,000488	±0,003098

CN değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p \geq 0,05$).

CTV₅₀ için CN medyan değerleri bakımından en küçük değer VMAT-SIB 1 ark ($1,053 \pm 0,000352$), en büyük değer 3BKRT ($1,053 \pm 0,003098$) olarak bulunmuştur (Tablo 26).

4.2.5. CTV₅₀'e ait Homojenite Katsayı (HI) değerlerinin sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planı CTV₅₀ için HI değerleri aşağıdaki Tablo 27'de gösterilmiştir.

Tablo 27: CTV₅₀ için Homojenite Katsayı (HI) değerleri

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT- SIB 1 ark	VMAT- SIB 2 ark	3BKRT
1	0,080	0,092	0,121	0,121	0,080
2	0,105	0,090	0,111	0,117	0,082
3	0,088	0,089	0,106	0,102	0,074
4	0,083	0,089	0,098	0,114	0,071
5	0,102	0,098	0,100	0,115	0,104
6	0,097	0,093	0,112	0,117	0,069
7	0,088	0,091	0,098	0,106	0,123
8	0,092	0,092	0,092	0,134	0,106
9	0,108	0,099	0,010	0,103	0,078
10	0,088	0,084	0,122	0,121	0,093
11	0,095	0,093	0,095	0,096	0,080
12	0,094	0,093	0,120	0,118	0,101
13	0,080	0,099	0,113	0,12	0,102
14	0,094	0,085	0,113	0,116	0,085
15	0,095	0,090	0,092	0,102	0,083

5 farklı teknik için CTV₅₀'in HI değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları aşağıdaki Tablo 28'de gösterilmiştir.

Tablo 28: CTV₅₀ 'in HI değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları (p<0,001)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	0,113	0,100	0,092	0,093	0,088
Medyan	0,116	0,106	0,092	0,094	0,083
Minimum	0,096	0,010	0,084	0,080	0,069
Maksimum	0,134	0,122	0,099	0,108	0,123
Std. Sapma	±0,0098	±0,0270	±0,0044	±0,0084	±0,0154

CTV₅₀'in HI değerlerine yapmış olduğumuz 5 farklı teknik için istatistiksel analiz sonucuna baktığımızda, $p \leq 0,05$ olduğundan istatistiksel bakımından anlamlı bir fark vardır.

Bu değerlerden de en küçük ve en büyük ortalama HI değerlerine baktığımızda; en büyük HI değeri VMAT-SIB 2 ark ($0,116 \pm 0,0098$) iken en küçük HI değeri ise 3BKRT ($0,083 \pm 0,0154$)'dir (Tablo 28).

Tablo 29 de 5 farklı teknik için CTV₅₀'in HI değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 29: 5 farklı teknik için CTV₅₀'deki HI'nın ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	0,053
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	0,001
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	0,001
SIB 2 ark – 3BKRT	0,001
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	0,002
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	0,006
SIB 1 ark – 3BKRT	0,018
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	0,787
VMAT 2 ark – 3BKRT	0,289
VMAT 1 ark – 3BKRT	0,220

4.3. Hedef Volüm (GTV₅₄)

4.3.1. GTV₅₄'e ait D_{max} (cGy/cm³) Verilerinin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planı GTV₅₄'e ait D_{max} (cGy/cm³) verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 30 da gösterilmiştir.

Tablo 30: GTV₅₄'e ait D_{max} (cGy/cm³) Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	5698,8	5793,1	5791,4	5818,0	5611
2	5761,8	5693,6	5786,2	5836,6	5620
3	5729,5	5745,7	5732,3	5701,1	5579
4	5640,1	5732,5	5658,7	5766,3	5554
5	5770,4	5765,3	5650,0	5804,1	5664
6	5704,8	5738,6	5757,6	5743,6	5516
7	5641,5	5639,6	5668,2	5685,7	5598
8	5657,9	5726,4	5737,2	5826,1	5606
9	5872,5	5718,5	5823,7	5733,5	5624
10	5719,0	5622,2	5789,1	5806,9	5628
11	5698,5	5692,6	5660,5	5651,8	5573
12	5738,5	5662,7	5799,4	5788,1	5494
13	5632,5	5721,4	5794,6	5804,0	5640
14	5722,5	5613,3	5743,6	5810,1	5455
15	5823,2	5724,8	5668,8	5697,2	5528

Tablo 31: GTV₅₄'e ait D_{max} (cGy/cm³) değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları (p<0,001)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	5764,873	5737,420	5706,020	5720,766	5579,333
Medyan	5788,100	5743,600	5721,400	5719,000	5598,000
Minimum	5651,800	5650,000	5613,300	5632,500	5455,000
Maksimum	5836,600	5823,700	5793,100	5872,500	5664,000
Std. Sapma	±58,722	±61,089	±51,988	±67,520	±59,159

D_{max} (cGy/cm³) değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır (p≤0,05).

GTV₅₄ için D_{max} (cGy/cm³) medyan değerleri bakımından en küçük değer 3BKRT (5598,000 ± 59,159), en büyük değer VMAT-SIB 2 ark (5788,100 ± 58,722) olarak bulunmuştur (Tablo 31).

Tablo 32 de 5 farklı teknik için GTV₅₄ 'deki D_{max} (cGy/cm³) değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 32: 5 farklı teknik için GTV₅₄'deki Dmax değerinin ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	0,115
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	0,010
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	0,071
SIB 2 ark – 3BKRT	0,001
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	0,120
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	0,254
SIB 1 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	0,694
VMAT 2 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 1 ark – 3BKRT	0,001

4.3.2. GTV₅₄'e ait D_{ort} (cGy/cm³) Verilerinin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planı GTV₅₄'e ait D_{ort} (cGy/cm³) verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 33 de gösterilmiştir.

Tablo 33: GTV₅₄'e ait D_{ort} (cGy/cm³) Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	5495,8	5543,4	5543,7	5545,9	5513
2	5515,3	5518,2	5523,3	5542,0	5462
3	5498,5	5495,8	5501,1	5502,4	5444
4	5469,3	5519,2	5495,5	5513,4	5412
5	5550,2	5501,8	5498,5	5548,9	5543
6	5478,7	5497,1	5539,1	5558,6	5419
7	5480,3	5489,2	5514,2	5515,7	5419
8	5470,2	5495,6	5517,6	5591,1	5437
9	5567,2	5519,8	5503,6	5513,7	5523
10	5481,7	5459,5	5560,6	5555,2	5437
11	5498,7	5496,0	5496,8	5504,2	5496
12	5484,7	5499,2	5591,1	5571,9	5409
13	5473,0	5515,9	5537,6	5553,7	5422
14	5512,7	5465,9	5520,3	5556,1	5369
15	5501,1	5516,0	5488,4	5528,7	5463

Tablo 34: GTV₅₄'e ait D_{ort} (cGy/cm³) değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları (p<0,001)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	5540,100	5522,093	5502,173	5498,493	5451,200
Medyan	5545,900	5517,600	5499,200	5495,800	5437,000
Minimum	5502,400	5488,400	5459,500	5469,300	5369,000
Maksimum	5591,100	5591,100	5543,400	5567,200	5543,000
Std. Sapma	±26,163	±28,221	±21,378	±28,523	±48,638

D_{ort} (cGy/cm³) değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır (p≤0,05).

GTV₅₄ için D_{ort} (cGy/cm³) medyan değerleri bakımından en küçük değer 3BKRT (5437,000 ± 48,638), en büyük değer VMAT-SIB 2 ark (5545,900 ± 26,163) olarak bulunmuştur (Tablo 34).

Tablo 35 de 5 farklı teknik için GTV₅₄ 'deki D_{ort} (cGy/cm³) değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 35: 5 farklı teknik için GTV₅₄'deki D_{ort} değerinin ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	0,056
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	0,001
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	0,001
SIB 2 ark – 3BKRT	0,001
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	0,071
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	0,015
SIB 1 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	0,319
VMAT 2 ark – 3BKRT	0,005
VMAT 1 ark – 3BKRT	0,006

4.3.3. GTV₅₄'e ait D_{%98} (Gy/cm³) Verilerinin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planı GTV₅₄'e ait D_{%98} (cGy/cm³) verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 36 da gösterilmiştir.

Tablo 36: GTV₅₄'e ait D_{%98} (cGy/cm³) Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	5417,1	5407,1	5405,5	5396,9	5410
2	5432,1	5434,3	5435,8	5421,0	5370
3	5389,8	5401,8	5430,8	5427,3	5390
4	5403,3	5400,4	5438,9	5433,6	5310
5	5442,7	5405,2	5424,2	5454,0	5380
6	5414,5	5428,1	5475,8	5470,4	5310
7	5406,5	5398,2	5454,7	5418,2	5350
8	5387,6	5388,8	5458,4	5449,0	5320
9	5419,9	5425,1	5410,9	5432,6	5410
10	5416,7	5405,7	5420,8	5413,9	5310
11	5406,0	5401,6	5430,1	5439,0	5440
12	5425,8	5438,2	5499,6	5472,5	5350
13	5402,5	5411,8	5408,8	5407,0	5320
14	5436,9	5413,2	5410,1	5439,1	5290
15	5409,2	5426,9	5427,0	5449,5	5410

Tablo 37: GTV₅₄'e ait D_{%98} (cGy/cm³) değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları (p<0,001)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	5434,933	5435,426	5412,426	5414,040	5358,000
Medyan	5433,600	5430,100	5407,100	5414,500	5350,000
Minimum	5396,900	5405,500	5388,800	5387,600	5290,000
Maksimum	5472,500	5499,600	5438,200	5442,700	5440,000
Std. Sapma	±21,852	±26,683	±14,688	±15,900	±47,086

D_{%98} (cGy/cm³) değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır (p≤0,05).

GTV₅₄ için D_{%98} (cGy/cm³) ortalama değerleri bakımından en küçük değer 3BKRT (5358,000 ± 47,086), en büyük değer VMAT-SIB 1 ark (5435,426 ± 26,683) olarak bulunmuştur (Tablo 37).

Tablo 38 de 5 farklı teknik için GTV₅₄ 'deki D_{%98} (cGy/cm³) değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 38: 5 farklı teknik için GTV₅₄ 'deki D_{%98} değerinin ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	1,000
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	0,301
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	0,436
SIB 2 ark – 3BKRT	0,001
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	0,268
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	0,390
SIB 1 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	1,000
VMAT 2 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 1 ark – 3BKRT	0,001

4.3.4. GTV₅₄'e ait Konformalite Numarası (CN) Verilerinin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planı GTV₅₄'e ait CN verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 39 de gösterilmiştir.

Tablo 39: GTV₅₄'e ait CN Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
2	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
3	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
4	1,03	1,053	1,053	1,053	1,053
5	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
6	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
7	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
8	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
9	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
10	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
11	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
12	1,053	1,053	1,053	1,053	1,052
13	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
14	1,053	1,053	1,053	1,053	1,052
15	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053

Tablo 40: GTV₅₄'e yapılan 5 farklı tedavi planı için CN'nin istatistiksel analiz sonuçları (p=0,250)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	1,053	1,053	1,053	1,051	1,052
Medyan	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
Minimum	1,053	1,053	1,053	1,030	1,052
Maksimum	1,053	1,053	1,053	1,053	1,053
Std. Sapma	±0,00	±0,00	±0,00	±0,00594	±0,00035

CN değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p \geq 0,05$).

GTV₅₄ için CN medyan değerleri bakımından en küçük değer VMAT-SIB 1 ark, VMAT-SIB 2 ark, VMAT 2 ark ($1,053 \pm 0,000$), en büyük değer VMAT 1 ark ($1,053 \pm 0,00594$) olarak bulunmuştur (Tablo 40).

