

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SAĞLIK FİZİĞİ ANABİLİM DALI**

**TOMOTERAPİDE LARİNKSA RADYOTERAPİSİNİN
DOZİMETRİK DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüda Seçil DEMİRER

**DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Hediye ACUN BUÇT**

**ŞANLIURFA
2017**

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SAĞLIK FİZİĞİ ANABİLİM DALI**

**TOMOTERAPİDE LARİNKSA RADYOTERAPİSİNİN
DOZİMETRİK DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüda Seçil DEMİRER


**DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Hediye ACUN BUÇT**

Bu tez, Hr. Ü. Araştırma Fon Saymalığı tarafından.....proje numarası ile desteklenmiştir.

**ŞANLIURFA
2017**

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

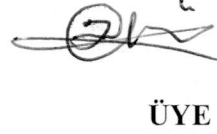
Hüda Seçil DEMİRER'in hazırladığı "Tomoterapide Larinks Radyoterapisinin Dozimetrik Değerlendirilmesi" konulu çalışma 26/05/2017 tarihinde jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek Sağlık Fiziği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.


BAŞKAN


Yrd. Doç. Dr. Hediye ACUN BUCHT
Harran Üniversitesi, Tıp Fakültesi,
Biyofizik Anabilimdalı Öğretim Üyesi


ÜYE

Doç. Dr. İsmail Hakkı SARPÜN
Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Fen-Edebiyat Fakültesi,
Fizik Anabilimdalı Öğretim Üyesi


ÜYE

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Zahid Tüysüz
Harran Üniversitesi, Tıp Fakültesi
Biyofizik Anabilimdalı Öğretim Üyesi

01...06/2017

ONAY
Prof. Dr. Mustafa DENİZ
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması sırasında bilgilerini ilgi ve sabırla bana aktaran, yardımını ve desteğini hiç esirgemeyen, yol gösterici olan danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Hediye ACUN BUCHT'a, değerli bilgileriyle uzun zaman beni bilgilendiren, bana inanarak Harran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Sağlık Fiziği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimi almama olanak veren sayın Prof. Dr. Ahmet BOZKURT'a, tezin hazırlanması sırasında desteklerini esirgemeyen her türlü problem ve konuda fikir, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Harran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü sayın Prof. Dr. Mustafa DENİZ'e, sıkıntıya düştüğüm zamanlarda çok yoğun işleri arasında bana vakit ayırarak yol gösteren ve çalışma için uygun imkanların sağlanmasında desteğini esirgemeyen İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi Radyasyon Onkolojisi sağlık fizikçilerinden Eda KAYA PEPELE'ye, fizik mühendisi Mehmet DEMİRTAŞ'a, radyasyon onkoloğu Yrd. Doç. Dr. Öztun TEMELLİ'ye, radyasyon onkoloğu Uzm. Dr. Aysun ERASLAN'a ve tüm radyasyon onkolojisi çalışanlarına, çalışmamdaki istatistik analizlerde büyük bir sabırla her sorumu içtenlikle yanıtlayan Yrd. Doç. Dr. Yusuf TOPUZ'a ve Doç. Dr. İbrahim KORUK'a, tanıştığımız ilk günden beri bana hatırı derecede yardımları olan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli arkadaşım İbrahim Halil KAHKECİ'ye, tezimin hazırlanması sırasında her türlü desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Samet TÜRKÜCÜ'ye, Hasan ALKAN'a, Murat YAŞAR'a, çalışma esnasında desteğini esirgemeyen değerli hocam Arş. Gör. Nuri YORULMAZ'a, teknik birikimlerini benimle paylaşan ve fikir alışverişleri ile yardımcı olan Ahmet YÜREKLİ'ye ve tüm yaşamım boyunca hep yanımda olan ve attığım her adımda beni destekleyen çok sevgili aileme ve çalışmam boyunca hep yanımda olarak bana her zaman destek olan eşim Okt. Feyyaz DEMİRER'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Hüda Seçil DEMİRER

2017

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL DİZİNİ.....	i
TABLO DİZİNİ.....	ii
GRAFİK DİZİNİ.....	iii
KISALTMALAR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1 Larinks Anatomisi.....	4
2.2 Larinks Kanseri Epidemiyolojisi.....	6
2.3 Larinks Kanseri Tedavisi.....	6
2.4 Larinks Kanserinde Radyoterapi.....	9
2.4.1 Larinks Kanserinde Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi (3BKRT).....	10
2.4.2 Larinks Kanserinde Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (YART).....	12
2.5 Radyoterapide Kullanılan Hacim Kavramları.....	14
2.5.1 Görüntülenebilir Tümör Hacmi (GTV).....	14
2.5.2 Klinik Hedef Hacim (CTV).....	15
2.5.3 İç Payı (IM).....	15
2.5.4 İç Hedef Hacmi (ITV).....	15
2.5.5 Set-up Payı (SM).....	15
2.5.6 Planlanan Hedef Hacim (PTV).....	15
2.5.7 Tedavi Hacmi (TV).....	16
2.5.8 Işınlanan Hacim (IV).....	16
2.5.9 Riskli Organ (OR).....	16
2.5.10 Planlanan Riskli Hacim (PRV).....	16

2.6 Homojenite İndeksi (HI) ve Konformite İndeksi (CI)	17
2.7 Larinks Radyoterapisinde Hedef Hacim ve Kritik Organ Doz Sınırlamaları	18
2.8 Tomoterapi	19
2.8.1 Serial Tomoterapi	19
2.8.2 Helikal Tomoterapi	20
2.8.2.1. Helikal Tomoterapinin Genel Özellikleri	20
2.8.2.2. Helikal Tomoterapinin Teknik Özellikleri	21
2.8.2.3. Helikal Tomoterapinin Çalışma Prensibi	23
2.9 Görüntü Rehberliğinde Radyoterapi (IGRT)	25
2.10 Tedavi Planlama Sistemi (TPS)	26
2.10.1 İleri Planlama	26
2.10.2 Ters Planlama	26
2.10.3 Doz-Hacim Histogramı	27
3. GEREÇ VE YÖNTEM	28
3.1 Gereç	28
3.1.1 Bilgisayarlı Tomografi Cihazı	28
3.1.2 Tomoterapi Hi-Art Lineer Hızlandırıcı Cihazı	29
3.1.3 Tomoterapi Hi-Art Tedavi Planlama Sistemi	30
3.1.4 Hasta Sabitleme Sistemi	30
3.2 Yöntem	31
3.2.1 Tedavi Planlama Verilerinin Oluşturulması	31
3.2.2 Tedavide YART Planlarının Oluşturulması	31
3.2.3 İstatistiksel Analiz Yöntemleri	33
4. BULGULAR	34
4.1 Hedef Hacim İçin Elde Edilen Bulgular	34
4.1.1 Hedef Organ Hacimleri	34
4.1.2 Hedef Hacim Dozları	34
4.1.3 Konformite ve Homojenite İndeksi Değerleri	38
4.2 Kritik Organlar İçin Elde Edilen Bulgular	39

4.2.1 Tiroid Dozları.....	39
4.2.2 Karotis Dozları.....	41
4.2.3 Spinal Kord Dozları	44
4.2.4 Submandibular Dozları	45
4.3 Tedavi Süreleri ve Monitör Unit (MU) Değerleri.....	48
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	50
6.KAYNAKLAR	54
7. EKLER	57

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Larinksin sagital anatomik kesiti	4
Şekil 2.2. Larinks bölümlerinin anatomisi	5
Şekil 2.3. T1-T2 glotik larinks için radyoterapi alanı	10
Şekil 2.4. T1 glotik larinks için konformal radyoterapide doz dağılımı	11
Şekil 2.5. 3BKRT tekniğinde doz profili	12
Şekil 2.6. YART tekniğinde doz profili	12
Şekil 2.7. Step and Shoot tekniği	13
Şekil 2.8. Sliding Window tekniği	13
Şekil 2.9. ÇYK tabanlı YART teknikleri	14
Şekil 2.10. ICRU Rapor 62 hedef tanımlamaları	16
Şekil 2.11. Radyoterapide kullanılan farklı hacim kavramları.....	17
Şekil 2.12. Yoğunluk ayarlı çok yapraklı kolimatör (MIMIC)	19
Şekil 2.13. Tomoterapi cihazının iç yapısı	20
Şekil 2.14. Rock Mackie ve Tomoterapi Cihazı	21
Şekil 2.15. Tomoterapide Tungsten hedef, çene ve ÇYK'ler	22
Şekil 2.16. Binary ÇYK'ler	22
Şekil 2.17. Yeşil lazerler	24
Şekil 2.18. Kırmızı lazerler	25
Şekil 3.1. Siemens Biograph model PET/BT tomografi cihazı.....	28
Şekil 3.2. Tomoterapi Hi-Art lineer hızlandırıcı cihazı	29
Şekil 3.3. Baş-boyun sabitleyici termoplastik maske.....	30
Şekil 3.4. Tomoterapi tedavi planlama sistemi ekranında çeşitli kesit düzlemlerinde hasta dozu dağılımı.....	32
Şekil 3.5. Çene genişliği (jaw) 1cm için tomoterapi tedavi planlaması.....	32
Şekil 3.6. Larinks planı için tümör ve kritik organ kısıtlama paneli	33

TABLO DİZİNİ

	Sayfa No
Tablo 2.1. Larinks kanserinde TNM evrenmesi ve evre grupları	8
Tablo 2.2. Kritik organların tolerans doz değerleri.....	19
Tablo 4.1. Hastaların özellikleri.....	34
Tablo 4.2. PTV için D%2, maksimum ve D%98 değerleri.....	35
Tablo 4.3. PTV için D%50, ortalama ve D%90 değerleri	36
Tablo 4.4. Hasta tedavi planlarının konformite indeksi (CI) değerleri.....	38
Tablo 4.5. Hasta tedavi planlarının homojenite indeksi (HI) değerleri	39
Tablo 4.6. Tiroid için maksimum ve ortalama doz değerleri ile V50 hacimleri.....	40
Tablo 4.7. Sağ karotis için V35 ve V50 hacimleri.....	41
Tablo 4.8. Sol karotis için V35 ve V50 hacimleri	43
Tablo 4.9. Spinal kord için maksimum doz değerleri.....	44
Tablo 4.10. Sol submandibular maksimum ve ortalama doz değerleri	45
Tablo 4.11. Sağ submandibular maksimum ve ortalama doz değerleri.....	47
Tablo 4.12. 1cm, 2,5cm ve 5cm çene genişliğinde elde edilen tedavi planları için ışınlama süreleri	48
Tablo 4.13. 1cm, 2,5cm ve 5cm çene genişliğinde elde edilen tedavi planlarına ait Monitor Unit (MU) değerleri.....	49

GRAFİK DİZİNİ

	Sayfa No
Grafik 4.1. PTV için ortalama $D_{\%2}$, D_{\max} ve $D_{\%98}$ değer grafiği	35
Grafik 4.2. PTV için ortalama $D_{\%50}$, D_{ort} ve $D_{\%90}$ değer grafiği	37
Grafik 4.3. Tiroid için ortalama D_{\max} ve D_{ort} değer grafiği	40
Grafik 4.4. Sağ karotis ortalama V_{35} ve V_{50} değer grafiği	42
Grafik 4.5. Sol karotis ortalama V_{35} ve V_{50} değer grafiği	43
Grafik 4.6. Sol submandibular ortalama D_{\max} ve D_{ort} değer grafiği	46
Grafik 4.7. Sağ submandibular ortalama D_{\max} ve D_{ort} değer grafiği	47