4.3.5. GTV₅₄'e ait Homojenite Katsayı (HI) değerlerinin sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planı GTV₅₄ için HI değerleri aşağıdaki Tablo 41'de gösterilmiştir.

Tablo 41: GTV₅₄ için Homojenite Katsayı (HI) değerleri

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT- SIB 1 ark	VMAT- SIB 2 ark	3BKRT
1	0,031	0,048	0,054	0,053	0,033
2	0,038	0,032	0,040	0,055	0,038
3	0,042	0,037	0,029	0,020	0,024
4	0,029	0,043	0,024	0,036	0,041
5	0,040	0,037	0,027	0,041	0,047
6	0,031	0,028	0,029	0,037	0,035
7	0,028	0,032	0,025	0,032	0,037
8	0,033	0,043	0,025	0,055	0,043
9	0,052	0,035	0,040	0,035	0,038
10	0,033	0,020	0,048	0,051	0,053
11	0,037	0,034	0,026	0,024	0,022
12	0,026	0,026	0,039	0,039	0,024
13	0,025	0,037	0,045	0,051	0,052
14	0,034	0,022	0,043	0,047	0,030
15	0,041	0,032	0,024	0,030	0,020

Tablo 42: GTV₅₄'in HI değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları (p=0,488)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	0,040	0,034	0,033	0,034	0,035
Medyan	0,039	0,029	0,034	0,033	0,037
Minimum	0,020	0,024	0,020	0,025	0,020
Maksimum	0,055	0,054	0,048	0,052	0,053
Std. Sapma	±0,011	±0,010	±0,007	±0,007	±0,010

GTV₅₄'in HI değerlerine yapmış olduğumuz 5 farklı teknik için istatistiksel analiz sonucuna baktığımızda, $p \geq 0,05$ olduğundan istatistiksel bakımından anlamlı bir fark yoktur.

Bu değerlerden de en küçük ve en büyük ortalama HI değerlerine baktığımızda; en büyük HI değeri VMAT-SIB 2 ark ($0,039 \pm 0,011$) iken en küçük HI değeri ise VMAT-SIB 1 ark ($0,029 \pm 0,010$)'dir (Tablo 42).

4.4. Kritik Organ Mesanede Oluşan Dozların Bulguları

4.4.1. Kritik Organ Mesanede Oluşan D_{max} (cGy) Verilerin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planında Mesaneye ait D_{max} (cGy) verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 43 de gösterilmiştir.

Tablo 43: Mesaneye ait D_{max} (cGy) Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost	Vmat+Boost	VMAT-SIB	VMAT-SIB	3BKRT
	1 ark	2 ark	1 ark	2 ark	
1	5241,5	5419,5	5193,4	5189,2	5389
2	5480,8	5489,7	5508,9	5521,2	5456
3	5623,1	5524,5	5597,1	5599,3	5465
4	5422,3	5427,4	5439,3	5386,6	5280
5	5508,1	5567,9	5483,1	5625,8	5544
6	5061,8	5204,6	4990,2	4992,9	5309
7	5445,9	5552,3	5317,5	5241,7	5215
8	5488,8	5591,9	5771,3	5829,4	5479
9	5390,8	5372,3	5674,5	5610,3	5563
10	5047,1	5118,1	4980,4	5042,6	5091
11	5504,7	5576,3	5468,8	5540,4	5443
12	5382,8	5444,7	5186,2	5160,1	5195
13	5415,2	5487,7	5523,8	5576,6	5377
14	4958,2	4995,4	4865,8	4777,9	5112
15	5269,8	5380,2	5250,1	5174,1	5290

Tablo 44: Mesaneye ait D_{max} (cGy) değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları ($p=0,849$)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	5351,20	5350,02	5410,16	5349,39	5347,20
Medyan	5386,60	5439,30	5444,70	5415,20	5377,00
Minimum	4777,90	4865,80	4995,40	4958,20	5091,00
Maksimum	5829,40	5771,30	5591,90	5623,10	5563,00
Std. Sapma	$\pm 293,73$	$\pm 267,53$	$\pm 176,19$	$\pm 194,16$	$\pm 149,05$

Mesane D_{max} (cGy) değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p \geq 0,05$).

Mesane D_{max} (cGy) dozunun medyan değerleri bakımından en küçük değer 3BKRT ($5377,00 \pm 149,05$), en büyük değer VMAT 2 ark ($5444,70 \pm 176,19$) olarak bulunmuştur (Tablo 44).

4.4.2. Kritik Organ Mesanede Oluşan D_{ort} (cGy) Verilerin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planında Mesaneye ait D_{ort} (cGy) verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 45 de gösterilmiştir.

Tablo 45: Mesaneye ait D_{ort} (cGy) Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	3666,7	3221,3	3049,1	3189,9	3342
2	3374,3	3328,6	2666,1	2802,0	3505
3	2669,2	2458,1	2811,2	2826,8	3536
4	3385,9	3031,2	3141,9	3116,2	3688
5	2711,1	2671,0	2859,9	2919,6	3939
6	2724,1	2519,0	2711,8	2758,9	3767
7	3207,0	3141,7	3352,7	3223,1	3897
8	3196,5	3216,3	3230,1	3191,5	3929
9	3163,4	3400,4	2809,1	3020,8	4258
10	3127,8	3053,6	3362,1	3314,7	3575
11	2744,6	2851,4	2643,1	2929,9	3568
12	2914,4	3127,1	3098,5	3167,9	3493
13	2874,6	2944,7	3015,3	3036,2	3445
14	3205,0	3320,2	3137,6	3322,0	3599
15	2644,6	2782,4	2769,7	2839,5	3473

Tablo 46: Mesaneye ait D_{ort} (cGy) değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları ($p<0,001$)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	3043,93	2977,21	3004,46	3040,61	3667,60
Medyan	3036,20	3015,30	3053,60	3127,80	3575,00
Minimum	2758,90	2643,10	2458,10	2644,60	3342,00
Maksimum	3322,00	3362,10	3400,40	3666,70	4258,00
Std. Sapma	$\pm 189,77$	$\pm 241,83$	$\pm 294,24$	$\pm 311,55$	$\pm 245,58$

Mesane D_{ort} (cGy) değeri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ($p\leq 0,05$).

Mesane D_{ort} (cGy) dozunun ortalama değeri bakımından en küçük değer VMAT-SIB 1 ark ($2977,21 \pm 241,83$), en büyük değer 3BKRT ($3667,60 \pm 245,58$) olarak bulunmuştur (Tablo 46).

Tablo 47 de 5 farklı teknik için Mesanenin D_{ort} (cGy) değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 47: 5 farklı teknik için CTV₅₄'deki D_{max} değerinin ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	1,000
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	1,000
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	1,000
SIB 2 ark – 3BKRT	0,001
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	1,000
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	1,000
SIB 1 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	1,000
VMAT 2 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 1 ark – 3BKRT	0,001

4.4.3. Kritik Organ Mesanede Oluşan V₄₀ (%) Verilerin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planında Mesaneye ait V₄₀ (%) verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 48 de gösterilmiştir.

Tablo 48: Mesaneye ait V₄₀ (%) Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	34,40	23,11	18,41	17,84	19,54
2	28,35	27,95	17,29	17,47	31,20
3	13,40	14,21	14,91	15,15	26,91
4	30,66	24,55	24,62	24,46	41,44
5	19,12	17,17	20,01	20,34	44,48
6	13,89	14,19	13,71	14,02	38,62
7	26,74	24,22	30,75	24,90	47,95
8	28,13	27,77	28,31	25,53	44,35
9	24,99	25,09	20,03	19,76	58,30
10	19,94	20,70	24,72	25,16	34,52
11	15,18	15,98	15,71	15,63	30,24
12	26,22	26,31	25,22	25,64	29,53
13	20,70	22,66	21,92	21,89	26,86
14	21,84	24,04	24,47	23,18	31,80
15	15,52	16,55	19,72	19,53	29,98

Tablo 49: Mesaneye ait V₄₀ (%) değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları (p<0,001)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	20,700	21,320	21,633	22,605	35,714
Medyan	20,340	20,030	23,110	21,840	31,800
Minimum	14,020	13,710	14,190	13,400	19,540
Maksimum	25,640	30,750	27,950	34,400	58,300
Std. Sapma	±4,045	±4,977	±4,815	±6,507	±10,029

Mesane V₄₀ (%) değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır (p≤0,05).

Mesane V₄₀ (%) hacminin ortalama değerleri bakımından en küçük değer VMAT-SIB 2 ark (20,700 ± 4,045), en büyük değer 3BKRT (35,714 ± 10,029) olarak bulunmuştur (Tablo 49).

Tablo 50 de 5 farklı teknik için Mesanenin V₄₀ (%) değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 50: 5 farklı teknik için Mesanedeki V₄₀ (%) değerinin ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	1,000
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	1,000
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	1,000
SIB 2 ark – 3BKRT	0,001
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	1,000
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	1,000
SIB 1 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	1,000
VMAT 2 ark – 3BKRT	1,000
VMAT 1 ark – 3BKRT	0,001

4.4.4. Kritik Organ Mesanede Oluşan V₃₀ (%) Verilerin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planında Mesaneye ait V₃₀ (%) verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 51 de gösterilmiştir.

Tablo 51: Mesaneye ait V₃₀ (%) Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	78,88	44,94	44,78	47,39	43,80
2	59,82	52,52	34,49	33,28	44,80
3	26,84	24,15	29,91	27,14	46,11
4	53,61	38,95	44,17	42,76	54,38
5	32,18	27,47	35,61	34,32	61,96
6	32,24	29,29	31,34	31,59	57,39
7	53,27	49,28	59,25	52,83	67,39
8	48,35	46,48	47,15	44,65	72,65
9	51,57	60,18	38,53	40,22	75,86
10	43,80	41,65	57,39	54,10	59,25
11	32,68	31,30	30,80	32,89	46,41
12	41,53	44,39	47,37	46,31	46,37
13	35,07	37,92	38,09	37,78	47,29
14	53,74	57,43	53,08	59,42	63,34
15	30,23	29,43	37,25	35,52	43,84

Tablo 52: Mesaneye ait V_{30} (%) değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları ($p=0,466$)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	41,346	41,947	41,025	44,920	55,389
Medyan	40,220	38,530	41,650	43,800	54,380
Minimum	27,140	29,910	24,150	26,840	43,800
Maksimum	59,420	59,250	60,180	78,880	75,860
Std. Sapma	$\pm 9,358$	$\pm 9,476$	$\pm 11,155$	$\pm 14,090$	$\pm 10,957$

Mesane V_{30} (%) değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p \geq 0,05$).

Mesane V_{30} (%) hacminin ortalama değerleri bakımından en küçük değer VMAT 2 ark ($41,025 \pm 11,155$), en büyük değer 3BKRT ($55,389 \pm 10,957$) olarak bulunmuştur (Tablo 52).

4.5. Kritik Organ İnce Bağırsak da Oluşan Dozların Bulguları

4.4.1. Kritik Organ İnce Bağırsak da Oluşan D_{max} (cGy) Verilerin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planında İnce Bağırsağa ait D_{max} (cGy) verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 53 de gösterilmiştir.

Tablo 53: İnce Bağırsağa ait D_{max} (cGy) Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	5548,9	5681,1	5527,7	5557,9	5589
2	5611,7	5651,1	5747,1	5726,2	5621
3	4700,0	4864,8	4897,4	4871,6	5484
4	5288,5	5425,9	5246,4	5258,4	5353
5	5512,6	5436,9	5446,5	5437,9	5477
6	4857,0	4734,8	4923,0	4853,9	5237
7	5571,0	5568,2	5556,5	5575,8	5608
8	5613,6	5703,3	5713,3	5819,4	5723
9	4610,2	4863,8	4844,2	4824,3	5166
10	5614,5	5592,5	5752,4	5759,1	5538
11	5257,0	5260,4	5174,3	5303,3	5443
12	4781,9	4731,0	4854,8	4849,8	5034
13	5576,4	5644,7	5699,1	5645,3	5645
14	5036,3	4969,4	4932,9	4894,2	5324
15	4558,4	4490,7	4679,2	4762,1	5057

Tablo 54: İnce Bağırsağa ait D_{max} (cGy) değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları ($p=0,755$)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	5275,946	5266,320	5241,240	5209,200	5419,933
Medyan	5303,300	5246,400	5425,900	5288,500	5477,000
Minimum	4762,100	4679,200	4490,700	4558,400	5034,000
Maksimum	5819,400	5752,400	5703,300	5614,500	5723,000
Std. Sapma	$\pm 396,556$	$\pm 387,828$	$\pm 420,796$	$\pm 409,679$	$\pm 217,290$

İnce Bağırsak D_{max} (cGy) değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p \geq 0,05$).

İnce Bağırsak D_{max} (cGy) dozunun medyan değerleri bakımından en küçük değer VMAT-SIB 1 ark ($5246,400 \pm 387,828$), en büyük değer 3BKRT ($5477,000 \pm 217,290$) olarak bulunmuştur (Tablo 54).

4.5.2. Kritik Organ İnce Bağırsak da Oluşan D_{ort} (cGy) Verilerin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planında İnce Bağırsağa ait D_{ort} (cGy) verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 55 de gösterilmiştir.

Tablo 55: İnce Bağırsağa ait D_{ort} (cGy) Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	3099,2	3078,8	3461,4	3418,1	3135
2	1810,7	1828,5	1835,4	1791,2	1667
3	1410,4	1377,6	1414,2	1383,5	1552
4	3080,2	2820,4	2985,8	2982,4	3055
5	1718,1	1653,6	1736,4	1731,3	1661
6	1645,8	1559,1	1638,9	1607,8	1509
7	2830,4	2832,4	2872,3	2799,1	2965
8	1757,8	1764,5	1771,3	1771,4	1763
9	830,10	856,50	835,80	823,00	932
10	2966,2	2932,7	2940,2	2932,5	2940
11	2244,9	2194,4	2213,1	2206,4	2348
12	2214,1	2253,7	2284,0	2302,7	2003
13	2795,3	2767,4	2936,1	2922,4	3173
14	1560,7	1555,2	1547,8	1579,6	1365
15	1364,1	1393,0	1653,4	1588,1	1574

Tablo 56: İnce Bağırsağa ait D_{ort} (cGy) değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları ($p=0,988$)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	2122,633	2141,740	2057,853	2088,533	2109,466
Medyan	1791,200	1835,400	1828,500	1810,700	1763,000
Minimum	823,000	835,800	856,500	830,100	932,000
Maksimum	3418,100	3461,400	3078,800	3099,200	3173,000
Std. Sapma	$\pm 740,529$	$\pm 744,301$	$\pm 691,843$	$\pm 718,728$	$\pm 755,099$

İnce Bağırsak D_{ort} (cGy) değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p \geq 0,05$).

İnce Bağırsak D_{ort} (cGy) dozunun medyan değerleri bakımından en küçük değer 3BKRT ($1763,000 \pm 755,099$), en büyük değer VMAT-SIB 1 ark ($1835,400 \pm 744,301$) olarak bulunmuştur (Tablo 56).

4.5.3. Kritik Organ İnce Bağırsak da Oluşan V₄₀ (%) Verilerin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planında İnce Bağırsağa ait V₄₀ (%) verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 57 de gösterilmiştir.

Tablo 57: İnce Bağırsağa ait V₄₀ (%) Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	25	23,47	33,03	32,94	34,53
2	18,81	18,84	18,79	17,65	22,28
3	2,15	1,59	1,91	1,6	7,77
4	35,21	28,54	32,64	32,14	44,44
5	16,85	13,46	16,99	16,58	19,08
6	2,67	2,59	2,58	2,67	5
7	25,58	24,73	25,57	23,56	35,4
8	24,85	24,87	24,19	24,34	28,28
9	0,4	0,53	0,24	0,28	3,88
10	34,25	33,48	33,71	33,32	40,57
11	12,25	10,31	10,54	10,91	21,84
12	17,65	18,84	18,14	18,18	20,32
13	32,11	29,9	37,12	35,9	46,78
14	6,83	6,38	6	6,09	8,02
15	0,38	0,43	4,44	4,47	6,34

Tablo 58: İnce Bağırsağa ait V₄₀ (%) değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları (p=0,606)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	17,375	17,726	15,864	16,999	22,968
Medyan	17,650	18,140	18,840	17,650	21,840
Minimum	0,280	0,240	0,430	0,380	3,880
Maksimum	35,900	37,120	33,480	35,210	46,780
Std. Sapma	±12,645	±12,940	±11,597	±12,432	±14,871

İnce Bağırsak V₄₀ (%) değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur (p≥0,05).

İnce Bağırsak V₄₀ (%) hacminin ortalama değerleri bakımından en küçük değer VMAT 2 ark (15,864 ± 11,597), en büyük değer 3BKRT (22,968 ± 14,871) olarak bulunmuştur (Tablo 58).

4.6. Kritik Organ Sol Femur Başında Oluşan Dozların Bulguları

4.6.1. Kritik Organ Sol Femur Başı için D_{max} (cGy) Verilerin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planında Sol Femur Başı için D_{max} verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 59 da gösterilmiştir.

Tablo 59: Sol Femur Başı için D_{max} Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost	Vmat+Boost	VMAT-SIB	VMAT-SIB	3BKRT
	1 ark	2 ark	1 ark	2 ark	
1	4068,3	3875,2	3895,9	3971,3	4294
2	3733,4	3917,7	3621,4	3736,3	3908
3	4255,3	4136,9	3954,3	3956,7	4667
4	4005,5	3720,2	3717,1	3694,8	4594
5	4140,7	4049,5	3685,0	3658,8	3703
6	3619,7	3700,8	3511,3	3553,3	4443
7	3592,7	3518,7	3857,6	3523,3	3926
8	3866,3	3911,8	4084,7	3819,3	4173
9	4052,4	4204,8	4122,3	4078,0	4554
10	3897,3	3821,6	3779,7	3861,6	4115
11	3842,5	3981,6	3696,8	3819,8	4077
12	3575,9	3753,6	3728,4	3768,4	4323
13	2312,5	2327,5	3263,6	3117,2	3738
14	3709,4	3774,4	3606,7	3598,1	4035
15	3628,2	3793,2	3652,2	3682,2	3616

Tablo 60: Sol Femur Başı için D_{max} değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları ($p=0,004$)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	3722,606	3745,133	3765,833	3753,340	4144,400
Medyan	3736,300	3717,100	3821,600	3842,500	4115,000
Minimum	3117,200	3263,600	2327,500	2312,500	3616,000
Maksimum	4078,000	4122,300	4204,800	4255,300	4667,000
Std. Sapma	$\pm 229,943$	$\pm 219,506$	$\pm 435,398$	$\pm 452,360$	$\pm 332,462$

Sol Femur Başı için D_{max} değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ($p \leq 0,05$).

Sol Femur Başı için D_{max} dozunun medyan değerleri bakımından en küçük değer VMAT-SIB 1 ark ($3717,100 \pm 219,506$), en büyük değer 3BKRT ($4115,000 \pm 332,462$) olarak bulunmuştur (Tablo 60).

Tablo 61 de 5 farklı teknik için Sol Femur Başı için D_{max} değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 61: 5 farklı teknik için Sol Femur Başı için D_{max} değerinin ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	0,917
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	0,165
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	0,351
SIB 2 ark – 3BKRT	0,001
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	0,165
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	0,494
SIB 1 ark – 3BKRT	0,002
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	0,820
VMAT 2 ark – 3BKRT	0,015
VMAT 1 ark – 3BKRT	0,008

4.6.2. Kritik Organ Sol Femur Başı için D_{ort} (cGy) Verilerin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planında Sol Femur Başı için D_{ort} verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 62 de gösterilmiştir.

Tablo 62: Sol Femur Başı için D_{ort} Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	1893,7	1865,4	1835,3	1738,7	2676
2	1812,6	1601,6	1867,2	1617,6	2239
3	1806,1	1849,7	1819,6	1604,9	2485
4	2173,1	2006,1	2097,7	1979,1	2742
5	1899,2	1633,6	1805,6	1561,5	2364
6	2248,6	2004,5	2183,0	1936,7	2734
7	1823,3	1958,2	1954,9	1893,2	1706
8	1787,5	1847,1	1791,5	1645,7	2757
9	2053,8	1817,6	2166,0	1882,4	2716
10	1892,7	1829,3	1792,1	1684,8	2034
11	1962,5	1735,0	1742,8	1805,9	2700
12	2107,1	2062,7	2082,1	1926,4	3077
13	1382,5	1486,6	2226,8	2039,5	3493
14	2326,1	2160,1	2197,2	2107,4	2357
15	1854,1	1828,2	2148,2	1858,9	1964

Tablo 63: Sol Femur Başı için D_{ort} değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları (p<0,001)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	1818,846	1980,666	1845,713	1934,860	2536,266
Medyan	1858,900	1954,900	1847,100	1893,700	2676,000
Minimum	1561,500	1742,800	1486,600	1382,500	1706,000
Maksimum	2107,400	2226,800	2160,100	2326,100	3493,000
Std. Sapma	±169,305	±180,077	±180,690	±229,111	±450,272

Sol Femur Başı için D_{ort} değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ($p \leq 0,05$).

Sol Femur Başı için D_{ort} dozunun medyan değerleri bakımından en küçük değer VMAT 2 ark (1847,100 ± 180,690), en büyük değer 3BKRT (2676,000 ± 450,272) olarak bulunmuştur (Tablo 63).

Tablo 64 de 5 farklı teknik için Sol Femur Başı için D_{ort} değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 64: 5 farklı teknik için Sol Femur Başı için D_{ort} değerinin ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	0,044
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	0,787
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	0,141
SIB 2 ark – 3BKRT	0,001
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	0,120
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	0,885
SIB 1 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	0,272
VMAT 2 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 1 ark – 3BKRT	0,001

4.6.3. Kritik Organ Sol Femur Başı için V₂₀ (%) Verilerin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planında Sol Femur Başı için V₂₀ (%) verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 65 de gösterilmiştir.

Tablo 65: Sol Femur Başı için V₂₀ (%) Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	39,88	40,16	44,00	36,36	80,55
2	48,41	34,74	54,42	36,55	65,19
3	51,24	48,25	54,38	33,22	73,56
4	73,51	58,85	71,84	53,16	81,74
5	59,96	30,49	64,13	27,61	71,99
6	76,20	45,05	70,19	44,46	80,64
7	47,57	54,35	53,59	47,75	44,57
8	43,14	41,07	45,51	31,70	86,55
9	56,76	35,69	65,75	39,03	82,41
10	49,05	44,37	42,45	36,78	57,46
11	52,33	30,51	40,58	34,62	83,46
12	56,51	47,38	51,84	38,12	97,06
13	1,220	0,480	66,92	50,09	100,0
14	90,29	62,01	75,59	59,75	73,86
15	44,36	32,80	76,23	45,56	51,95

Tablo 66: Sol Femur Başı için V₂₀ (%) değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları (p<0,001)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	40,984	58,494	40,413	52,695	75,399
Medyan	38,120	54,420	41,070	51,240	80,550
Minimum	27,610	40,580	,480	1,220	44,570
Maksimum	59,750	76,230	62,010	90,290	100,000
Std. Sapma	±8,858	±12,351	±14,764	±19,852	±15,470

Sol Femur Başı için V₂₀ (%) değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır (p≤0,05).