KISALTMALAR

BT	: Bilgisayarlı Tomografi
3BKRT	: Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi
CTV	: Klinik Hedef Hacim
DVH	: Doz Hacim Histogramı
D_{%2}	: Hedef Hacmin %2'sinin Aldığı Doz
D_{%50}	: Hedef Hacmin %50'sinin Aldığı Doz
D_{%98}	: Hedef Hacmin %98'inin Aldığı Doz
GTV	: Görüntülenebilir Tümör Hacmi
HI	: Homojenite İndeksi
ICRU	: International Commission on Radiation Unit and Measurement
RTOG	: The Radiation Therapy Oncology Group
IGRT	: Görüntü Rehberliğinde Radyoterapi
YART	: Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi
IV	: Işımlanan Hacim
MU	: Monitör Unit
ÇYK	: Çok Yapraklı Kolimatör
MeV	: Mega Elektron Volt
MV	: Mega Volt
OAR	: Riskli Organ
PRV	: Planlanan Riskli Hacim
PTV	: Planlanan Hedef Hacim
SM	: Set-up Marjin
TPS	: Tedavi Planlama Sistemi
TV	: Tedavi Hacmi
MVBT	: Mega Voltaj Bilgisayarlı Tomografi
PET	: Pozitron Emisyon Tomografisi
LAP	: Lenf Bezi Büyümesi (Lenfadenomegali, Lenfadenopati)
NHL	: Non-Hodgkin Lenfomu
cGy	: Santi Gray

ÖZET

TOMOTERAPİDE LARİNKS RADYOTERAPİSİNİN DOZİMETRİK DEĞERLENDİRİLMESİ

Hüda Seçil DEMİRER

Sağlık Fiziği, Yüksek Lisans Tezi

Baş boyun kanserleri arasında en sık görülen kanser çeşidi olan larinks kanseri uygun tanı ile tedaviye en iyi yanıt vermektedir. Larinks kanseri tedavi yöntemlerinden biri olan radyoterapi hedef tümöre gerekli dozu verirken kritik organları mümkün olduğunca korumayı amaçlamaktadır. Larinks radyoterapisinde, yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) tekniğini kullanan helikal tomoterapi önemli yer tutmaktadır. Tomoterapi doz dağılımları, cihazın çene genişliği (jaw), pitch ve modülasyon faktörü parametrelerine bağlıdır. Tümörün şekline ve kritik organlara yakınlığına bağlı olarak, bu parametrelerin farklı kombinasyonlarıyla uygun doz dağılımı oluşturur.

Bu tez çalışmasında, pitch ve modülasyon faktörü parametreleri sabit tutularak 1 cm, 2,5 cm ve 5 cm'lik çene genişlikleri ile oluşturulan tedavi planlarının, hedef hacim ve kritik organ dozları ile ışınlama süreleri açısından karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

Bu çalışma, İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi Radyasyon Onkolojisi kliniğinde yapılmış olup, Tomoterapi Hi-Art cihazı ve Volo tedavi planlama sistemi kullanılmıştır. Çalışmada 15 larinks kanseri hastası için 1 cm, 2,5 cm ve 5 cm'lik çene genişlikleri kullanılarak tedavi planları oluşturulmuştur. Elde edilen planların karşılaştırılması sonucunda, 1 cm'lik çene genişliğinin daha iyi hedef hacim doz homojenitesini ve daha düşük kritik organ dozlarını sağladığı fakat daha uzun tedavi süresine neden olduğu görülmüştür. Larinksin tomoterapi ile tedavisinde, cihazın çene genişliği parametresi arttıkça hedef hacim ve kritik organ dozlarının arttığı ve ışınlama süresinin kısaldığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çene Genişliği, Larinks Kanseri, Tomoterapi, Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi.

ABSTRACT

DOSIMETRIC EVALUATION OF LARYNX RADIOTHERAPY WITH TOMOTHERAPY

Hüda Seçil DEMİRER

Health Physics, Master Thesis

Larynx cancer, is the most common type of cancer among head and neck cancers, and it responds well to treatment with appropriate diagnosis. Radiotherapy, is one of the treatment methods for larynx cancer, and it aims to protect the critical organs as much as possible while giving the necessary dose to the target tumor. Helical tomotherapy, uses intensity modulated radiotherapy (IMRT) technique and has an important role in larynx treatment. Dose distributions of the tomotherapy depends on the parameters of the jaw width, pitch and modulation factor. The optimal dose distribution is obtained by different combinations of these three parameters depending on the shape of the tumor and its proximity to the critical organs.

This study, aims to compare treatment plans created with jaw widths of 1 cm, 2.5 cm and 5 cm in terms of target volume, and critical organ doses and irradiation time by keeping the parameters of pitch and modulation factor constant.

This study was carried out in Inonu University Turgut Ozal Medical Center Radiation Oncology Clinic. The Tomotherapy Hi-Art device and Volo treatment planning system were used. Treatment plans for 15 larynx cancer patients were created for jaw widths of 1 cm, 2.5 cm and 5 cm in this study. It was observed that the 1 cm jaw width provided better dose homogeneity to the target volume and lower critical organ doses but prolonged the irradiation time as a result of the comparison of the plans. It was concluded that in treatment of larynx with tomotherapy the doses to the target volume and to critical organs increase and irradiation time shortens as the jaw width increases.

Key Words: Intensity Modulated Radiotherapy, Jaw Width, Larynx Cancer, Tomotherapy

1. GİRİŞ

Larinks kanseri; baş boyun bölgesinde görülen kanser çeşitleri arasında sık görülmekte olup, erişkinlerde görülen kanser çeşitlerinin %2'lik kısmını oluşturur (1). Genç yaşlarda görülme sıklığının ise %1 olduğu görülmüştür. Larinks kanseri oluşumunda bilinen en önemli faktörlerinden biri sigaradır. Sigara kullanımının yaygın olması sebebiyle larinks kanserinin önemi artmaktadır (2). Türkiye'de erkekler arasında görülen kanser çeşitleri arasında ilk sıralarda yer almakta ve ölüm oranlarının yaklaşık %7'sinden sorumlu olduğu düşünülmektedir (3).

Larinks kanseri, baş ve boyun kanserleri arasında uygun tanı ve tedavi ile en iyi yanıt veren tümör çeşididir. Larinks kanseri tedavi yöntemlerinden biri olan radyoterapi hedef tümöre gerekli dozu verirken sağlıklı ve riskli dokuları mümkün olduğu sürece korumayı amaçlamaktadır. Tümöre gereken dozu vermek amacıyla başlarda kompensatör, wedge filtre ve blok alan gibi alan ve ışın şekillendirici aletler kullanılmıştır. İlerleyen teknoloji ile birlikte kullanımı zor olan bloklar yerine lineer hızlandırıcıların kafasına yerleştirilen bilgisayar kontrollü çok yapraklı kolimatörler (ÇYK) kullanılmakta olup; bu sayede üç boyutlu konformal radyoterapi tekniği (3BKRT) geliştirilmiştir. Daha sonrasında hassas dokulara yakın konkav yapıdaki tümörlerin gerekli dozu alabilmesini sağlayan ve ışınlama sırasında ışın yoğunluğunun değiştirilmesi sayesinde kritik organlarda keskin doz düşüşü temeline dayanan yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) tekniği geliştirilmiştir (4-6).

Larinks ışınlamasında kullanılan en yaygın ışınlama tekniklerinden birisi olan yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) tekniğini kullanan cihazlar arasında helikal tomoterapi cihazı önemli yer tutar. YART tedavisi yapabilme özelliğine sahip Helikal tomoterapide, kaynak hasta etrafında dönerken, ÇYK'lerinde sürekli olarak hareket etmesi sonucu oluşan farklı yoğunlukta ışın alanları oluşturulmaktadır (7). Helikal tomoterapi cihazı doz dağılımı optimizasyonunun sağlanmasını sağlayan 1 cm, 2,5 cm ve 5 cm olmak üzere farklı çene genişliklerine sahiptir. Çene genişliği doz dağılımını etkilemekte olup farklı çene genişlikleriyle elde edilen tedavi planlarında hedef hacim ve riskli organ hacimlerinin aldıkları dozlar farklı olabilmektedir.

Literatürde farklı kanser bölgeleri ışınlanmasında çene genişliğinin doz dağılımına etkisi araştırılmış olup, bu çalışmada yapmayı amaçladığımız larinks radyoterapisinde çene parametresinin etkisiyle ilgili çalışmaya rastlanmamıştır.

Sugie ve ark. (8), meme kanseri tanılı 25 hasta için helikal tomoterapideki 2,5 ve 5cm' lik çene genişliklerinin organ dozlarına etkilerini karşılaştırmıştır. Bu araştırmanın sonucunda 2,5 cm' lik çene genişliğinin 5 cm' lik çene genişliğine göre hedef organda daha homojen bir doz dağılımı ve daha düşük kritik organ dozlarını sağladığı görülmüştür.

Moldovan ve ark. (9), baş ve boyun kaseri tanılı 3 hasta için helikal tomoterapideki 1 cm, 2,5 cm ve 5 cm'lik çene genişliklerinin doz dağılımına ve tedavi sürelerine etkilerini karşılaştırmıştır. Sonuç olarak hedef organdaki homojen doz dağılımı ve kritik organ dozlarının daha düşük olması sebebiyle daha küçük çene genişliklerinin daha büyük çene genişliğine göre avantajlı olduğu görülmüştür. Ancak tedavi sürelerinin tam tersi bir etki yaratarak, çene genişliği arttıkça azaldığı gözlemlenmiştir.

Kanagaki ve ark. (10), fantomda akciğer kanseri ışınlanması için hedef hacim ve kritik organ yapılarını oluşturarak 1 cm ve 2,5 cm'lik çene genişliklerinin doz dağılımına etkileri açısından karşılaştırılmışlardır. Bu fantom üzerinde sonuçlar incelendiğinde 1 cm'lik çene genişliğinin 2,5 cm'lik çene genişliğine nazaran daha düşük hedef hacim ve kritik organ dozu gözlemlendiği görülmüştür.

Manabe ve ark. (11), akciğer kanseri tanılı 35 hasta için helikal tomoterapideki 2,5 ve 5cm'lik çene genişliklerinin organ dozlarına etkilerini karşılaştırmıştır. Sonuçlar incelendiğinde 2,5 cm'lik çene genişliğinin hem planlanan tedavi hacmindeki doz homojenitesi, hemde kritik organ dozlarının düşüklüğü açısından daha avantajlı olduğunu göstermiştir.

Clark ve ark. (12), larinks kanseri tanılı 6 hasta üzerinde konvansiyonel radyoterapi ile YART tekniklerini kullanarak dozimetrik açıdan karşılaştırmıştır. YART tekniği ile normal dokularda herhangi bir komplikasyon olasılığı olmadan hedef hacimde homojen bir doz dağılımı olduğu görülmüştür. Matthiesen ve ark. (13), glottik larinks kanseri tanılı 10 hasta üzerinde YART ve VMAT tekniklerini dozimetrik olarak karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonucunda VMAT tekniğinin kritik organ dozlarında daha fazla azalma olduğu ve hedef hacime daha optimal doz sağlayan teknik olduğu

görülmüştür. Chatterjee ve ark. (14), glottik larinks kanseri tanılı 5 hasta için üç boyutlu konformal radyoterapi (3BKRT) ve karotis koruyucu helikal tomoterapi (cstomo) tekniklerini kullanarak dozimetrik açıdan karşılaştırmıştır. Cstomo tekniğinde sağ ve sol karotis dozlarında anlamlı bir düşüş elde edilirken, hedef hacimde daha homojen bir doz dağılımı ve konformite sağlamış olduğu gözlenmiştir.