Sol Femur Başı için V₂₀ (%) hacminin medyan değerleri bakımından en küçük değer VMAT-SIB 2 ark (38,120 ± 8,858), en büyük değer 3BKRT (80,550± 15,470) olarak bulunmuştur (Tablo 66).

Tablo 57 de 5 farklı teknik için Sol Femur Başı için V₂₀ (%) değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 67: 5 farklı teknik için Sol Femur Başı için V₂₀ (%) değerinin ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	0,017
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	1,000
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	0,326
SIB 2 ark – 3BKRT	0,001
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	0,012
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	0,253
SIB 1 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	0,253
VMAT 2 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 1 ark – 3BKRT	0,001

4.7. Kritik Organ Sağ Femur Başında Oluşan Dozların Bulguları

4.7.1. Kritik Organ Sağ Femur Başı için D_{max} (cGy) Verilerin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planında Sağ Femur Başı için D_{max} verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 68 de gösterilmiştir.

Tablo 68: Sağ Femur Başı için D_{max} Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	4097,6	4053,0	3909,4	3939,0	4455
2	3641,8	3806,6	3751,1	3672,7	4100
3	4258,3	3957,8	4025,2	3834,6	3862
4	3815,2	3453,1	3683,5	3566,4	4527
5	3909,9	3691,9	3693,2	3608,5	3613
6	3840,3	3554,4	3674,5	3619,4	4442
7	3870,5	3779,8	3982,2	3598,6	3846
8	3856,3	3881,1	3963,9	3736,7	4148
9	3790,1	3884,8	3815,2	3832,6	4480
10	4157,5	4138,7	4119,3	4060,9	4533
11	3948,6	3875,5	3910,5	3751,3	4087
12	4038,7	3989,7	3940,2	3998,8	4073
13	2270,9	2417,7	3296,4	3400,6	3772
14	3869,9	3833,5	3724,1	3645,6	3982
15	3995,0	3862,4	3719,0	3674,5	3680

Tablo 69: Sağ Femur Başı için D_{max} değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları ($p=0,005$)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	3729,346	3813,846	3745,333	3824,040	4106,666
Medyan	3674,500	3815,200	3862,400	3870,500	4087,000
Minimum	3400,600	3296,400	2417,700	2270,900	3613,000
Maksimum	4060,900	4119,300	4138,700	4258,300	4533,000
Std. Sapma	$\pm 177,362$	$\pm 200,530$	$\pm 407,327$	$\pm 457,091$	$\pm 318,027$

Sağ Femur Başı için D_{max} değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ($p \leq 0,05$).

Sağ Femur Başı için D_{max} dozunun medyan değerleri bakımından en küçük değer VMAT-SIB 2 ark ($3674,500 \pm 177,362$), en büyük değer 3BKRT ($4087,000 \pm 318,027$) olarak bulunmuştur (Tablo 69).

Tablo 70 da 5 farklı teknik için Sağ Femur Başı için D_{max} değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 70: 5 farklı teknik için Sağ Femur Başı için D_{max} değerinin ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	0,115
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	0,191
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	0,017
SIB 2 ark – 3BKRT	0,001
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	0,983
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	0,281
SIB 1 ark – 3BKRT	0,017
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	0,330
VMAT 2 ark – 3BKRT	0,021
VMAT 1 ark – 3BKRT	0,110

4.7.2. Kritik Organ Sağ Femur Başı için D_{ort} (cGy) Verilerin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planında Sağ Femur Başı için D_{ort} verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 71 de gösterilmiştir.

Tablo 71: Sağ Femur Başı için D_{ort} Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	1936,3	1844,0	1630,1	1657,2	2831
2	1484,9	1685,2	1485,8	1683,6	2156
3	1503,0	1814,4	1539,6	1592,1	2272
4	1999,6	2097,4	1966,5	2117,4	2648
5	1451,7	1621,8	1375,6	1495,2	2298
6	1851,1	1980,0	1795,2	1898,1	2572
7	1806,1	1945,2	1813,0	1884,7	1735
8	1644,6	1662,1	1786,7	1825,0	2386
9	1558,3	1765,2	1840,6	2035,5	2788
10	1717,2	1897,1	1748,1	1876,8	1892
11	1725,2	1889,7	1602,1	1724,7	2161
12	1945,9	1993,2	1911,3	1989,7	2033
13	1416,0	1453,2	2268,5	2100,8	3447
14	1780,2	1951,3	1756,0	1947,3	2750
15	1797,4	1772,9	1670,7	1785,0	2028

Tablo 72: Sağ Femur Başı için D_{ort} değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları ($p<0,001$)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	1840,873	1745,986	1824,846	1707,833	2399,800
Medyan	1876,800	1756,000	1844,000	1725,200	2298,000
Minimum	1495,200	1375,600	1453,200	1416,000	1735,000
Maksimum	2117,400	2268,500	2097,400	1999,600	3447,000
Std. Sapma	$\pm 184,891$	$\pm 216,116$	$\pm 168,749$	$\pm 190,228$	$\pm 444,257$

Sağ Femur Başı için D_{ort} değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ($p\leq 0,05$).

Sağ Femur Başı için D_{ort} dozunun ortalama değerleri bakımından en küçük değer VMAT 1 ark ($1707,833 \pm 190,228$), en büyük değer 3BKRT ($2399,800 \pm 444,257$) olarak bulunmuştur (Tablo 72).

Tablo 73 de 5 farklı teknik için Sağ Femur Başı için D_{ort} değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 73: 5 farklı teknik için Sağ Femur Başı için D_{ort} değerinin ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	1,000
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	1,000
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	1,000
SIB 2 ark – 3BKRT	0,001
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	1,000
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	1,000
SIB 1 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	1,000
VMAT 2 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 1 ark – 3BKRT	0,001

4.7.3. Kritik Organ Sağ Femur Başı için V₂₀ (%) Verilerin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planında Sağ Femur Başı için V₂₀ (%) verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 74 de gösterilmiştir.

Tablo 74: Sağ Femur Başı için V₂₀ (%) Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	37,33	37,47	23,58	30,75	85,85
2	23,06	35,75	20,42	36,17	61,01
3	25,4	43,30	23,85	34,12	66,05
4	51,24	63,54	45,09	66,11	76,53
5	23,21	33,84	20,40	30,40	70,04
6	31,05	46,79	30,54	44,26	74,00
7	36,83	48,69	34,08	46,49	46,43
8	24,61	36,52	33,06	42,33	71,93
9	21,65	31,65	29,33	43,31	84,48
10	37,02	48,65	36,76	47,68	49,68
11	30,32	46,33	26,84	37,81	62,99
12	43,75	48,47	37,19	50,73	55,23
13	0,48	0,56	81,37	61,51	100
14	28,32	39,13	26,39	40,13	88,35
15	28,89	28,82	27,09	35,62	53,62

Tablo 75: Sağ Femur Başı için V₂₀ (%) değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları (p<0,001)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	43,161	33,066	39,300	29,544	69,746
Medyan	42,330	29,330	39,130	28,890	70,040
Minimum	30,400	20,400	0,560	0,480	46,430
Maksimum	66,110	81,370	63,540	51,240	100,000
Std. Sapma	±10,337	±14,986	±13,865	±11,580	±15,490

Sağ Femur Başı için V₂₀ (%) değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır (p≤0,05).

Sağ Femur Başı için V₂₀ (%) hacminin medyan değerleri bakımından en küçük değer VMAT 1 ark (28,890 ± 11,580), en büyük değer 3BKRT (70,040 ± 15,490) olarak bulunmuştur (Tablo 75).

Tablo 76 da 5 farklı teknik için Sağ Femur Başı için V₂₀ (%) değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 76: 5 farklı teknik için Sağ Femur Başı için V₂₀ (%) değerinin ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	0,002
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	0,694
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	0,002
SIB 2 ark – 3BKRT	0,001
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	0,015
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	0,885
SIB 1 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	0,014
VMAT 2 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 1 ark – 3BKRT	0,001

4.8. Kritik Organ Spinal Cord da Oluşan Dozların Bulguları

4.8.1. Kritik Organ Spinal Cord için D_{max} Verilerin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planında Spinal Cord için D_{max} verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 77 de gösterilmiştir.

Tablo 77: Spinal Cord için D_{max} Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	1143,2	1454,8	1544,9	1551,1	680
2	2851,4	2961	3027,3	2876,7	3251
3	3847,3	3246,1	3391,1	3300,7	4478
4	4009,7	2560,1	3498,6	3398,7	4111
5	2071,2	1661,8	2033,8	1875,4	1742
6	1340,5	1215,4	1438,1	1144,7	2691
7	4215,5	4065,8	4270,4	3847,3	4908
8	3649,2	3408,9	3571,9	3338,6	4061
9	640,8	684,1	610,9	648,5	371
10	3682,6	3652,1	3609,9	3526,8	4285
11	2494	2365,6	2408	2343,4	1483
12	1982,4	2209,3	2175,7	2323,5	1940
13	4044,9	2713,6	3654,1	3564,5	4287
14	3211	3224,4	3171,5	3208,9	3666
15	656,6	691	739,7	628,8	1565

Tablo 78: Spinal Cord için D_{max} değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları ($p=0,846$)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	2505,173	2609,726	2407,600	2656,020	2901,266
Medyan	2876,700	3027,300	2560,100	2851,400	3251,000
Minimum	628,800	610,900	684,100	640,800	371,000
Maksimum	3847,300	4270,400	4065,800	4215,500	4908,000
Std. Sapma	$\pm 1099,066$	$\pm 1140,955$	$\pm 1066,972$	$\pm 1278,923$	$\pm 1495,448$

Spinal Cord için D_{max} değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p \geq 0,05$).

Spinal Cord için D_{max} dozunun ortalama değerleri bakımından en küçük değer VMAT 2 ark ($2407,600 \pm 1066,972$), en büyük değer 3BKRT ($2901,266 \pm 1495,448$) olarak bulunmuştur (Tablo 78).

4.7.2. Kritik Organ Spinal Cord için D_{ort} Verilerin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planında Spinal Cord için D_{ort} verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 79 da gösterilmiştir.

Tablo 79: Spinal Cord için D_{ort} Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	187,1	199,1	214,4	231,9	76
2	310,9	314,2	313,1	310,6	246
3	858,5	766,5	802,3	790,2	1037
4	633,5	422	577,5	586,1	367
5	248,1	232,4	248	236,7	121
6	198,4	277,2	311,8	286,1	263
7	1232,9	1192,9	1320,8	1169,1	1072
8	686,5	669,3	690,5	661,1	428
9	145,6	149,6	144,3	147,1	67
10	964,5	973,3	996,9	951,2	876
11	390,3	357,3	383,1	350,5	148
12	264,3	283,1	290,2	309,3	137
13	838,1	637,3	848,5	810,4	722
14	375,9	367,2	372,6	364,5	251
15	201,5	209,1	234,4	220,2	158

Tablo 80: Spinal Cord için D_{ort} değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları ($p=0,636$)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	495,000	516,560	470,033	502,406	397,933
Medyan	350,500	372,600	357,300	375,900	251,000
Minimum	147,100	144,300	149,600	145,600	67,000
Maksimum	1169,100	1320,800	1192,900	1232,900	1072,000
Std. Sapma	$\pm 312,543$	$\pm 344,139$	$\pm 310,993$	$\pm 341,637$	$\pm 352,445$

Spinal Cord için D_{ort} değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p \geq 0,05$).

Spinal Cord için D_{ort} dozunun medyan değerleri bakımından en küçük değer 3BKRT ($251,000 \pm 352,445$) en büyük değer VMAT 1 ark ($375,90 \pm 341,637$) olarak bulunmuştur (Tablo 80).