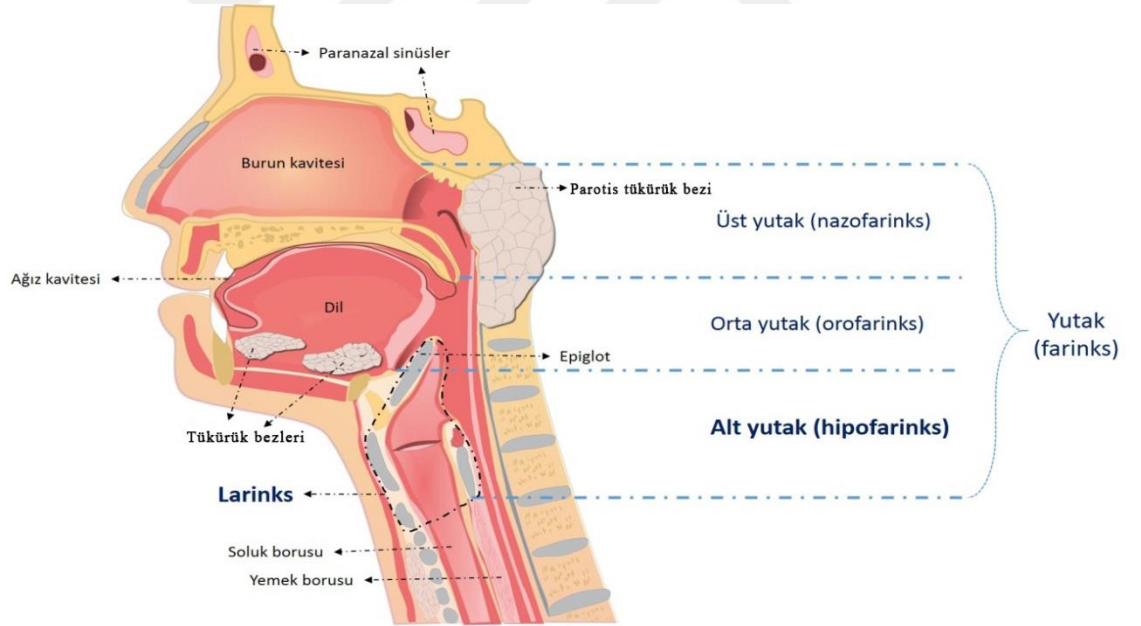
Yapılan tüm bu çalışmalardan görülmektedir ki; kullanılan radyoterapi tekniği larinks ışınlanmasında hedef ve riskli organların aldığı doza etki etmektedir. Helikal tomoterapi ile radyoterapi planlamasında ise tedavide kullanılacak olan çene genişliği doz dağılımını, dolayısıyla da ilgilenilen hacim dozlarını değiştirmektedir.

Bu tez çalışmasında, İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi Radyasyon Onkolojisi kliniğinde tedaviye alınan 15 larinks kanseri hastasının bilgisayarlı tomografi (BT) kesitlerini kullanarak, YART özelliğine sahip tomoterapi cihazının 1 cm, 2,5 cm ve 5 cm'lik çene genişlikleri ile oluşturulan tedavi planlarının, hedef hacim ve kritik organ dozları ile tedavi süreleri açısından karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Larinks Anatomisi

Larinks, solunum borusunun en karmaşık yapıya sahip kısmını oluşturur. Bunun sebebi, larinksin solunum dışında, ses oluşturmak gibi oldukça karışık bir göreve sahip olmasıdır. Bu sebeple larinks kanserinin doğru tespit edilip tedavisine karar vermek için bu bölgenin anatomisinin çok iyi bilinmesi gereklidir. Larinks boyun ön tarafında 3-6. boyun vertebraları yüksekliğinde, dil kökü ile trakea arasında bulunur. Larinksin arka kısmı farenksin alt parçası ile komşusu şeklindedir. Bu kısımda farenksin ön duvarını oluşturur. Larinksin üst kısmı ise epiglot, mukozal plikalar ve bağ dokusu ile dile komşu şeklindedir. Larinksin alt kısmı trakea'ya uzanır şeklindedir. Larinksin üst deliğinin, solunum yolunu daraltabilecek ve kapatabilecek özellikte olması, ses oluşumunu ve yabancı cisimlerin solunum yoluna kaçmasını önlemektedir (Şekil 2.1) (15).



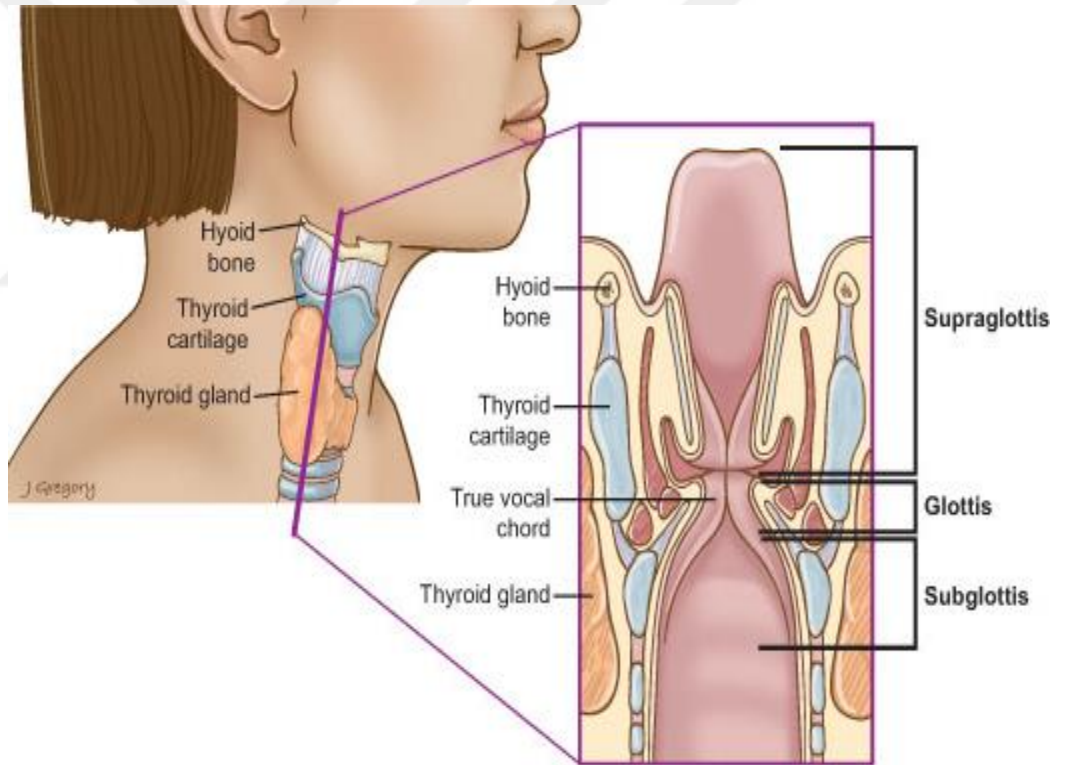
Şekil 2.1. Larinksin sagittal anatomik kesiti

Larinks embriyolojik ve anatomik olarak üç bölüme ayrılır (Şekil 2.2).

a) Supraglottik bölüm: Epiglotun uç kısmından gerçek korda kadar uzanan kısımdır. Bu bölüm içerisinde epiglot, ventriküler bandlar (yalancı bandlar), areoepiglottik plikalar, aritenoid kıkırdaklar ve ventriküller yer alır (16).

b) Glottik bölüm: Gerçek vokal kordlar bu bölümde bulunur. Bu bölüm iki vokal kord, ön ve arka olmak üzere komisser ve rima glottisten oluşur (16).

c) Subglottik bölüm: Gerçek vokal kordlarının alt sınırı ile başlayarak birinci trakea kıkırdağı arasındaki bölümde bulunur (16).



Şekil 2.2. Larinks bölümlerinin anatomisi

2.2. Larinks Kanseri Epidemiyolojisi

Larinks kanseri vücutta bulunan tüm kanser çeşitlerinin % 2'sini oluşturmaktadır (1). Bu oran cinsiyete göre farklılık göstermektedir. Kanseri çeşitleri arasında, larinks kanseri %90'ı erkeklerde olmak üzere her yıl 52.000 yeni vaka ile Avrupadaki en yaygın kanser çeşididir (2). Erkeklerde daha fazla görülen bu kanser türünün yavaş yavaş kadınlarda görülme sıklığının arttığı görülmektedir. Larinks kanserinin görülme sıklığı kuzey Avrupaya göre güney Avrupada daha yüksek olduğu görülmüştür.

Ülkeler arasında larinks kanserinin görülme oranlarına bakıldığında Kanada, İtalya, Danimarka ve Avustralya'da artarken, Finlandiya'da vaka oranlarında düşüş olduğu gözlenmiştir (2). Türkiye'de ise larinks kanserinin görülme sıklığı incelendiğinde, ilgili verilerin yeterli olmadığı görülmüştür. Elçi ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada erkeklerde görülen kanser çeşitleri arasında 2. sırada olduğu görülmüştür (3). Karakök ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise tümör çeşitleri arasında 3. sıklıkta görülen çeşit olduğu saptanmıştır (17).

Larinks kanserine sebep olan etkenler arasında hormonlar, virüs enfeksiyonları, hava kirliliği, asbest ve tahta tozu, kömür ve metal partikülleri yer almaktadır. Ancak sigara içen ve alkol kullanan kişilerin larinks kanseriyle kesin ilişkili oldukları bulunmuştur (2,18).

2.3. Larinks Kanseri Tedavisi

Larinks kanseri tedavisinde en önemli amaç kür sağlamaktır. Diğer önemli amaçlar ise; ses fonksiyonunu korumak, ses kalitesini temin etmek ve normal yutma fonksiyonunun korunmasını sağlamaktır. Erken evre tümörlerinde (Evre I ve II) tek tedavi yöntemi seçilirken, ileri evre tümörlerinde kombine tedavi yöntemleri seçilir. Larinks kanserlerinde evreleme tümörün bulunduğu bölgedeki bazı kriterlere bakılarak tanımlanır. Bunlar; larinksin hangi bölgesinde orjin aldığı, endolarinks içindeki yüzeysel yayılımı, larinks dışına yayılımı (priform sinüs, postkrikoid, hipofarenks yan duvar, dilkökü, tiroit bezi ve boyun yumuşak doku) ve ses tellerinin hareketidir. Tablo 2.1'de evreleme gösterilmektedir. Evre belirlemek üzere doğrudan ve dolaylı laringoskopik muayene, baş-boyun muayenesi ve radyolojik yöntemler kullanılır. Tanı sırasında glottik larinks kanserlerinin %75'i erken (Evre I ve II) evrede, supraglottik kanserlerinin %70'i ileri evre (Evre III ve IV)'de bulunur.

Larinks kanserlerinde cerrahi tedavi ve radyoterapi olmak üzere iki ana tedavi metodu bulunur. Erken evreli tümörlerde hangi tedavinin seçileceği tümöre, hastaya ve tedaviye bağlıdır. Tümöre ait faktörler tümörün larinks içindeki konumu, tümör evresi, yayılımı, tümörün histolojisi ve grad'ıdır. Hastaya ait faktörler hastanın yaşı, genel sağlık durumu, akciğer fonksiyon testlerinin durumu, hastanın mesleği ve kişisel tercihidir. Tedavi faktörü; hastanın yaşadığı ortamda radyoterapi merkezinin veya baş-boyun cerrahisinin başarı ile yapan merkezlerin bulunması, yeterli teknik ve beceriye sahip doktorların bulunmasına bağlıdır.

Verrüköz kanserler, minör tükürük bezi karsinomları, yumuşak doku sarkomaları ve malign melanomalarda cerrahi tedavi seçilirken, az differansiye epidermoid, indifferansiye ve küçük hücreli karsinomlarda ve Non-Hodgkin Lenfomu (NHL), plazmositomalarda radyoterapi seçilir. Hastanın yaşı ve genel sağlık durumu cerrahi operasyona elverişli ise cerrahi tedavi, yoksa radyoterapi uygulanır. Genel sağlık durumu çok bozuk olan hastalarda bazen palyatif radyoterapi veya kemoterapi ile tedavi yapılır.

Subraglottik larinksin erken evreli (Evre I ve II) karsinomlarında genellikle cerrahi tedavi uygulanır. Tümör yüzeysel ve az differansiye ise radyoterapi denenebilir. Boyunda Lenf Bezi Büyümesi (Lenfadenomegali, Lenfadenopati, LAP)(N1) olanlarda önce cerrahi tedavi yapılır, gerekirse postoperatif (cerrahi operasyon sonrası) radyoterapi ilave edilir. Glottik larinks karsinomlarında erken evrelerde radyoterapi ile tedavi yapılır. Tümör nüks ederse cerrahi uygulanır. Subglottik bölge karsinomları tanı sırasında ileri evrede olduklarından, kombine tedavi (cerrahi ve postoperatif radyoterapi) ile tedavi edilir.