4.9. Kritik Organ Spinal Cord da Oluşan Dozların Bulguları

4.9.1. Total Vücuttaki Maksimum Doz Verilerin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planında vücuttaki maksimum doz verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 81 de gösterilmiştir.

Tablo 81: Vücuttaki Maksimum Doz Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	5698,8	5797,6	5791,4	5818,0	5610,6
2	5761,8	5693,6	5786,2	5836,6	5621,3
3	5729,5	5745,7	5723,3	5701,1	5578,6
4	5640,1	5732,5	5658,7	5766,3	5553,9
5	5770,4	5765,3	5650	5804,1	5665,8
6	5704,8	5738,6	5757,6	5743,6	5515,7
7	5641,5	5650,6	5668,2	5685,7	5608,3
8	5680,3	5727,0	5771,3	5829,4	5722,9
9	5872,5	5718,3	5823,7	5733,5	5624,3
10	5719,0	5622,2	5789,1	5806,9	5628,5
11	5698,5	5692,6	5660,5	5651,8	5573,4
12	5738,5	5665,8	5799,4	5822,4	5497,7
13	5632,5	5721,4	5794,6	5804,0	5645,1
14	5722,5	5613,3	5743,6	5810,1	5455,2
15	5823,2	5724,8	5668,8	5697,2	5527,6

Tablo 82: Vücuttaki Maksimum Doz değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları (p<0,001)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	5767,380	5739,093	5707,286	5722,260	5588,593
Medyan	5804,000	5757,600	5721,400	5719,000	5608,300
Minimum	5651,800	5650,000	5613,300	5632,500	5455,200
Maksimum	5836,600	5823,700	5797,600	5872,500	5722,900
Std. Sapma	±60,572	±61,832	±51,436	±66,266	±70,012

Vücuttaki Maksimum Doz değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ($p \leq 0,05$).

Vücuttaki Maksimum Doz, medyan değerleri bakımından en küçük değer 3BKRT ($5608,300 \pm 70,012$) en büyük değer VMAT-SIB 2 ark ($5804,000 \pm 60,572$) olarak bulunmuştur (Tablo 82).

Tablo 83 de 5 farklı teknik için Vücuttaki Maksimum Doz değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 83: 5 farklı teknik için Vücuttaki Maksimum Doz değerinin ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p – değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	0,115
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	0,008
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	0,071
SIB 2 ark – 3BKRT	0,001
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	0,130
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	0,290
SIB 1 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	0,724
VMAT 2 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 1 ark – 3BKRT	0,001

4.10. Kritik Organ Spinal Cord da Oluşan Dozların Bulguları

4.10.1. Monitor Unit (MU) Verilerinin Sonuçları

15 rektum kanserli hastada yapılmış olan 5 farklı tedavi planında Monitor Unit verilerinin sonuçları aşağıdaki Tablo 84 de gösterilmiştir.

Tablo 84: Monitor Unit Verilerinin Sonuçları

Hasta No	VMAT+Boost 1 ark	Vmat+Boost 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT-SIB 2 ark	3BKRT
1	1218,47	1157	543,63	541,57	710
2	941,65	1060,06	576,97	556,8	691
3	1178,6	1354,43	520,2	612,93	646,1
4	877,79	1120,04	505,43	565,88	659
5	1061,8	1206,79	539,62	591,95	721
6	981,9	1192,73	562,21	590,31	646
7	907,39	1065,03	511,83	571,52	689,7
8	1104,2	1256,7	511,23	557,56	646
9	1344,07	1406,49	720,05	672,37	704
10	928,46	1031,65	481,89	529,35	670
11	957,02	1077,01	562,77	569,7	703
12	1049,62	1058,36	500,92	560,54	713
13	1048,36	1243,34	486,02	531,65	688
14	986,3	1010,69	535,74	533,23	744
15	1036,69	911,58	573,16	616,72	729

Tablo 85: Monitor Unit değeri yapılan 5 farklı tedavi planı için istatistiksel analiz sonuçları (p<0,001)

	VMAT-SIB 2 ark	VMAT-SIB 1 ark	VMAT 2 ark	VMAT 1 ark	3BKRT
Ortalama	573,472	542,111	1143,460	1041,488	690,653
Medyan	565,880	535,740	1120,040	1036,690	691,000
Minimum	529,350	481,890	911,580	877,790	646,000
Maksimum	672,370	720,050	1406,490	1344,070	744,000
Std. Sapma	±38,674	±57,871	±134,250	±127,451	±31,453

Monitor Unit değerleri, yapılan 5 farklı teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır (p≤0,05).

Monitor Unit, medyan değerleri bakımından en küçük değer VMAT-SIB 1 ark (535,740 ± 57,871) en büyük değer VMAT 2 ark (1120,040 ± 134,250) olarak bulunmuştur (Tablo 85).

Tablo 86 da 5 farklı teknik için Monitor Unit değerlerinin ikili karşılaştırma sonuçları verilmiştir.

Tablo 86: 5 farklı teknik için Vücuttaki Maksimum Doz değerinin ikili karşılaştırma sonuçları

Karşılaştırılan Teknikler	p - değerleri
SIB 2 ark – SIB 1 ark	0,026
SIB 2 ark – VMAT 2 ark	0,001
SIB 2 ark – VMAT 1 ark	0,001
SIB 2 ark – 3BKRT	0,001
SIB 1 ark – VMAT 2 ark	0,001
SIB 1 ark – VMAT 1 ark	0,001
SIB 1 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 2 ark – VMAT 1 ark	0,026
VMAT 2 ark – 3BKRT	0,001
VMAT 1 ark – 3BKRT	0,001

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Radyoterapi uygulamalarındaki amaç, kritik organ ve sağlıklı dokuları (OAR) olabildiğince koruyarak vermek istenilen dozun tamamını hedef tümör hacmine vermektir (ICRU, 2010). Geleneksel RT tekniğiyle başlayan bu süreç zamanla teknolojinin de ilerlemesiyle, farklı yoğunluğa sahip ışın demetleri kullanan, yoğunluğa ve hacime göre tedavi eden YART ve VMAT ile devam etmiş, OAR ve hedef hacim için istenilen tedaviyi mümkün kılmıştır (Baltaş, 2016).

Rektum kanserinin yerleşim yerinden ve kritik organlara yakın komşuluğu nedeniyle, tümöre istenilen dozu verirken kritik organları korumak zor olabilir. Ayrıca bunu sağlarken saçılan dozların miktarı da ikincil bir kanser oranını arttırmamak için düşük tutulması çok önemlidir. Tüm pelvis ışınlanması yapılan yüksek riskli rektum kanserleri (WPRT-tüm pelvik radyoterapisi), hacimsel olarak büyük olduğundan dolayı zorlu bir planlama süreci sunar ve düzensiz şekilli hedef hacimler nedeniyle atnalına benzeyen PTV'ler, ince bağırsağın büyük bir kısmı, mesane ve rektum hacimleri oluşturulur. Farklı makaleler de rektum kanserli hastalar için VMAT planlama tekniği uygulansa da YART planlama tekniğinin uygulanabilirliği ve potansiyel avantajları da gösterilmiştir (Nijkamp ve ark., 2009; Sanghera ve ark., 2008; Valentini ve ark., 2002; Wu ve ark., 2003). Buna rağmen yapılan çalışmalarda OAR'larda oluşan akut yan etkiyi en aza indirmek için pelvik nodal ışınlamalarda VMAT, rektum kanseri için hiperfraksiyon SIB planlama tekniklerine odaklanılmıştır. Plan optimizasyonunun SIB tekniğinde hemen hemen aynı bölgeye verilen farklı dozlar sebebiyle, çevredeki normal dokulara dozu en aza indirirken istenilen dozu birincil tümöre verebilmek için SIB planlarındaki doz akışının daha fazla olmasını gerektirir (Cilla ve ark., 2014). SIB tekniği sayesinde boost hacmi dışındaki seçilmiş

hacim dozları düşük tutulurken hedef boost hacmine fraksiyon başına yüksek doz seviyesi, tümör hacmi etrafında saçılan daha düşük doz seviyesi, daha düşük tedavi süresi ve daha yüksek radyobiolojik etki bu teknikle sağlanabilir. Yaptığımız bu çalışmada rektum kanserli hastalarda ek tedavili planlama teknikleri için CTV₄₅, CTV₅₀, GTV₅₄ ve eş zamanlı tedavi planlama teknikleri için CTV_{45,9}, CTV₅₀, GTV₅₄'ün %98'lik hacmi reçete edilen dozun %100'ünü alması koşuluyla kritik organ dozlarını inceledik.

S.Cilla ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada (Cilla ve ark., 2014), SIB-VMAT ve SIB- YART tekniği karşılaştırılmış ve SIB-VMAT TPT hedef volüm saçılmalarında daha iyi fakat YART planları kritik organları çok küçük bir farkla SIB-VMAT TPT'ne göre daha iyi koruduğunu bildirmişlerdir. Yüksek riskli rektum kanserleri için özellikle ince bağırsak da 15 Gy altındaki tüm doz seviyeleri için büyük kazanımlar elde edildiğini vurgulamışlardır (Bağlan ve ark., 2002; Kavanagh ve ark., 2010).

S. Cilla ve arkadaşlarının yaptığı bir diğer çalışmada SIB-VMAT ve SIB-YART planlarının dozimetrik karşılaştırılması yapılmış. Sonuç olarak, VMAT SIB planlarının mükemmel dozimetrik sonuçlar verdiğini ve tümöre istenilen dozu verirken risk altındaki organların daha iyi koruyan tekniğin bu modern tedavi planlama tekniğin olduğu söylemişlerdir (Cilla ve ark., 2014). Bizim yaptığımız bu çalışmada da literatüre benzer şekilde sonuçlar elde edilmiştir. Hedef volüm dozlarımızın %98'i CTV₄₅'de VMAT SIB 1 ark, CTV₅₀'de VMAT SIB 2 ark ve GTV₅₄'de VMAT SIB 1 ark daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Jun Zhao ve arkadaşlarının (Zhao ve ark., 2015) rektum kanseri hastaları üzerinde yapmış olduğu dozimetrik karşılaştırmada üç farklı planlama tekniği kullanılmıştır (VMAT, YART, 3BKRT). Çalışmanın sonucu normal ve riskli dokuları YART planlama tekniğinin daha iyi koruduğunu, PTV-GTV'yi YART planlama tekniğinin daha iyi sardığını, PTV-CTV'yi de VMAT TPT daha iyi sardığını bildirmişlerdir. Bizim yaptığımız çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Riskli organlar, hedef tümör hacimleri CTV ve GTV için VMAT-SIB planları çok az farkla da olsa daha iyi kapsamaktadır (p<0.001). Ayrıca Jun Zhao ve arkadaşları CI değerlerini de incelemiş ve 3 farklı planlama teknikleri arasında PTV-G için YART

teknığının, PTV-C için ise VMAT tekniğinin daha iyi olduğunu ve her iki teknikte 3BKRT tekniğine göre daha iyi sonuç verdiğini söylemişlerdir.

CN formülü CI formülünün geliştirilmiş hali olduğu için bizim yaptığımız çalışmada CN formülü kullanılmıştır. Buna göre yaptığımız planların CN değerlerini incelediğimizde yapılan 5 farklı TPT arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark çıkmasa da literatürle benzer olacak şekilde sonuçlar elde edilmiştir (Cilla ve ark., 2014; Zhao ve ark., 2015). Yapılan 5 farklı TPT tekniğinde çok küçük de olsa CTV₄₅ için VMAT 1 ark (1,0510±0,00239), CTV₅₀ için VMAT-SIB 1 ark (1,053±0,000352), GTV₅₄ için ise VMAT SIB 1 ark (1,053±0,001) kabul edilebilir sonuçlar vermiştir. İstatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmaması ve CN sonuçlarımızın 1'e yakın çıkması yaptığımız çalışmada kullandığımız bütün tekniklerin hedef tümör hacimdeki doz sarması tam olarak istenildiği gibi olduğunu gösterir.