Tanı sırasında ileri evre (Evre III ve IV) tümörlü hastalarda başlangıçtan itibaren kombine tedavi yaklaşımı ile tedavi planlanır, önce cerrahi tedavi yapılır ve operasyonda çıkarılan materyalin incelenmesi sonucu postoperatif radyoterapi uygulanır. Klinik olarak erken evre tümörlü kabul edilip cerrahi operasyon yapılanlarda, çıkarılan materyalin tetkiki sonucunda yukarıda belirtilen kriterleri taşıyanlara postoperatif radyoterapi ilave edilir. Bu hastalar sonuçta kombine tedavi yöntemiyle tedavi edilmiş sayılırlar (19).

Tablo 2.1. Larinks Kanserinde TNM evrelemesi ve Evre Grupları (19)

Primer Tümör (T)	
Tx	Primer tümör değerlendirilmedi
T0	Primer tümör bulgusu yok
Tis	Karsinoma-in situ
Subraglottis Bölge	
T1	Normal kord hareketi ile birlikte supraglottisin bir bölgesine sınırlı tümör
T2	Normal kord hareketi ile birlikte supraglottisin birden fazla bölgesine veya glottise veya subraglottis dışına invaze tümör
T3	Larinkse kısıtlı olup, ses teli paralizisi mevcut ve/veya postkrikoid veya preepiglottik bölge yayılımı
T4	Tiroid kıkırdağı ve/veya boyun yumuşak dokular, tiroid bezi
Glottik Bölge	
T1	Primer tümör ses teli veya ses tellerinde kısıtlı olup, ses teli hareketleri normal
T2	Primer tümör supraglottik ve/veya subglottik bölgeye yayılmış, ses teli hareketleri bozulmuş
T3	Primer tümör larinkse kısıtlı olup, ses teli paralizisi mevcut
T4	Primer tümör tiroid kıkırdağını invaze etmiş ve/veya larinks dışı organ ve dokulara yayılmış
Subglottik Bölge	
T1	Subglottik bölge ile sınırlı
T2	Normal ve bozulmuş kord hareketi ile birlikte, kord ve kordlara uzanan tümör
T3	Kord fiksasyonu ile birlikte larinkse sınırlı tümör
T4	Krikoid ve/veya tiroid kıkırdağını invaze etmiş ve/veya larinks dışı organ ve dokulara yayılmış
Lenf Bezi (N)	
Nx	Bölgesel lenf bezi değerlendirilmedi
N0	Bölgesel lenf bezi metastazı yok
N1	Ipsilateral, tek ve 3 cm'den küçük lenf metastazı
N2	Ipsilateral 3-6 cm boyutunda tek lenf metastazı veya ipsilateral multipl 6 cm'den küçük lenf bezi metastazları
N3	6 cm'den büyük lenf bezi metastazı
Uzak Metastaz (M)	
Mx	Uzak metastaz değerlendirilmedi
M0	Uzak metastaz yok
M1	Uzak metastaz mevcut
Evre Grubu	
Evre 0	TisN0M0
Evre I	T1N0M0
Evre II	T2N0M0
Evre III	T3N0M0
Evre IVA	T4N0M0, T4N1M0, T0-4N2M0
Evre IVB	T0-4N3M0
Evre IVC	T0-4N0-3M1

2.4. Larinks Kanserinde Radyoterapi

Larinks karsinomlarında ve kanserinde uygulanan radyoterapi; primer radyoterapi, kombine tedavi yaklaşımı şeklinde uygulanan (postoperatif ve preoperatif (cerrahi operasyon sonrası ve öncesi)) radyoterapi ve palyatif radyoterapi şeklindedir.

Primer radyoterapi ana tedavinin radyoterapi olduğu tedavidir. Glottik bölgenin erken evreli (Evre I ve II) tümörlerinde tercih edilen tedavi metodudur (Şekil 2.3). Radyoterapi ile tedavi edilenlerde ses kalitesi, cerrahi tedavi yapılanlardan daha iyidir. T1N0M0 evre tümörlerinde yalnız primer tümöre, T2 ve az differansiye karsinomalarda primer tümör ve bölgesel lenf bezlerine radikal ışın tatbik edilir. Glottik bölgenin ileri evre (Evre III ve IV) tümörlerinde ise hasta inoperabl (cerrahi operasyon uygulanamayan) veya medikal inopere bulunmuşsa veya hasta operasyonu kabul etmiyorsa primer radyoterapi ile tedavi yapılır. Primer tümör ve boyuna radikal ışın dozu uygulanır. Supraglottik larinks karsinomalarında erken evrelerde (T1-2N0M0), yüzeysel tümörlerde ve boyun hastalığı olmayan hastalarda radyoterapi denenebilir. Supraglottik karsinomalarında erken evreli (T1-2N0M0) ve az differansiye karsinomalarında primer radyoterapi uygulanabilir. Kıkırdak yayılımı varsa mutlaka cerrahi tedavi yapılmalıdır. Supraglottik larinks kanserli olup, tümörü inoperabl bulunanlar veya medikal inopere hastalar primer radyoterapi ile tedavi edilirler. Işın alanları primer tümör ve boyun bölgesini içerir. Subglottik larinks kanserli hastalarda cerrahi operasyon yapılamayanlara veya cerrahiye kabul etmeyenlere primer radyoterapi uygulanır. Radyoterapiden evvel trakeostomi yapılmalıdır. Subglottik larinks karsinomalarında primer tümör, boyun ve üst mediasten ışınlanır. Işın dozları in situ karsinomlarında ve T1 tümörlerinde 6000 cGy/30 fraksiyon (fr) 6 haftada, T2 tümörlerinde 6400-6600 cGy/32-33 fr 6.5-7 haftada ve T3-T4 tümörlerinde 6600-7000 cGy/33-35fr 7 haftadadır. Klinik N0 boyuna minimum 5 haftada 5000 cGy, N1'de 6 haftada 6000 cGy ve N2-3'te 6-7 haftada 6000-6800 cGy ışın verilir.

Postoperatif radyoterapi cerrahiden 2-6 hafta sonra ve yara iyileşmesi tamamlandıktan sonra uygulanır. Cerrahi sonrası rutin postoperatif radyoterapi dozu 6 haftada 6000 cGy'dir. Mikroskopik rezidü tümörlerinde 6-7 haftada 6200-6400 cGy, makroskopik rezidüde 7 haftada 7000 cGy ışın verilir. Hastada boyunda sabit LAP varsa ve bu nedenle preoperatif radyoterapi veriliyorsa, 5-6 haftada 5000-6000 cGy kadar ışın tatbik edilir. LAP hareketli hale gelince cerrahi planlanır. Hasta radyoterapiden 4-5

hafta sonra cerrahi operasyona gönderilir. Palyatif radyoterapi kür şansı olmayan ağrı, hemoraji ve primer tümörü kontrol etmek için uygulanır. Genellikle küçük ışın alanları kullanılarak palyatif doz verilir.

Akut radyasyon reaksiyonları radyoterapi sırasında ortaya çıkan geçici ve orta şiddetteki reaksiyonlardır. Bunlar; ses kısıklığında artma, disfaji (yutkunmada zorluk), mukozit, ışın alanı içindeki ciltte geçici pigmentasyon artımı ve kuru deride pul pul dökülmedir. Akut reaksiyonlar yaklaşık bir ay sonra normale döner. Supraglottik larinks kanserlerinde kullanılan ışın alanları oral kavitenin bir kısmını da içerdiğinden, bu hastalarda tat alma kaybı, ağız kuruluğu, disfaji ve kilo kaybı gibi şikayetler olur. Geç radyasyon komplikasyonları; larinks ödemi (%15-25), ciddi larinks ödemi (%1-4) ve larinks nekrozu (%0,5-1)'dur (19).



Şekil 2.3. T1-T2 glottik larinks için radyoterapi alanı (20)

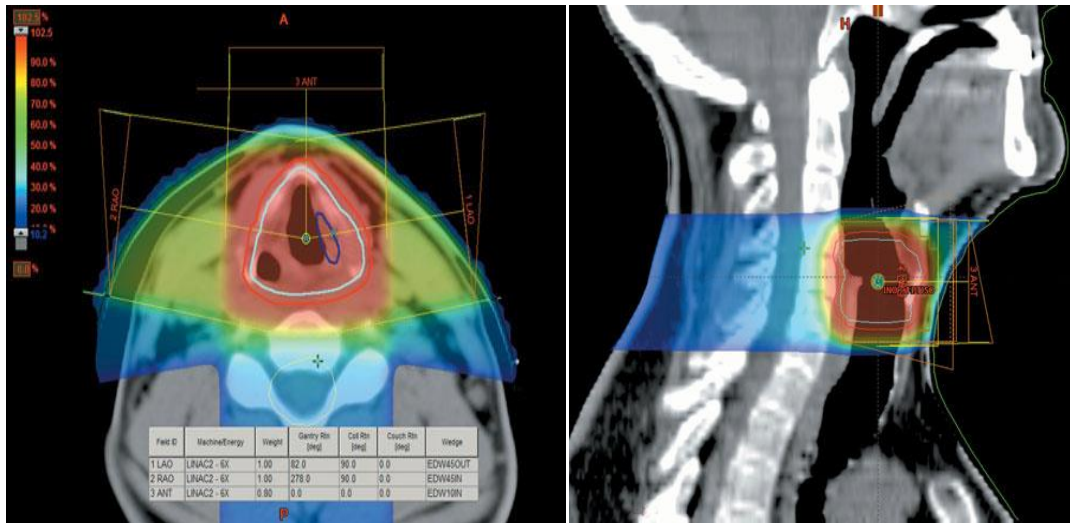
2.4.1. Larinks Kanserinde Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi (3BKRT)

3BKRT tedavi tekniği anatomik bilgilere dayanarak, hedef hacime maksimum dozu verirken, normal dokulara en az dozu vermeyi amaçlamakta olup, tedavi alanlarının boyutlarının seçilmesine ve ışınların uygun şekilde yönlendirilmesine olanak sağlayan bir tedavi tekniğidir.

3BKRT' de öncelikle hasta anatomisinin üç boyutlu görüntüsü BT yardımıyla elde edilerek tedavi planlama sistemine (TPS) aktarılır. Her BT kesitinde hedef hacimler tanımlanır. 3BKRT planlamasındaki en önemli parametrelerden birisi tedavi planlama sistemindeki ışın gözü bakışıdır (BEV). Bu parametre, hastanın anatomisine radyasyon kaynağının bulunduğu noktadan bakıyormuş gibi görülmesini sağlar. Böylece BEV, hedef hacime ve risk altındaki dokulara blokların ve kolimatörlerin doğru yerleştirilmesini sağlar.

Tanımlanan hedef hacimler üzerinde uygun alanlar oluşturulur ve ışın girişleri saptanır. Planlanan hedef hacime (PTV) en uygun olarak seçilen ışın alanlarının biçimlendirilmesi için, her ışın alanının kenarındaki (veya içindeki) ışın almasını istemediğimiz bölgelerde özel koruma bloklar veya çok yapraklı kolimatörler (ÇYK) kullanılır.

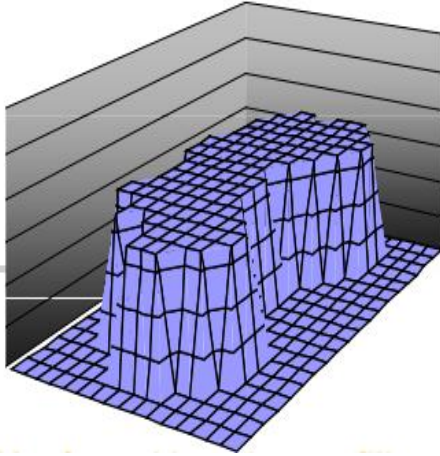
Larinks kanseri 3BKRT uygulamasında farklı açılı alanlar ile PTV üzerinde radyoterapi planlaması oluşturulur. Daha konformal doz dağılımı elde etmek amacıyla, bolus ihtiyacını ortadan kaldıracak anterior eğik yan ışın alanları yanı sıra ön ışın alanı eklenmelidir. Bu şekilde, yan boyun bölgelerine verilen doz miktarı düşürülerek karotis damarlarına zarar verme riski azaltılmış olur. Bununla birlikte karşılıklı oluşturulan ışın alanları ile lenf düğümlerine verilen doz miktarı düşürülecektir. İzodoz eğrileri ve doz hacim histogramları (DVH) yardımıyla tedavi planları değerlendirilerek, en uygun plan tedavi cihazına aktarılır (Şekil 2.4) (21,22).



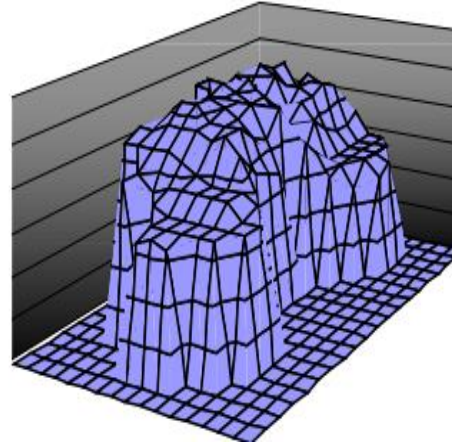
Şekil 2.4. T1 glottik larinks için konformal radyoterapi doz dağılımı (22)

2.4.2. Larinks Kanserinde Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi Tekniği (YART)

YART tedavi tekniği üç boyutlu konformal radyoterapi (3BKRT) tekniğinin geliştirilmiş halidir. 3BKRT’de kullanılan hüzmelerin yoğunluğu sabit iken (Şekil 2.5), YART’ de kullanılan hüzmelerin yoğunluğu hedef hacim ve hassas dokulara göre modüle edilmiş bir doz dağılımı sağlamak amacıyla değişim göstermektedir (Şekil 2.6). Bu değişim için bilgisayar kontrolünde gantride takılı bulunan ÇYK’ler ve tedavi planlama sistemlerinin algoritmaları kullanılmaktadır (23).



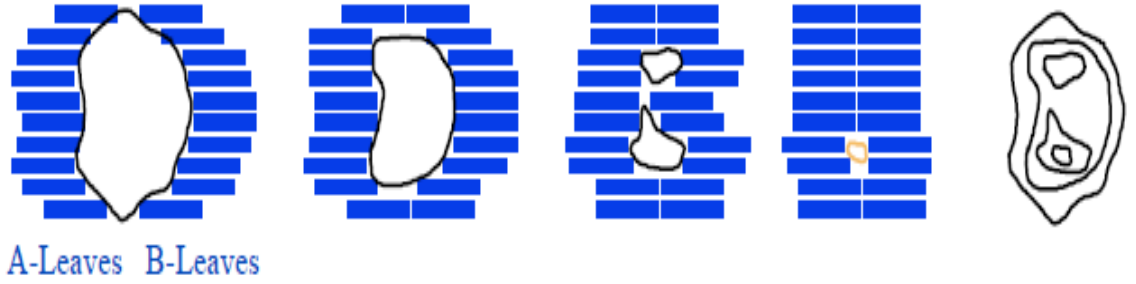
Şekil 2.5. 3BKRT tekniğinde doz profili



Şekil 2.6. YART tekniğinde doz profili

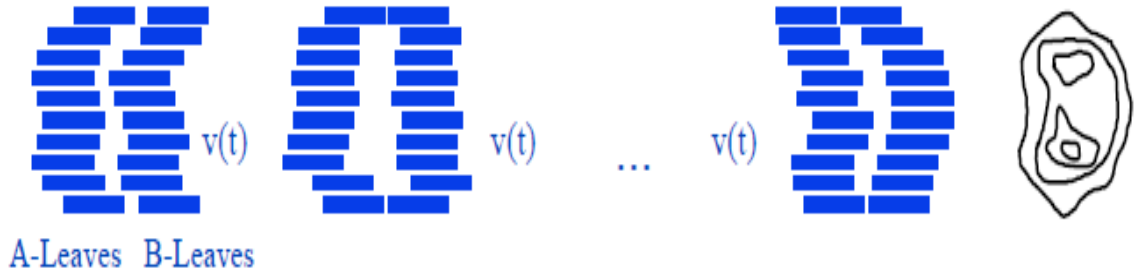
ÇYK donanımına sahip YART yapacak cihazlar için farklı yoğunluklara sahip alanlar oluşturmada iki temel YART tekniği kullanılmakta olup, bunlar statik YART (step and shoot) ve dinamik YART (sliding window) teknikleridir (5,6).

Statik YART (Step and Shoot Tekniği): İlk olarak Bortfeld ve Boyer tarafından düşünüldüğü için Bortfeld-Boyer tekniği olarak adlandırılmaktadır. Bu teknikte lineer hızlandırıcıların ÇYK’leri ile farklı yoğunlukta alanlar oluşturulur. Işınlanacak açılarda gantri sabit durmakta ve farklı konumlanmış yapraklara sahip alanların üst üste getirilmesiyle yoğunluğu değiştirilmiş demetler oluşturulur. Yapraklar hareket halinde iken ışınlanmaz (Şekil 2.7).



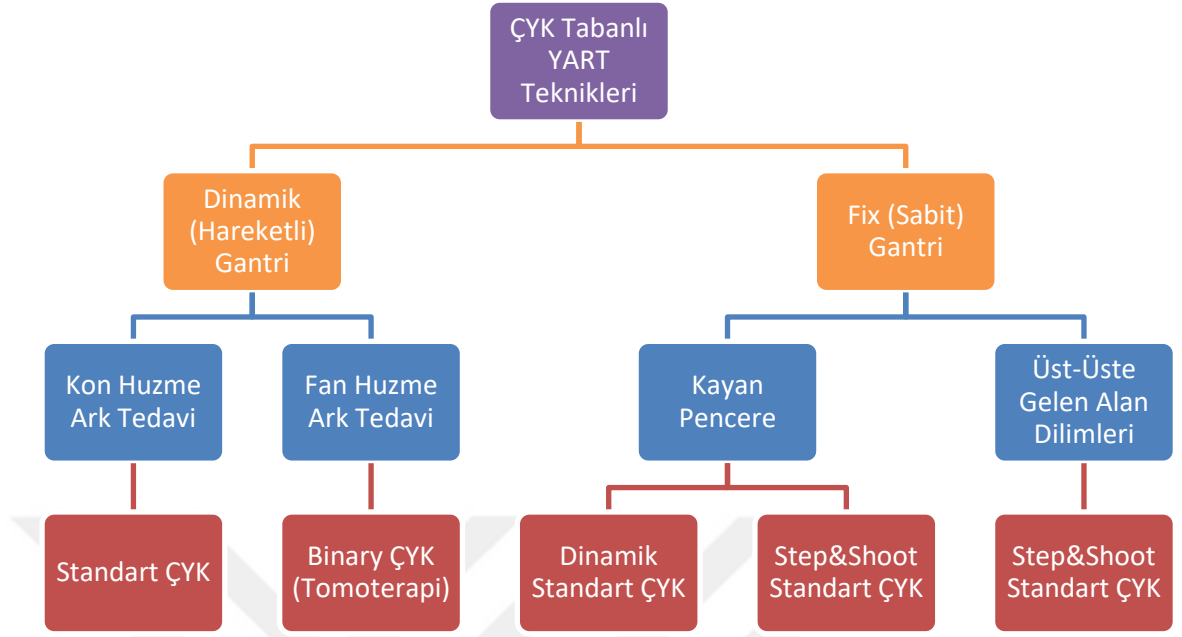
Şekil 2.7. Statik YART (step and shoot) Tekniği

Dinamik YART (Sliding Window): Kayan pencere (Sliding Window) olarak adlandırılan teknikte ise farklı yoğunluktaki alanlar için yine ÇYK'ler yardımı ile oluşturulmaktadır. Bu teknikte ÇYK'ler hareket halinde iken de ışınlama yapılmaktadır. Bu sebeple dinamik YART tekniği, statik YART tekniğine göre daha zordur. ÇYK'lerin hareketi zamanın fonksiyonu olarak olarak değişmektedir. Bu nedenle alanların dozimetresi daha zor hale gelmektedir. Çünkü ÇYK'ler hareket halinde iken ışınlama sürekli olarak devam etmektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Dinamik YART (Sliding Window) Tekniği

YART ile gantrinin sabit ve hareketli olma duruma göre tedavi yöntemleri vardır. Sabit gantride Step and Shoot (Statik) ve Sliding Window (Dinamik) tekniği bulunurken; hareketli gantride ise fan huzme ve kon huzme ark tedavi tekniği bulunmaktadır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. ÇYK tabanlı YART teknikleri (6)

2.5. Radyoterapide Kullanılan Hacim Kavramları

Radyoterapide doğru tedavi planına ulaşabilmek amacıyla hedef hacmin tam anlamıyla anlaşılması ve konturlanması için hacim kavramları tanımlanmıştır. Bu kavramlar Uluslar Arası Radyasyon Birimleri Komitesi (International Commission on Radiation Units and Measurements-ICRU) 50 (1993) ve ICRU 62 (1999) protokollerine göre ifade edilir. ICRU 50 protokolünde GTV, CTV, PTV, TV, IV ve OR tanımlanırken, ICRU 62 protokolünde ise IM, ITV, SM ve PRV tanımlamaları ek olarak getirilmiştir (24,25).

2.5.1. Görüntülenebilir Tümör Hacmi (GTV)

Fiziksel muayene ile hissedilebilir, görülebilen yada görüntüleme teknikleriyle (PET/BT, dijital radyografi, ultrasonografi, manyetik rezonans ile görüntüleme, radyonüklid metotları vb.) tespit edilebilir tümör hücrelerinin, yoğun şekilde yayılmış olduğu hacim büyüklüğüdür (26).

2.5.2. Klinik Hedef Hacim (CTV)

Tomografi kesitlerinde görüntülenebilen tümör hacmine ek olarak fiziksel muayene veya görüntüleme yöntemleriyle saptanamayan mikroskopik tümör uzanımını içine alan hacimdir. CTV tümör yayılımı olarak şüphe uyandırdığı, ancak tümör hacmine dahil olup olmadığı kanıtlanamamıştır (25).

2.5.3. İç Pay (IM)

Vücuttaki iç organ hareketleri (solunum, yutkunma, mesane veya rektumun boş veya dolu olması, kalp atımı, bağırsak hareketleri vb.) hedef hacmin yerini değiştirmek amacıyla CTV' ye iç pay verilir.

2.5.4. İç Hedef Hacmi (ITV)

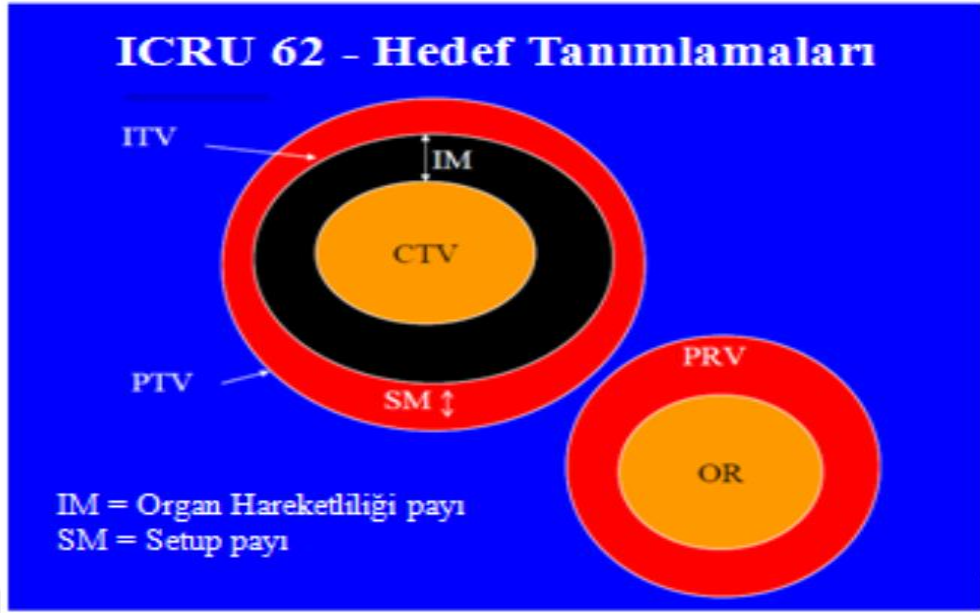
Klinik hedef hacime ek olarak iç payın da eklenmesiyle oluşan yeni hacimdir.