Jun Zhao ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada HI değeri sadece PTV-G de incelenmiş gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark çıkmamakla birlikte bütün teknikler aynı sonucu verdiğini söylemişlerdir (Zhao ve ark., 2015). Farklı bir çalışma, S. Cilla ve arkadaşları (2012) yaptığı çalışmada, HI değerlerini incelemişler ve genel olarak YART planlarının daha iyi sonuç verdiğini söylemişlerdir (Cilla ve ark., 2012). Fakat bizim yaptığımız planların HI değerlerini incelediğimizde literatürle benzer sonuçlar elde edilmemiştir. Yapılan 5 farklı TPT CTV₄₅ ve CTV₅₀ de istatistiksel olarak anlamlı bir fark çıksa da GTV₅₄ için istatistiksel olarak anlamlı bir fark çıkmadığı görülmüştür. Yapılan 5 farklı TPT tekniklerinde CTV₄₅ için VMAT SIB 1 ark (0,18307±0,0087), CTV₅₀ için 3BKRT (0,083±0,0154) ve GTV₅₄ için ise VMAT SIB 1 ark (0,029±0,010) daha iyi sonuç vermiştir.

Galloher ve arkadaşlarının (Gallagher ve ark., 1986) yapmış olduğu çalışmada, ışınlanan bağırsak ve mesanenin aldığı radyasyon dozu incelenmiş ve istenilen optimal doz seviyesinin sağlanabildiği bildirilmiştir. Bizim de kliniğimizde yaptığımız çalışmada, kritik organlardan mesanenin dozuna baktığımızda, Galloher ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmaya benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca RTOG 0822 protokolüne uygun doz değerleri de elde edilmiştir. Mesanenin V₄₀ (%) hacminin bakıldığında yaptığımız bütün teknikler istenilen doz seviyesinde mesaneyi korumayı başarsa da, VMAT-SIB 2 ark ile 3BKRT, VMAT-SIB 1 ark ile 3BKRT,

VMAT 1 ark ile 3BKRT teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farkın olduğu görülmüştür ($p < 0,001$). Çok az farklılıkla en iyi koruyan TPT VMAT-SIB 2 ark olarak bulunmuştur. Bunun sebebi, ilk aşamadan itibaren yüksek doz seviyesine ek tedavi planı olmadan çıkılması nedeniyle ek tedavi birleşiminden gelen küçük doz saçılmalarının olmaması ve böylece mesane içinde saçılan doz seviyesinin de azaldığı düşünülmektedir.

Tüm pelvis ışınlaması yapılan rektum kanserleri için paraaortik alanda 50-55 Gy radyasyon dozu uygulandığında ince bağırsağın hasar oranı %15 - %25 arasında iken, 40 Gy ile 45 Gy arasında radyasyon dozu uygulandığında daha iyi tolere edilebilir olduğu görülmüştür (Pilepich ve ark., 1987; Potish ve ark., 1979). İnce bağırsağın V40 hacmi 40 Gy üzerinde doz aldığı anda komplikasyon oranında artış görülmektedir (Perez ve Brady, 1997). Bu nedenle bizim yaptığımız çalışmada da ince bağırsağın V40 hacminin aldığı doz 40 Gy altında tutulması amaçlanarak planlamalar yapılmıştır. Bir başka yapılan çalışmada, Richetti ve arkadaşları 25 rektum kanserli hasta üzerinde VMAT ve 3BKRT tedavi planlamasının sonuçlarını bildirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda hedef tümör volümüne daha düşük doz, femur başlarını daha iyi koruma, sağlıklı dokuya daha düşük doz veren TPT VMAT olduğunu vurgulamıştır. Akut etkinin ise VMAT TPT ile tedavi edilen hastaların %40'ında 1-2 diyare evresi, %8'inde 3. diyare evresi görüldüğü ve 3BKRT tekniğinde ise sırasıyla %45 ve %5 olarak görüldüğü bildirilmektedir (Richetti ve ark., 2010). Bizim yaptığımız çalışmada da literatürle benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan 5 farklı TPT'nin ince bağırsağın istatistiksel olarak inceleme yapıldığında V40 hacminin de istatistiksel olarak bir farklılık olmadığı görülmüştür ($p = 0,606$). Anlamlı bir fark çıkmasa da yapılan TPT'leri arasında çok küçük bir farkla en iyi koruyan TPT VMAT 2 ark olduğu görülmüştür.

MU değerinin miktarı tedavi cihazının yıpranmasını, tedavi süresini ve ikincil kanser oranını önemli ölçüde etkilediği için dozimetrik plan karşılaştırmaları yapılan çalışmalarda dikkate alınan başka bir faktördür. Elith ve arkadaşları (Baltaş, 2016; Sale ve ark., 2011) yaptıkları çalışmada 3 farklı teknikte (VMAT 1 ark, VMAT 2 ark ve YART) fraksiyon başına toplam MU değerlerini incelemişlerdir. Buna göre TPT için sırasıyla 511.5, 565.5 ve 613.5 ortalama MU değerlerini elde edilmiş ve her bir tekniğin kendi aralarında yapılan istatistiksel analizlerinde p değerleri VMAT 1 Ark

ile VMAT 2 Ark arasında 0.19, VMAT 1 Ark ile YART arasında 0.016 ve VMAT 2 Ark ile YART arasında ise 0.006 değerleri bulduklarını bildirmişlerdir. Bunun sonucunda ise en iyi MU değerine sahip TPT VMAT 1 ark olduğunu vurgulamışlardır.

Wolf ve arkadaşları (Dirk ve ark., 2009) yapmış olduğu 5 farklı TPT’de (VMAT 1 ark, VMAT 2 ark, YART, Serial Tomoterapi ve 3BKRT) plan karşılaştırması yapmışlar ve fraksiyon başına giden toplam MU değerleri incelemişler ve yapılan planlarının ortalama MU değerleri sırasıyla 386 ± 29 , 371 ± 34 , 544 ± 56 , 2714 ± 697 ve 252 ± 8 olacak şekilde bulunduğu söylemişlerdir. Yapılan çalışmanın MU değeri bakımından en iyi TPT VMAT planları olduğunu az da olsa VMAT 2 ark TPT’nin VMAT 1 ark TPT’ne göre daha iyi olduğunu bildirmişlerdir.

Jung Sang ve arkadaşları rektum kanserinde, VMAT-DA, VMAT-SA ve YART planlama tekniklerinin tedavi süresini ve dozimetrik olarak karşılaştırılmasını yapmışlar ve yapılan karşılaştırma sonucunda YART’nin kritik organları diğer planlama tekniklerine göre daha iyi koruduğunu söylemişlerdir. Fakat YART’nin tedavi süresi MU değerinin fazla olmasından dolayı VMAT TPT’ne göre çok daha uzun sürdüğünü ve bu yüzden önerdikleri TPT VMAT olduğunu vurgulamışlardır (Shang ve ark., 2014). Başka bir çalışmada da, S. Cilla ve arkadaşlarının yaptığı çalışmanın ikinci amacı olarak, tedavi süresini ve MU sayısının incelendiğini söylemişler ve bu amaç doğrultusunda SIB-VMAT tekniği büyük avantaj sağladığını vurgulamışlardır. MU değerinin yüksek olmasından kaynaklı SIB-YART TPT’nin tedavi süresi 13 ila 20 dakika arasındayken, SIB-VMAT TPT’de YART’ye göre daha düşük MU değere sahip olduğundan dolayı tedavi süresinin 5 dakikaya kadar düştüğünü söylemişler. Buda hasta ve organ hareketinden kaynaklı set-up hatalarını azaltacağından dolayı hastaya uygulanan tedavinin doğruluğunu önemli ölçüde arttırdığını vurgulamışlardır (Cilla ve ark., 2014).

S. Cilla ve arkadaşları diğer bir çalışmasında 3 farklı TPT olan VMAT, YART ve 3BKRT’nin dozimetrik karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuç olarak, VMAT ve YART’nin hedef volüme reçete edilen dozu en iyi şekilde verirken kritik organları daha iyi koruduğu fakat önerdikleri TPT ise VMAT olduğunu bildirmiş ve nedenini de tedavi süresi olarak göstermişlerdir. YART planlarının tedavi süresi 14 dakika iken VMAT planlarının tedavi süresi 5 dakikaya kadar düştüğünü gördüklerini ve yapılan

açıklamada organ hareketinden kaynaklı oluşabilecek hataları en aza indirmek için VMAT planlama tekniğinin daha başarılı olduğunu vurgulamışlardır (Cilla ve ark., 2012). Bizim yapmış olduğumuz çalışma restospektik yapıldığı için karşılaştırılmamıştır. Bu sonuca göre yaptığımız çalışma da MU değerleri literatürlere benzer şekilde sonuçlar elde edilmiştir. MU değerleri yapılan 5 farklı TPT’de sırasıyla $565,880 \pm 38,674$, $535,740 \pm 57,871$, $1120,040 \pm 134,250$, $1036,690 \pm 127,451$, $691,00 \pm 31,453$ olarak bulunmuştur. VMAT tekniği MU sayılarının daha düşük olması bakımından 3BKRT tekniğine göre daha iyi sonuç vermiştir. Öncelikle VMAT teknikleri MU değerleri bakımından kendi arasında incelediğimizde VMAT-SIB 1 ark tedavi planlama tekniği diğer tekniklere göre daha düşük MU değerine sahiptir. Eş zamanlı planlama tekniklerinin MU değeri ek tedavili planların MU değerinden düşük olma sebebi, eş zamanlı planlama tekniği tek seferde plan avantajı sunduğu için ek tedavi planlama tekniği gibi plan birleşiminden kaynaklı MU artışı olmadığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak SIB tekniğinin konsepti PTV’deki doz dağılımının heterojen olmasıdır (Penoni ve ark., 2010; Thilman ve ark., 2001). SIB tekniği ile GTV’ye verilen doz artarken, koruyucu amaçla ışınlanan bölgeye verilen doz daha düşük tutulur. Ek tedavili planlarda GTV’ye yapılan boost ışınlama dozu, saçılmalardan dolayı klinik hedef hacimde doz artışına neden olmaktadır. Kısacası VMAT’ın SIB tekniğinin önemi, aynı hedef bölgeye uygulanan doz farklılıklarının yani doz akışını etkili bir şekilde sağlayarak saçılan dozlarda azalma elde edilmesidir. Ayrıca MU değerlerinin fazlalığı cihazın yıpranmasını, sağlıklı dokuların fazla radyasyon dozu almasını ve ikincil bir kanser oranını arttıracığı için düşük tutularak planlama yapılması çok önemlidir. Bu yüzden yaptığımız çalışmayı incelediğimizde hem düşük MU seviyesi hem de kritik organları korurken hedef tümör hacmine istenilen doz başarıyla bir şekilde vermesinden dolayı SIB-VMAT TPT doğru ve etkin bir tedavi metodudur. VMAT-SIB planları klinik olarak araştırılıp geliştirildiği takdirde ek tedavili VMAT tekniğine alternatif bir RT tekniği olarak önerilebilir.

6. KAYNAKLAR

Alfonso JCL, Herrero MA, Nunez L (2015) A dose-volume histogram based decisionsupport system for dosimetric comparison of radiotherapy treatment plans. *Radiation Oncology* 10(1): 1-9.

Baglan, K.L. Frazier, R.C. Yan, D. et al. (2002) The dose-volume relationship of acute small bowel toxicity from concurrent 5-FU-based chemotherapy and radiation therapy for rectal cancer. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 52:176–83.