2.5.5. Set-up Payı (SM)

Set-up payı ise dozimetrik belirsizlikler, tedavi cihazının mekanik belirsizlikleri, hasta pozisyonundaki değişiklikler, BT simülatörden tedavi planlama sistemine görüntü aktarırken oluşabilecek olan transfer hatalarını ve insana özgü faktörleri kapsar.

2.5.6. Planlanan Hedef Hacim (PTV)

Klinik hedef hacime tedavi planmasına ek bir pay bırakılarak kullanılan geometrik bir kavramdır (27). CTV'ye ek bir pay bırakılmasının nedeni tedavide yapılabilecek set-up hataları veya diğer belirsizlikler sonucu CTV' nin tedavi planı içinde kalarak gerekli dozu almasını sağlamaktır. PTV klinik hedef hacime iç pay (IM) ve set-up payı (SM)'nin eklenmesi sonucu oluşan yeni hacimdir. PTV nin belirlenmesinde doku yapısı, boyut, şekil, hasta pozisyonları, ışın pozisyonları ve enerji türü etkilidir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. ICRU Rapor 62 hedef tanımlamaları (25).

2.5.7. Tedavi Hacmi (TV)

Tedavi dozunun sadece planlanan hacme verilmesi olanaksızdır. Bu sebeple dozun verilmesi sırasında kabul edilebilir komplikasyonlara neden olabilecek doz sınırını içine alan hacimdir.

2.5.8. Işınlanan Hacim (IV)

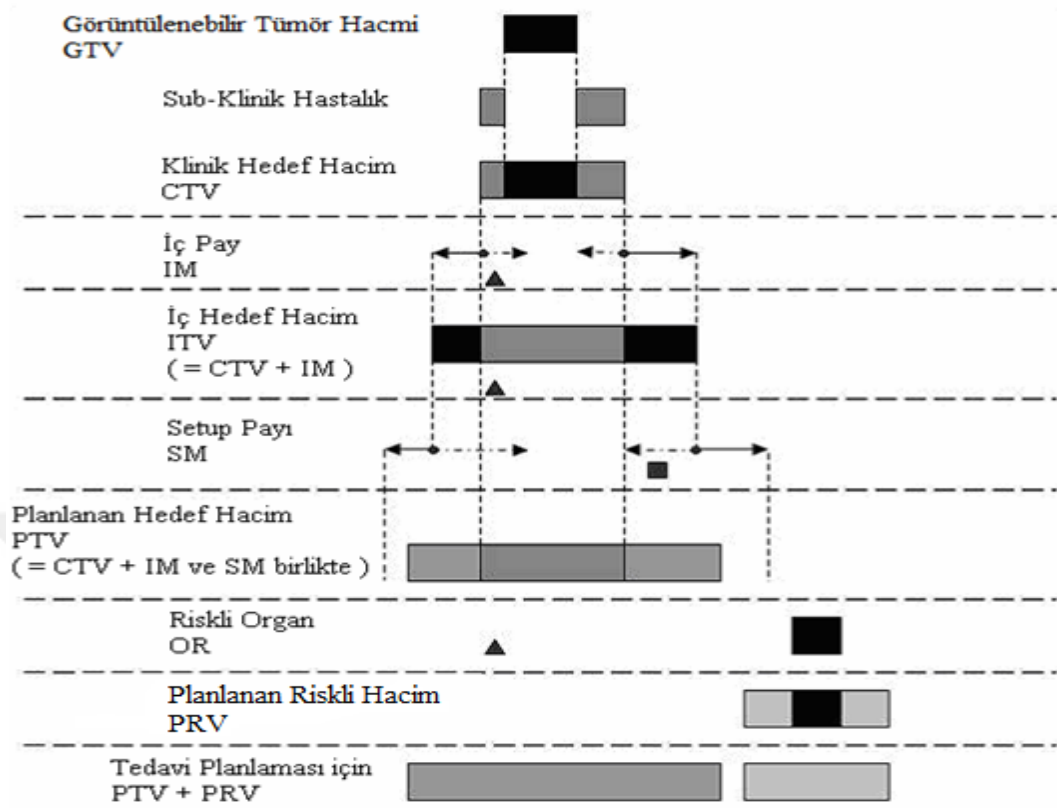
Tedavi hacminden daha büyük bir hacim olan ışınlanan hacim; ışının direkt ve saçılarak geçtiği hacimdir.

2.5.9. Riskli Organ (OR)

Planlama tedavi alanı içinde kalan, radyo duyarlılığı fazla olması nedeniyle önceden belirlenerek doz sınırlaması getirilen organlardır.

2.5.10. Planlanan Riskli Hacim (PRV)

Hasta hareketi ile riskli organların da hareket etmesiyle riskli organlarda beklenmedik yüksek dozları engellemek amacıyla riskli organ hacmine marj verilerek ilave paylarda PRV belirlenir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Radyoterapide kullanılan farklı hacim kavramları (25).

2.6. Homojenite İndeksi (HI) ve Konformite İndeksi (CI)

Homojenite indeksi (HI) ICRU tarafından yayınlanan Rapor 83'e göre aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır (27).

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

Burada $D_{\%2}$ hedef hacmin %2'sinin aldığı doz (yaklaşık maksimum doz), $D_{\%98}$ hedef hacmin %98'inin aldığı doz (yaklaşık minimum doz), $D_{\%50}$ ise hedef hacmin %50'sinin aldığı doz (yaklaşık ortalama doz) olarak tanımlanmaktadır. HI değeri 0 olduğunda ilgilenilen hacim tam olarak homojen dağılımına sahip demektir. Artan HI değerlerinde ise homojen doz dağılımı azalır (29).

Konformite İndeksi tedavi edilen hacmin tamamının, tanımlanan dozu alıp almadığını gösteren bir matematiksel ifadedir. Aşağıdaki bağlantı ile hesaplanır.

$$CI = \frac{\text{Tedavi Hacmi}}{\text{Hedef Hacim}}$$

Burada tedavi hacmi, tedavi dozunun kapsadığı hacmi; hedef hacim ise toplam PTV hacmini göstermektedir. Radyoterapi Onkoloji Grubu (The Radiation Therapy Oncology Group-RTOG) kriterlerine göre CI değeri 1'e eşit olduğunda ideal doz dağılımından bahsedilebilir. Konformite indeks değeri 1'den büyükse, ışınlanan hacim hedef hacimden büyüktür. CI 1'den küçük ise hedef hacim kısmi olarak ışınlanıyordur. RTOG yayınları konformite indeksini tedavi planının uygunluk derecesini tahmin etmede kullanır.

CI için 1 değeri nadir olarak elde edilir. İndeks değeri 1-2 arasında ise tedavinin tedavi planı ile uyumlu olduğu değerlendirilir. 2-2,5 arası ise veya 0,9-1 arası ise küçük sapma mevcuttur. İndeks 0,9'dan küçük veya 2,5 değerinden büyük ise büyük sapma olduğundan bahsedilebilir.

Bu indeksin büyük sakıncası iki hacmin uzaysal ayrımını veya şekillerini hesaba katamaz ve tek başına bir bilgi vermez. Bu indeks, BT kesitlerine bakarak ve doz-hacim histogramı (DVH) gözlemlenerek tedavi planının uygunluğuna bakılabilir (28).

2.7. Larinks Radyoterapisinde Hedef Hacim ve Kritik Organ Doz Sınırlamaları

Larinks radyoterapisinde asıl amaç, hedef hacme maksimum dozu verip, çevresindeki korunması gereken kritik organları minimum doza maruz bırakmaktır. Bu nedenle RTOG 0615 ve yapılan araştırmalar incelenerek oluşturulan İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı YART protokolüne göre hedef hacmin ve kritik organların referans doz sınırlamaları alınmıştır.

Bu bağlamda sağ ve sol karotis için V35 (35 Gy veya üzeri doz alan yüzde hacim) < %25, V50 (50 Gy veya üzeri doz alan yüzde hacim) < %4, V63 (63 Gy veya üzeri doz alan yüzde hacim) < %1 olması gerektiği belirtilmiştir. Spinal kord için maksimum doz değeri 45 Gy altında olması gerektiği belirtilmiştir (Tablo 2.2.).

Tiroidi için ortalama doz değeri 15 Gy altında, V30 (30 Gy veya üzeri doz alan yüzde hacim) < %20 ve V50 (50 Gy veya üzeri doz alan yüzde hacim) < %15 olması gerektiği belirtilmiştir. Sağ ve sol submandibular için ortalama doz değeri 10 Gy altında olması gerektiği belirtilmiştir.

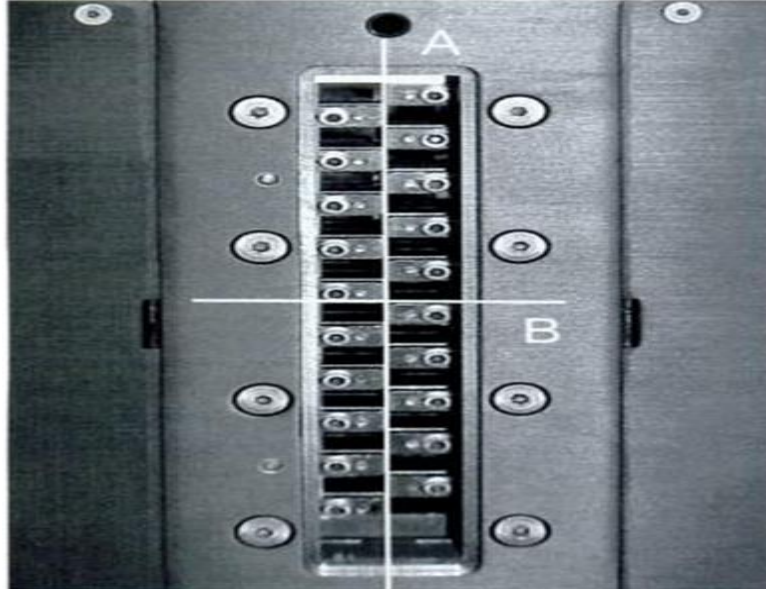
Tablo 2.2. Kritik Organların Tolerans Doz Değerleri

Karotisler	V35	< %25
	V50	< %4
	V63	< %1
Spinal Kord	Maksimum	< 45 Gy
Tiroid	Ortalama	< 15 Gy
	V30	< %20
	V50	< %15
Sağ-Sol Submandibular	Ortalama	< 10 Gy

2.8. Tomoterapi

2.8.1. Serial Tomoterapi

Mark Carol tarafından geliştirilen serial tomoterapi her birinde 20 yaprak bulunan iki set binary kolimatör (MIMIC, Multivane-Collimatör) ile dönen demet fikri kullanılarak; iki kesit aynı anda ışınlanabildi (Şekil 2.12). Gantrinin dönmesi esnasında masanın hareket etmesi yerine bir defada iki kesit birden ışınlanmıştır. Binary kolimatörleri basınçla çalışmakta olup, yaprak genişliği 1 cm'dir. Serial tomoterapi, Corvus optimizasyon algoritması ile ilk YART yapan sistemdir (29).