Baltaş D. (2016) Prostat Kanserlerinde Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (YART) Ve Volümetrik Ayarlı Ark Terapi (VMAT) Tekniklerinin Hastaya Özel Tedavi Kalite Güvencelerinin Karşılaştırılması

Beyzadeoğlu M, Ebruli C. (2008) Temel radyasyon onkolojisi. Gülhane Askeri Tıp Akademisi Basımevi.

Bosset JF, Arbez-Glindre F, Pelissier E, et al. (1986) Facteurs anatomopathologiques de pronostic des cancers du rectum. Etude mono et multifactorielle. *Gastroenterol Clin Biol*; 10:728-735.

Boyer A, Biggs P, Galvin J et al. (2001) Basic Applications Of Multileaf Collimators. Report Of Tg 50, American Association Of Physicists In Medicine, Page 1-29.

Bzdusek K, Friberger H, Erksson K et Al. (2009) Development And Evaluation Of An Efficient Approach To Volumetric Arc Therapy Planning. *Med Phys* 36: 2328-39.

Cammà, C., Giunta, M., Fiorica, F. Et al. (2000). Preoperative radiotherapy for resectable rectal cancer: a meta-analysis. *Jama*, 284(8), 1008-1015.

Cilla S, Deodato F, Digesù C, et al. (2014) Assessing the feasibility of volumetricmodulated arc therapy using simultaneous integrated boost (SIB-VMAT): an analysis for complex head-neck, high-risk prostate and rectal cancer cases. *Med Dosim*; 39:108-16

Clawson, D. (Ed.). (1998). Required Reading: Sociology's Most Influential Books. Univ of Massachusetts Press.

Czito B,Willet C, Colon Cancer.In: Gundulon and Topper (2007) Clinical Radiation Oncology, 2nd ed, Churchill Livingstone; p.; 1101

Çakır A, Bilge H, (2012) Çok Yapraklı Lineer Hızlandırıcılarda Kolimatör Tasarımlarının Klinik Önemi. Türk Onkoloji Dergisi, 27: 46-54.

Çetintaş Sk, Özkan L. (2011) Tedavi Planlama Sisteminde Hesaplanan Doz Dağılımlarının Dozimetrik Kontrolü. Türk Onkoloji Dergisi, 26: 167-173.

Dirk W, Florian S, Grit W, Friedlieb L, et al. (2009) Volumetric Modulated Arc Therapy (Vmat) Vs, Serial Tomotherapy, Step-And-Shoot Imrt And 3d-Conformal Rt For Treatment Of Prostate Cancer. Radiotherapy And Oncology Journal 93: 226-233.

Enker WE. (1996) Sphincter preserving operations for rectal cancer. Oncology (11):1673

Feuvret L, Noel G, Mazon JJ et al. (2006) Conformity index: a review. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics 64(2): 333-342.

Frank H. Netter (2014) Atlas of Human Anatomy. 6. Baskı Elsevier

Gallagher MJ, Brereton HD, Rostock RA, et al. (1986) A prospective study of treatment techniques to minimize the volume of pelvic small bowel with reduction of acute and late effects associated with pelvic irradiation. Int J Radiat Oncol Biol Phys;12:1565–1573.

Iaea. Podgorsak E.B. (2005) Technical Editor, Radiation Oncology Physics: A Handbook For Teachers And Students, Page 136-149, Vienna.

Impact Medical System. Monaco 5.0 Training Guide, Elekta, Freiburg, Section 2-7, 2013

Impact Medical System (2013) Understanding the Cost Function Parameters. Monaco Training Guide, Elekta, Freiburg, Section: 10: 1-20

International Commission on Radiation Units and Measurements. ICRU Report 50. Prescribing, recording, and reporting photon beam therapy. Bethesda, MD: ICRU, 1993.

International Commission on Radiation Units and Measurements. ICRU Report 62. Prescribing, recording, and reporting photon beam therapy. Bethesda, MD: ICRU, 1999.

J. Icu (2007) The International Commission on Radiation Units and Measurements ICRU 83 Prescribing, Recording, and Reporting Photon-Beam Intensity-Modulated Radiation Therapy (IMRT).

J. Zhao, W. Hu, G. Cai et al. (2015) Dosimetric comparisons of VMAT, IMRT and 3DCRT for locally advanced rectal cancer with simultaneous integrated boost.

Jun Shang, Wei Kong, Yan-Yang Wang et al. (2014) VMAT planning study in rectal cancer patients.

Kavanagh, B.D.; Pan, C.C.; Dawson, L.A.; et al. (2010) Radiation Dose-Volume Effects In The Stomach And Small Bowel. Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 76(3):S101–7.

Khan F.M. (2007) Treatment Planning in Radiation Oncology, 2nd Edition, Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, 63-77.

Khan FM, Gibbons JP (2014) Modern Radiation Therapy. Editor: PINE JW, Khan's The Physics of Radiation Therapy. Fifth Edition, Lippincott Williams & Wilkins, New York, pp: 413-524.

Khan Fm. (2003) The Physics of Radiation Therapy. Editors: PINE J, STANDEN M, KAIRIS LR, BOYCE T. 3rd Edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, pp 42-46.

Khan Fm. (2003) Treatment Planning in Radiation Oncology. Lippincott Williams & Wilkins Company, USA, page: 348-352.

Lassen S, Nyström H. (2006) Comparison of Dose Calculation Algorithms For Treatment Planning In External Photon Beam Therapy For Clinical Situations. Physics in Medicine and Biology, 51: 5785-5807.

Leibel SA, Phillips TL. (1998) Radiotherapy in rectal cancer. In: Leibel SA, Philips TL (eds). Textbook of radiation oncology. 1st ed. Philadelphia: WB Saunders: 686-701.

Lu, S. H., Cheng, J. C. H., Kuo, S. H. et al. (2012). Volumetric modulated arc therapy for nasopharyngeal carcinoma: a dosimetric comparison with TomoTherapy and step-and-shoot IMRT. Radiotherapy and Oncology, 104(3), 324-330.

Marnitz S, Wlodarczyk W, Neumann O et al (2015) Which technique for radiation is most beneficial for patients with locally advanced cervical cancer? Intensity modulated proton therapy versus intensity modulated photon treatment, helical tomotherapy and volumetric arc therapy for primary radiation—an intraindividual comparison. Radiation Oncology 10(1): 1.

Mcgary, Grant Je, Woo Sy, Butler Eb. (1997) Reporting and analyzing dose distributions. A concept of equivalent uniform dose Med Phys, 8: 1323-4..

Minsky BD, Cohen AM, Enker WE. (1991) Adjuvant postoperative radiation therapy for resectable cancer. Radiat Med. 9:153.

Minsky BD, Mies C, Recht A, et al. (1988) Resectable adenocarcinoma of the rectosigmoid and rectum. Patterns of failure and survival. Cancer; 61:1408-1416

Mohiuddin M, Willet C.G. (2012) Colon and rectum. Perez and Brady's Principles and Practice of Radiation Oncology. Fifth edition. Philadelphia, J.B. Lippincott, 1366.

Nijkamp J, de Jong R, Sonke JJ, van Vliet C, Marijnen C. (2009) Target volume shape variation during irradiation of rectal cancer patients in supine position: comparison with prone position. Radiother Oncol; 93:285e292.

Oelkfe U, Scholz C (2006) Dose calculation algorithms. Editors: SCHLEGEL W et al, In New Technologies in Radiation Oncology, Springer Heidelberg, Berlin, pp: 187196.

Oral En . Kolorektal kanserlerde radyoterapi. (1998) Ed : TOPUZ E AYKAN NF. Sindirim sistemi kanserleri; Biyoloji, patoloji, tanı, tedavi. İstanbul, Argos.: 446.

Otto K.(2008) Volumetric Modulated Arc Therapy. IMRT in a single arc. Med phys, 35: 310-317.

Peponi E, Glanzmann C, Kunz G, Renner C, Tomuschat K, Studer G. (2010) Simultaneous integrated boost intensity-modulated radiotherapy (SIB-IMRT) in nasopharyngeal cancer. Strahlenther Onkol.; 186:135–142.

Perez Ca. Rectal Cancers. In : Perez CA, BRADY LW(eds). (1997) Principles and practice of radiation oncology 3rd ed. Philadelphia: Lippicott-Raven: 342-343.

Pilepich MV, Krall JM, Sause WT, et al. (1987) Correlation of radiotherapeutic parameters and treatment related morbidity in carcinoma of the prostate: analysis of RTOG study 75-06. Int J Radiat Oncol Biol Phys;13:351357.

Podgorsak Eb. (2005) Review of Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students, International Atomic Energy Agency Publication, Vienna, pages 123-125.

Potish RA, Jones TK Jr, Levitt SH. (1979) Factors predisposing to radiation-related small-bowel damage. Radiolog;132:479-482.

Report of the IMRT Collaborative Working Group (2001): Int J Radiat Oncol Biol Phys;51:880-914

Richetti A, Fogliata A, Clivio A, et al. (2010) Neo-adjuvant chemo-radiation of rectal cancer with Volumetric Modulated Arc Therapy: summary of technical and dosimetric features and early clinical experience. Radiation Oncology.; 5:14. doi:10.1186/1748-717X-5-14.

S.Cilla, L. Caravatta, V. Picardi at al. (2011) Volumetric Modulated Arc Therapy With Simultaneous Integrated Boost for Locally Advanced Rectal Cancer (2012). SALE C, MOLONEYDOSE P. Comparisons for conformal, IMRT and VMAT prostate plans. Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology 55: 611–621.

Sanghera P, Wong DWY, McConkey CC, et al. (2008) Chemoradiotherapy for rectal cancer: an updated analysis of factors affecting pathological response. Clin Oncol;20(2): 176e183.

Schegel W, Bortfeld T, Grosu Al. (2000) New Technologies in Radiation Oncology. Verlag Berlin: Springer, pp.: 201-210.

Schegel W, Bortfeld T, Grosu Al. (2006) New Technologies in Radiation Oncology, 1st Edition, Springer, Verlag Berlin, pp. 257-266.

Schlegel W, Grosser Kh, Haring P, B Rhein. (2006) Beam delivery in 3D conformal radiotherapy using multi-leaf collimators. In: SCHLEGEL W, BORTFELD T, GROSU A-L, editors. New technologies in radiation oncology. Germany, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, page 357-367.

Steele GL, Mayer RJ. (1996) Adenocarcinoma of the colon and rectum. In: Zuidema GD(ed) Shackelford's Surgery of the Alimentary Tract 4th ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company: Vol IV, 124-139.

Theresa M., F.R.C.R., Henrys J. Anthony et al. (2006) Intensity-modulated radiotherapy in patients with locally advanced rectal cancer reduces volume of bowel treated to high dose levels, *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, Vol. 65, No. 3, pp. 907–916.

Thilmann C, Zabel A, Grosser KH, et al (2001) Intensity-modulated radiotherapy with an integrated boost to the macroscopic tumor volume in the treatment of high-grade gliomas. *Int J Cancer.* ;96:341–349.

Topuz E, Aydiner A, Karadeniz An (2006) Klinik Onkoloji, İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü Yayınları, İstanbul, sayfa 16-33.

UROK temel radyoterapi, radyasyon fiziği ve radyobiyoloji kurs kitapçığı (2002); 83-87

Valentini V, Coco C, Picciocchi A, et al. (2002) Does downstaging predict improved outcomes after preoperative chemoradiation for extraperitoneal locally advanced cancer? A long term analysis of 165 patients. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*;53: 664e674

Van Herk M, Niemierko A (2010) Prescribing, recording, and reporting photon-beam intensity-modulated radiation therapy (IMRT). *Journal of The ICRU*, 10: 75-82.

Van't Riet A, Mak AC, Moerland MA et al (1997) A conformation number to quantify the degree of conformality in brachytherapy and external beam irradiation: application to the prostate. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 37(3): 731-736.