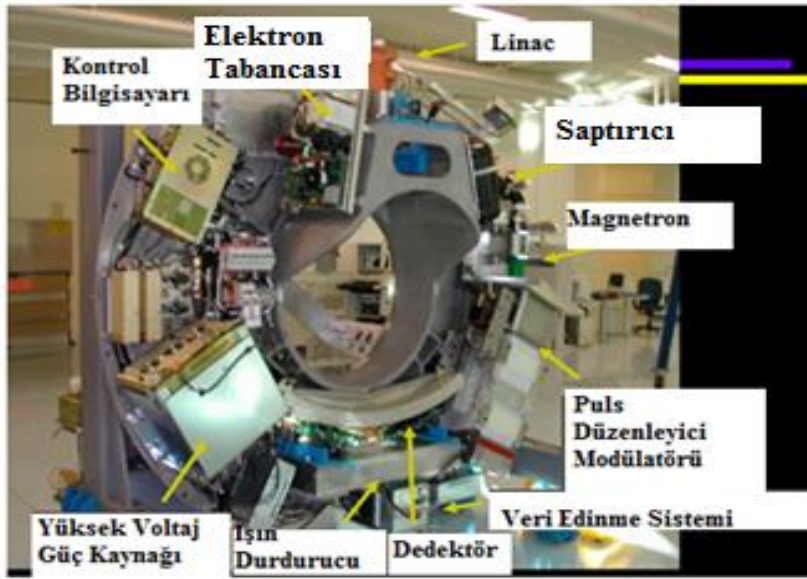


Şekil 2.12. Yoğunluk ayarlı çok yapraklı kolimatör (MIMIC)

2.8.2. Helikal Tomoterapi

2.8.2.1. Helikal Tomoterapinin Genel Özellikleri

Tomoterapi sözlük anlamı 'kesit tedavisi'dir. Helikal tomoterapi; bilgisayarlı tomografiye benzer şekilde halka bir gantri, yüksek voltaj kaynağı, ışın durdurucu, detektör, magnetron, hızlandırıcı tüpe sahip, ışın demetinin ÇYK'ler ile şekillendiği cihazdır (Şekil 2.13). Genel işleyişi, gantri üzerine yerleştirilmiş lineer hızlandırıcı veya radyasyon kaynağının hasta gantri içine ilerlerken radyasyon demetinin şekillendiren ÇYK'ler ile üst ve alt ekseninde verilmesi şeklindedir.



Şekil 2.13. Tomoterapi cihazının iç yapısı

Helikal tomoterapi, halka üzerine yerleştirilmiş gantri ile helikal ışınlama yapan eksternal bir radyoterapi cihazdır. Standart konvansiyonel cihazlardan farklı birçok özellik içermekte olup, bunlar;

- 1) Kaynak ile cilt mesafesi (SSD) 100 cm yerine 85 cm'dir.
- 2) Düzleştirici filtre bulunmamaktadır. Sadece YART yapan cihaz için tasarlandığından avantaj sağlamaktadır.
- 3) Alan ışığı yerine sanal eşmerkezler tanımlanır.
- 4) Sadece 6 MV foton ışınması yapar. Elektron ışınması yoktur.
- 5) Blok ve kama filtre bulunmamaktadır.
- 6) Kolimatör ve masa açısı kavramları yerine 360 derece sürekli ve sabit hızlı gantri rotasyonu ve masa hareketi vardır.

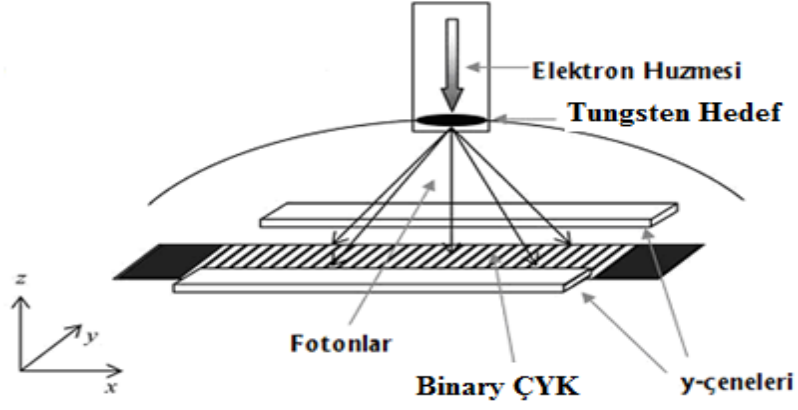
YART tekniğinde düzleştirici filtreye ihtiyaç duyulmaması T.R. Mackie tarafından açıklanmıştır (Şekil 2.14). Helikal tomoterapi klinikte kullanılmadan bir dizi testten geçirilmektedir. Bunun nedeni YART yapılırken kullanılan alanlar $1 \times 1 \text{ cm}^2$ kadar küçük olabilmekte olup, küçük hacimlere çok yüksek dozlar verildiğinden, ışın demeti boyutundaki bir hata doz veriminde büyük değişikliğe sebep olur. Bu testler kalite kabul testleri olmakla beraber belirli sürelerde tekrarlanması gerekmektedir (30,31).



Şekil 2.14. Rock Mackie ve Tomoterapi Cihazı (32)

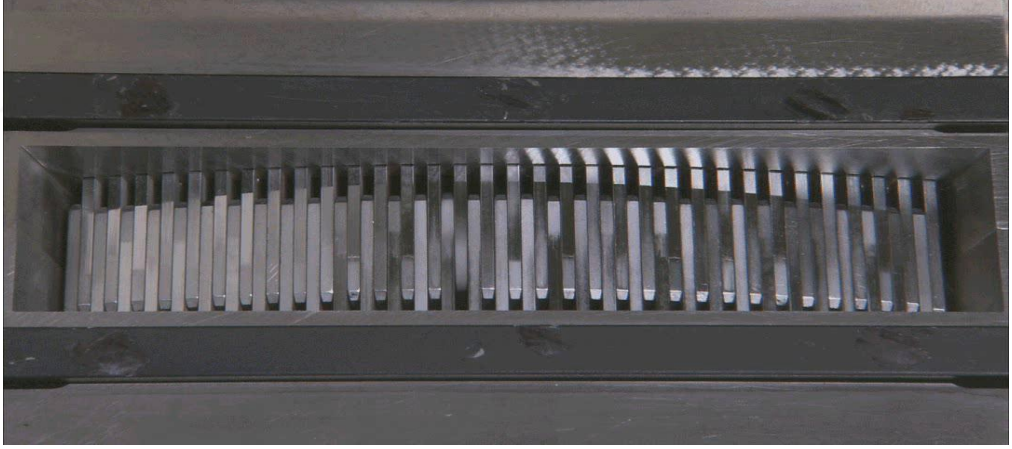
2.8.2.2. Helikal Tomoterapinin Teknik Özellikleri

Helikal tomoterapide, ışın kaynağı olarak 6 MeV enerjili elektronların Tungsten hedefe çarpmasıyla oluşan 6 MV enerjili foton kullanılmaktadır. Halka şeklindeki gantri üzerine yerleştirilen lineer hızlandırıcıda oluşan ışınlar ilk olarak birincil kolimatörlere ve çenelere ulaşır. Birincil kolimatörler ve çeneler %95 Tungsten alaşımdan yapılmış olup, kolimatörlerin kalınlığı sızıntıyı azaltmak amacıyla 22 cm'dir. Çeneler 1 cm, 2,5 cm ve 5 cm olmak üzere üç farklı genişlik boyutuna sahiptir (Şekil 2.15). Çene boyutları tedavi edilecek olan hacim boyutuna göre değişmektedir. Örneğin; 1 cm'lik çene genişliği küçük hacimlerde homojen doz dağılımı sağlamaktadır. 5 cm'lik çene genişliği ise kraniyosipinal ve ekstremiteler gibi geniş tedavi alanlarında kullanılmak için uygundur (31,32).



Şekil 2.15. Tomoterapide Tungsten hedef, çene ve ÇYK'ler

Çenelerin alt kısmında alan şekillendirilmesinde kullanılan 64 adet hava basıncı ile hareket eden ve tungsten olan ÇYK'ler bulunur (Şekil 2.16). Yaprak kalınlıkları 0,625 cm olup yükseklikleri 10 cm'dir. Yaprakların açılıp kapanması ise 20 ms'n'de gerçekleşir (31,32).



Şekil 2.16. Binary ÇYK'ler

Pitch (yada pitch oranı) kavramı tomoterapide önemli olup, gantri rotasyonu ile masanın hareket mesafesidir. Helikal BT tarayıcıda pitch genellikle 1'e eşit veya 1'den büyük iken, helikal tomoterapide pitch genel olarak $\frac{1}{2}$ 'den küçük olarak ayarlanmıştır. Pitch değerleri tek helikal tur için 0,20 ile 0,50 arasında değişmektedir. Bunun sebebi ise demetin her bir voksel'i birden fazla açıdan ışınlanmasıdır. Modülasyon kavramı ise, alan şekillendirici olarak kullanılan ÇYK'lerin açılıp kapanma hızını etki etmektedir (30,31).

2.8.2.3. Helikal Tomoterapinin Çalışma Prensibi

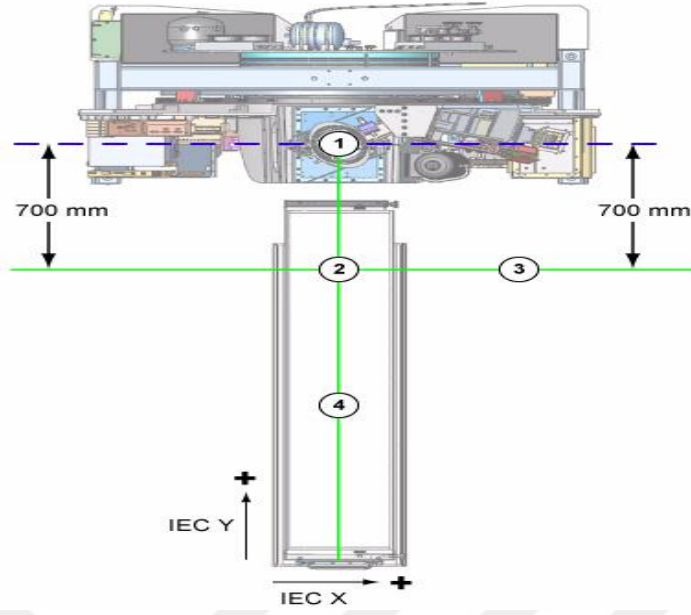
Helikal tomoterapi cihazı yoğunluk ayarlı radyoterapi yapılabilmesi için tasarlanmıştır. Bu cihazın en önemli kavramlarından doz hızını değiştirmek için birkaç yol vardır. Bunlar;

- 1) Çene açıklığı değiştirilebilir.
- 2) Gantri hızı ayarlanabilir.
- 3) Lineer hızlandırıcının doz verimi değiştirilebilir.
- 4) Masa hızı değiştirilebilir.
- 5) Yaprakların durumu değiştirilebilir.

Gantrinin yapısı nedeniyle hızını dinamik olarak değiştirmek pratik değildir. Ancak cihazda bulunan kontrol yazılımı; çene açıklığı, lineer hızlandırıcının doz verimi, masa hızı ve yaprağın herbirinin açık kapalı durumunu birkaç milisaniye tanımlayacak şekilde geliştirilmiştir. Gerçek zamanlı modülasyon yapmak için ise sadece ÇYK'ler kullanılır. Cihazın gantri dönüşü incelendiğinde ise her bir dönüşte 51 noktada ışınlama yaptığı görülmektedir. Bu 51 noktanın her biri projeksiyon olarak adlandırılırken, her bir projeksiyonda ÇYK'lerin pozisyonları değişmektedir. Bunun anlamı ise her 7,06 derecede bir modülasyon olmaktadır. ÇYK'ler ise bu süre içinde tam açık ya da tam kapalıdır. Ayrıca cihazda ışıklı alan bulunmamaktadır, bu alan yerine gantriden 70 cm dışarıdaki bir nokta, sanal bir izomerkez olarak tanımlanmıştır (30,31,32). Bu nokta yeşil-sabit lazer tarafından belirlenmiştir. Yeşil-sabit lazerler cihaz kalite kontrolünde kullanılmaktadır. Bunlar;

1) Gantri eşmerkez lazeri: Bu lazer gantri deliğinin arkasındaki duvara monte edilmiştir. Gantri deliği içerisinde koronal ve sagittal düzlemi ifade eden artı göstergiyi yansıtmaktadır (Şekil 2.17) (33).