Verbakel W F, Cuijpers J P, Hoffmans D, Bieker M, Slotman B J And Senan S. (2009) Volumetric intensity-modulated arc therapy vs. conventional IMRT in head-and-neck cancer: a comparative planning and dosimetric study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 74 252-9.

Verhey (1996) LJ. 3-D conformal therapy using beam intensity modulation. *Front Radiat Ther Oncol*; 29:139-155.

Wu Q, Mohan R, Morris M, Lauve A, Schmidt-Ullrich R. (2003) Simultaneous integrated boost intensity-modulated radiotherapy for locally advanced head-and-neck squamous cell carcinomas. I: dosimetric results. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*;56(2):573e585

Yuce S. (2012) Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi Tekniği Kullanılarak Tedavi Edilen Bağı Boyun Kanseri Hastalarının Tedavi Planlarının Dozimetrik Olarak İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Bursa.

7. SİMGELER VE KISALTMALAR

3B: 3 Boyutlu

3BKRT: 3 Boyutlu Konformal Radyoterapi

BT: Bilgisayarlı Tomografi

CI: Konformite İndeks

CN: Konformalite Numarası

CTV: Klinik Hedef Hacmi

ÇYK: Çok Yapraklı Kolimatör

D_{%98}: Hacmin %98'nin Aldığı Doz

DICOM: Digital Imaging and Communications in Medicine

D_{max}: Maksimum doz (CTVin için 1cm³'teki doz miktarı)

D_{ort}: Ortalama Doz

DVH: Doz – Volüm Histogramı

Gy: Doz Soğrulma Birimi, Gray

HI: Homojenite Katsayısı

ICRU: Uluslar Arası Birimler ve Ölçümler Komisyonu

IMAT: Yoğunluk Ayarlı Ark Terapi

IMS: Impact Medical System

KT: Kemoterapi

kV: Kilo Volt

MeV: Milyon Elektron Volt

MLC: Multilif Colimator

MU: Monitor Unit

MV: Milyon Volt

OAR: Riskli Organ, Kritik organ

PTV: Planlanan Hedef Volüm
RT: Radyoterapi
TERMA: Total Energy Released Per Unit Mass
TPS: Tedavi Planlama Sistemi
TV: Tedavi edilmesi gereken hedef hacim
TVRI: Reçete edilen dozu alan hedef hacim
V5: 5 Gy Doz Alan Hacim
V10: 10 Gy Doz Alan Hacim
V20: 20 Gy Doz Alan Hacim
V30: 30 Gy Doz Alan Hacim
V40: 40 Gy Doz Alan Hacim
VMAT: Volümetrik Ayarlı Ark Terapi
VRI: Reçete edilen dozu alan toplam hacim
YART: Yoğunluk Ayarlı Ark Terapi

8. EKLER

EK 1.



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 52588837-000/455
Konu : Etik Kurul kararı

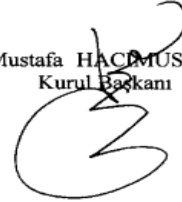
22/11/2016

Sayın Prof.Dr.Z.Gökay KAYNAK
Uludağ Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi
Fizik Bölümü Öğretim Üyesi

Kurulumuza başvurusunu yaptığınız ve sorumlu araştırmacısı olduğunuz "Rektum kanser hastaları üzerinde yapılan VMAT ve konformal planlarının dozimetrik parametrelerinin karşılaştırılması" konulu araştırmanıza ilişkin Kurulumuzun 01 Kasım 2016 tarih ve 2016-18/33 nolu kararı ekte gönderilmektedir.

Gereği için bilgilerinize sunulur.

Prof.Dr.Mustafa HACIMUSTAFAOĞLU
Kurul Başkanı

A handwritten signature in black ink, appearing to be "M. Hacımustafaoğlu", written over the printed name and title.

EK:
-Karar (1 adet)

Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı Rektörlük Binası, Görükle Kampüsü 16059 Nilüfer/BURSA
Tel: 0-224-2950020 Fax: 0-224-2950029
e-posta: uukaek@uludag.edu.tr Elektronik Ağ: www.tip.uludag.edu.tr

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Rektum kanser hastaları üzerinde yapılan VMAT ve konformal planlarının dozimetrik parametrelerinin karşılaştırılması
-----------------------	--

ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu
	AÇIK ADRESİ	Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı Rektörlük Binası Kat.1 Görükle Kampüsü Nilüfer/ Bursa
	TELEFON	0.224. 295 00 20
	FAKS	0.224. 295 00 29
	E-POSTA	uukaek@uludag.edu.tr

BAŞVURU BİLGİLERİ	SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Prof.Dr.Z.Gökay Kaynak
	SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Uludağ Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü
	YARDIMCI ARAŞTIRMACININ UNVANI/ADI/SOYADI	Doç.Dr.Meral Kurt, Sağlık Fiziyi Uz.Sema Tunc, Sağlık Fiz. Yüksek Lisans öğrencisi Volkan Avcı
	YARDIMCI ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkoloji AD
	DESTEKLEYİCİ	-
	ARAŞTIRMANIN TÜRÜ	Retrospektif araştırma
	ARAŞTIRMANIN YAPILIŞ AMACI	Yüksek lisans tez çalışması
	ARAŞTIRMANIN BAŞLAMA TARİHİ/ SÜRESİ	04.11.2016 / 8 ay
	GÖNÜLLÜ/DOSYA SAYISI	15
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input checked="" type="checkbox"/> ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/> ULUSAL <input checked="" type="checkbox"/> ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>

DEĞERLENDİRİLEN İLGİLİ BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Dili
		GİRİŞİMSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR İÇİN BAŞVURU FORMU	18.10.2016

DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı	Açıklama
	ARAŞTIRMA BÜTÇE FORMU	<input checked="" type="checkbox"/> Tarih: 18.10.2016
	ARAŞTIRICILAR İÇİN TAAHHÜTNAME FORMU	<input checked="" type="checkbox"/> Tarih: 18.10.2016
	PROSPEKTİF ÖZELLİKLİ GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMA TAAHHÜTNAMESİ	<input type="checkbox"/>
	JKU klavuzunun okunduğuna dair taahhütname	<input type="checkbox"/>
	SONUÇ ÖZET RAPORU	<input type="checkbox"/>
DİĞER:	<input checked="" type="checkbox"/> Araştırma ilk başvuru ön yazısı (18.10.2016), AD bilgilendirme yazısı, hasta listesi, sorumlu araştırmacı özgeçmiş, araştırmacı tarafından imzalanmış Dünya Tıp Birliği Helsinki Bildirgesi, literatür.	

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI **Rektum kanser hastaları üzerinde yapılan VMAT ve konformal planlarının dozimetrik parametrelerinin karşılaştırılması**

Karar No : 2016-18/ 33 **Tarih : 01 Kasım 2016**

KARAR BİLGİLERİ

Yukarıda başvuru bilgileri verilen araştırma başvuru dosyası ve ilgili belgeler, araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak değerlendirildi.

1-Araştırmanın yapılmasının uygun olduğuna,
2-Araştırmanın başlama tarihinin bildirilmesi ve araştırma tamamlandığında özet bir sonuç raporunun hazırlanarak kurulumuza iletilmesine,
3-Araştırma protokolünde ve başvuru formunda yapılacak tüm değişiklikler için Etik Kuruldan izin alınması gerektiğinin sorumlu araştırmacılara iletilmesine oybirliği ile karar verildi.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

ÇALIŞMA ESASI İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamalar Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI/ADI SOYADI Prof.Dr.Mustafa HACIMUSTAFAOĞLU

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile İlişki		Katılım *		İmza
Prof.Dr.Mustafa HACIMUSTAFAOĞLU Başkan	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	U.Ü.T.F. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD.	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Elif BAŞAĞAN MOĞOL Başkan Yardımcısı	Anesteziyoloji	U.Ü.T.F. Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD.	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Mehmet CANSEV Üye	Farmakoloji	U.Ü.T.F. Tıbbi Farmakoloji AD.	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Alpistan TÜRKKAN Üye	Halk Sağlığı	U.Ü.T.F. Halk Sağlığı AD.	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Pınar VURAL Üye	Pediatri	U.Ü.T.F. Çocuk ve Ergen Ruh Sağlığı ve Hastalıkları AD.	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Hilal ÖZKAN Üye	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	U.Ü.T.F. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD.	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Hasan ARI Üye	Kardiyoloji	Bursa Yüksek İhtisas EAH Kardiyoloji Kliniği	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	Başka bir toplantıda
Yrd.Doç.Dr.Tuna GÜLTEN Üye	Tıbbi Genetik	U.Ü.T.F. Tıbbi Genetik AD.	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd.Doç.Dr.Çiğdem Mine YILMAZ Üye	Hukuk	U.Ü.Hukuk Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd.Doç.Dr.Engin SAĞDİLEK Üye	Biyofizik	U.Ü.T.F. Biyofizik AD.	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	Kongrede
Yrd.Doç.Dr.Sezer ERER KAYA Üye	Tıp Tarihi ve Etik	U.Ü.T.F. Tıp Tarihi ve Etik AD.	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Üz.Dr.Kağan HUYSAL Üye	Biyokimya	Bursa Yüksek İhtisas EAH Biyokimya	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	İznilis
Ahmet GÖREN Üye	Sağlık mesleği mensubu olmayan üye	Serbest Meslek	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	Katılmadı

*Toplantıda Bulunma

9. TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana bilgi ve deneyimleriyle yardımcı olan çok değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Z. Gökay KAYNAK'a ve tezimde yardımcı danışmanım Doç. Dr. Meral KURT'a çok teşekkür ediyorum.

Yüksek lisans eğitimim boyunca desteğini hissettiğim saygı değer hocalarım Doç. Dr. Sibel KAHRAMAN ÇETİNTAŞ'a ve Yrd. Doç. Dr. Candan DEMİRÖZ ABAKAY'a çok teşekkür ediyorum.

Tezimde yardımlarını biran olsun esirgemeyen saygı değer hocam Uzm. Fiz. Sema GÖZCÜ TUNÇ'a ve aynı zamanda Uzm. Fiz. Ali ALTAY, Uzm. Fiz. Arda KAKRAMAN, Uzm. Fiz. Zenciye KIRAY'a teşekkür ediyorum.

Hayatıma girdiğinden beri ve tezimi yazdığım süre zarfı boyunca sürekli yanımda olduğunu hissettiren gerek desteğini gerekse bilgisini hiçbir zaman benden esirgemeyen BÜŞRA NUR KURT'a çok teşekkür ediyorum.

Gerek bilgileriyle gerek neşeleriyle sürekli yanımda olan hem dönem hem de ev arkadaşlarım Özcan ÖZDEN, Mustafa ÖZER ve İ. Hakkı KALYONCU'a çok teşekkür ederim.

Ayrıca başta tezimi yazmamda yardımcı olan Burcu İBİCİOĞLU ve Habibe ALTAŞ'a ve diğer bütün dönem arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Son olarak, beni bu günlere getiren maddi ve manevi olarak sürekli yanımda olan annem Ömriye AVCI, babam MURTEZA AVCI, ablalarım FİGEN FİLİZ ve EBRU SİGVA'ya çok teşekkür ederim.

10. ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Bursa’da doğmuştur. İlk ve orta okul öğretimini Nuri Erbak İlk Öğretim Okulunda okuduktan sonra Liseyi Nuri Erbak Anadolu Lisesinde okumuştur. 2011 yılında Uludağ Üniversitesi Fizik Bölümünü kazanmıştır. 2013 yılında yeterli dereceye sahip olarak Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik Mühendisliği bölümünde Çift Anadal Programını kazanmıştır. 2015 Yılında mezun olduktan sonra, Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı’nda Sağlık Fiziği programını okumaya hak kazanmıştır. Yüksek lisans eğitimi boyunca Uludağ Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı’nda gönüllü olarak çalışmıştır.