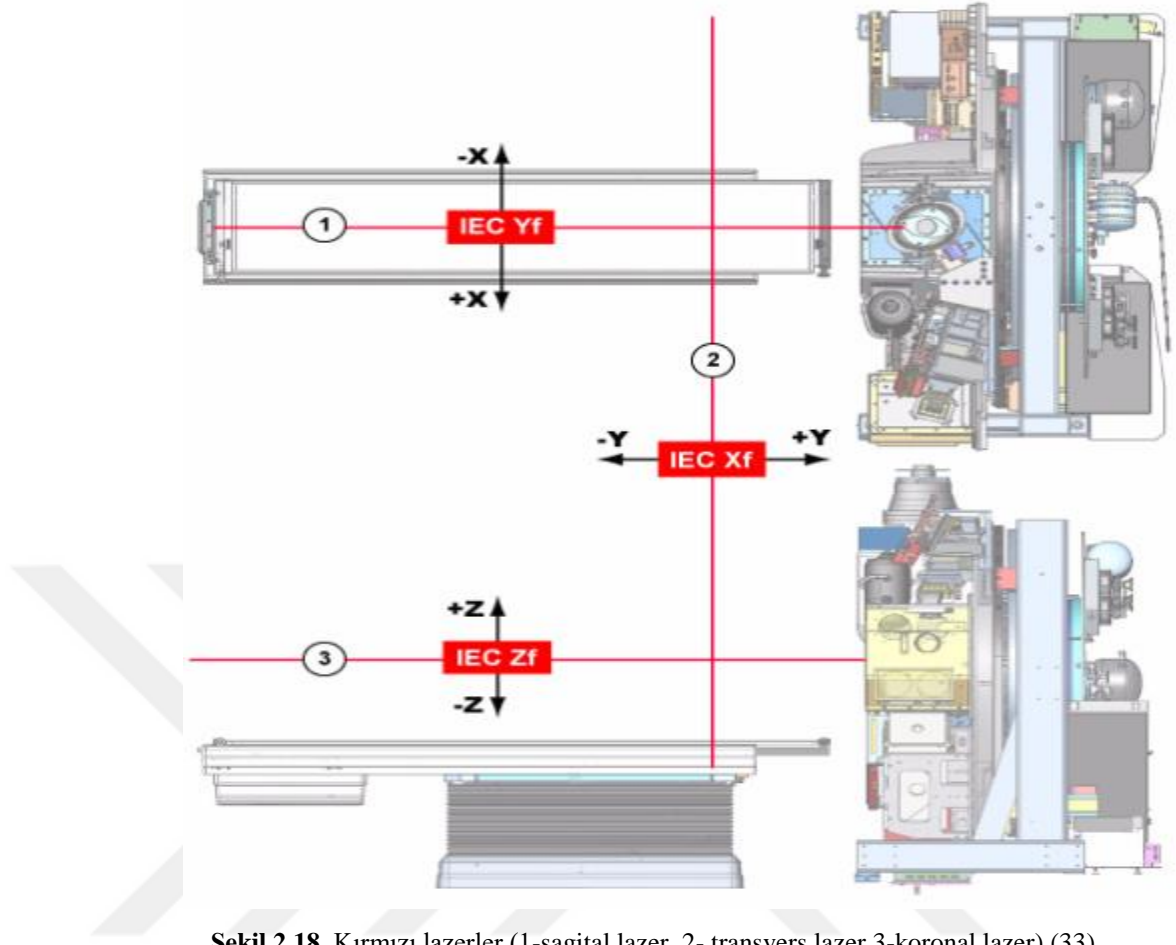
2) Sanal eşmerkez lazeri: Bu lazer ise tedavi odasının tavanına monte edilmiş olup, transvers ve sagittal düzlemi ifade eden artı göstergiyi yansıtmaktadır (33).



Şekil 2.17. Yeşil lazerler (1-cihaz eşmerkezi, 2-sanal eşmerkezi, 3-sanal eşmerkez lazeri, 4-gantri eşmerkez lazeri) (33)

Cihazda ayrıca kırmızı lazerler bulunmakta olup, hasta set-up'ında kullanılmaktadırlar. Bu lazerler planlamada hasta üzerinde BT'si çekilirken konan işaretler üzerine ayarlanmaktadır. Üç kırmızı lazer kullanılır. Bunlar;

- 1) **Sagittal Lazer:** Tedavi odasının tavanına monte edilmiş olup, değişken sagittal düzlemi tanımlamak için kırmızı bir lazer yansıtır ve lateral doğrultuda hareket etmektedir (33).
- 2) **Transvers Lazer:** Tedavi odasının yan tarafında bulunan duvarlarına iki adet yan lazer monte edilmiş olup, boyuna doğrultuda hareket etmektedir (33).
- 3) **Koronal Lazer:** Tedavi odasının iki yan tarafında bulunan duvarlarına iki adet dikey yan lazer monte edilmiş olup, dikey doğrultuda hareket etmektedir (Şekil 2.18) (33).



Şekil 2.18. Kırmızı lazerler (1-sagittal lazer, 2- transvers lazer 3-koronal lazer) (33)

2.9. Görüntü Rehberliğinde Radyoterapi (IGRT)

Radyoterapide birincil hedef, hedeflenen dozun doğru hacme verilmesidir. Hedeflenen hacmin doğruluğunu tespit etmek amacıyla ilk başlarda radyografik filmlerle portal görüntüleme yapılırken daha sonraları elektronik portal görüntüleme şeklinde dijital görüntülerle yapılmaya başlandı. Gelişen teknoloji ile birlikte bilgisayar teknolojisi yardımıyla konvansiyonel lineer hızlandırıcılara eklenen x-ışını tüpü, kilo voltaj bilgisayarlı tomografi (kVBT) veya tedavide kullanılan tedavi demetinin enerjisi düşürülerek mega voltaj bilgisayarlı tomografi (MVBT) alınarak yapılmaktadır. Helikal tomoterapide ise hedeflenen hacmin doğruluğunu tespit etmek amacıyla tedavide kullanılan 6 MV'lik tedavi edici foton ışını 3 MV'a ayarlanmaktadır. Her tedavi öncesi görüntü alınması amacıyla lineer hızlandırıcını karşısına 541 adet Xenon dedektör yerleştirilmiştir. Bu şekilde alınan görüntüler transvers, sagittal ve koronal eksenlerde ekrana gelip, planlama BT'si ile günlük tedavi öncesinde alınan MVBT görüntüleri

karşılaştırılmaktadır. Böylece set-up hataları en aza indirilerek radyoterapinin en önemli kısımlarından biri olan her gün aynı hacmin ışınlanması sağlanmaktadır (7,31,33).

2.10. Tedavi Planlama Sistemi (TPS)

Tedavi planlama sistemi (TPS), birçok tedavi tekniğinde planlama yapabilen ve belirli bir program altında çalışabilen yazılımdan oluşan bir bilgisayar sistemidir. Bilgisayar ortamında farklı kaynak cilt mesafelerinde, farklı enerjilerde, istenilen alan boyutlarında foton ve elektron demetleri oluşturarak, farklı tedavi teknikleri ile hastaya yöneltmek ve ışınlanan alandaki doz dağılımını görmek mümkündür. Sistemde doz hesaplamaları yapmak için, kullanılan lineer hızlandırıcıya ait dozimetrik ve mekanik parametreler girilmelidir. Planlama sistemi, içerdiği doz hesaplama algoritmalarıyla hastaların tedavisinde kullanılacak foton ya da elektron enerjisi, derinlik, alan boyutu ve kullanılan aksesuarlara ait parametreler ile doz hesabı yapılmaktadır. Böylece hedef içindeki doz dağılımı ile birlikte komşu organların alacağı doz oranları belirlenmektedir (6).

2.10.1. İleri Planlama

Bu tedavi planlama yönteminde planlayıcı, öncelikle demet parametrelerini (demet yönü, sayısı, genişliği), her bir demetin doz ağırlığını, yaprakların pozisyonunu, kullanılacak olan kama filtre oranlarını, bolus ve koruma bloğu gibi malzemeleri tanımlar. Sisteme daha önceden girilmiş cihaz dozimetrik bilgileri ile doz dağılımları elde edilir. Planlayıcı demet parametrelerini değiştirerek istenilen doz dağılımı elde etmektedir.

2.10.2. Ters Planlama

Bu tedavi planlama tekniğinde ise hedef hacimde istenilen doz sağlanırken riskli organ hacimlerine izin verilen tolerans limitleri doğrultusunda otomatik olarak hesaplama yapan planlama şeklidir. Algoritma daha iyi doz dağılımı elde etmek amacıyla demet parametrelerini başlangıçta belirlenen amaçlar doğrultusunda daha etkin kullanmaktadır. Bu yöntemde planlama yapan kişi ileri planlama yönteminde olduğu gibi blok, kama ya da demetlerin yönünü seçmez, sadece planlanan hedef hacmi, riskli bölgeleri ve doz sınırlarını belirler. Planlamada verilen komutlar daha çok doz hacim

histogramına dayanarak yapılmaktadır. Optimizasyon ile en uygun tedavi planı oluşturulmaktadır. Tomoterapide ters planlama tekniği kullanılır.

2.9.3. Doz Hacim Histogramı (DVH)

Üç boyutlu konformal radyoterapi (3BKRT) ve yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) planlamasında bulunan doz hacim histogramları (DVH); hedef hacmin, kritik organların aldığı dozları ve bu dozları alan hacimleri göstermektedir. Planlamada hedef ve komşu organlardan hacimde soğrulan dozun ne kadarlık hacim içinde soğrulduğu bilgisini vermektedir. Ayrıca normal doku tolerans değerlerinin karşılaştırılmasını sağlamaktadır. Bu nedenle DVH, planın değerlendirilmesi veya planların karşılaştırılmasında önemli bir araçtır.



3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. GEREÇ

Bu çalışma, İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi Radyasyon Onkolojisi kliniğinde yapılmış olup, klinikte bulunan Tomoterapi Hi-Art cihazı, BT simülatör, Volo Tomoterapi (Tomotherapy Inc., Madison, WI) planlama sistemi kullanılmıştır.

3.1.1. Bilgisayarlı Tomografi Cihazı

Siemens Biograph PET/BT görüntüleme cihazı PET/BT görüntülenmesinde kullanılabilirdiği gibi sadece BT görüntüsü almak için de kullanılabilen bir cihazdır. Cihazın gantri boşluğu 70 cm'dir. Yüksek voltaj jeneratörü tarafından üretilen maksimum tüp voltajı 140 kV; maksimum akım 500 mA'dir. Vücudun istenilen bölgesine 1'den 10 mm'ye kadar kesit kalınlığı kullanarak transvers görüntüler elde edilebilmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Siemens Biograph model PET/BT tomografi cihazı

3.1.2. Tomoterapi Hi-Art Lineer Hızlandırıcı Cihazı

Helikal tomoterapi cihazı 6 MV enerjisi ile yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) yapan ve cihazda bulunan Xenon dedektörler yardımıyla görüntü rehberliğinde radyoterapi (IGRT) uygulanan bir cihazdır. IGRT yaparken 6 MV olan tedavi enerjisi 3 MV'a düşmektedir. Cihaz sürekli gantri rotasyonu, sürekli masa hareketi ve hızlı ikili çok yapraklı kolimatör (ÇYK) modülasyonu ile YART yapabilmektedir. Dönme (rotasyon) ekseninde yaprak kalınlığı 0,625 cm'dir ve yaprak yüksekliği ise 10 cm'dir. ÇYK'ler %95'lik tungsten alaşımından yapılmış olup, %0,5 den az sızıntıya sahiptirler. YART için kullanılan cihazlardaki en düşük ÇYK sızıntısına sahip sistemdir. Tomoterapi Hi-Art cihazı 1, 2,5 ve 5 cm'lik üç farklı çene genişliğine sahip olup, her çene genişliğinin dozimetrik verisi planlama sistemine yüklenmiştir. Kaynak ve cilt mesafesi diğer konvansiyonel cihazların aksine 85 cm'dir. Cihaz kalite kontrolünde kullanılmak amacıyla, sabit yeşil ve hareketli kırmızı lazerlere sahiptir (Şekil 3.2).



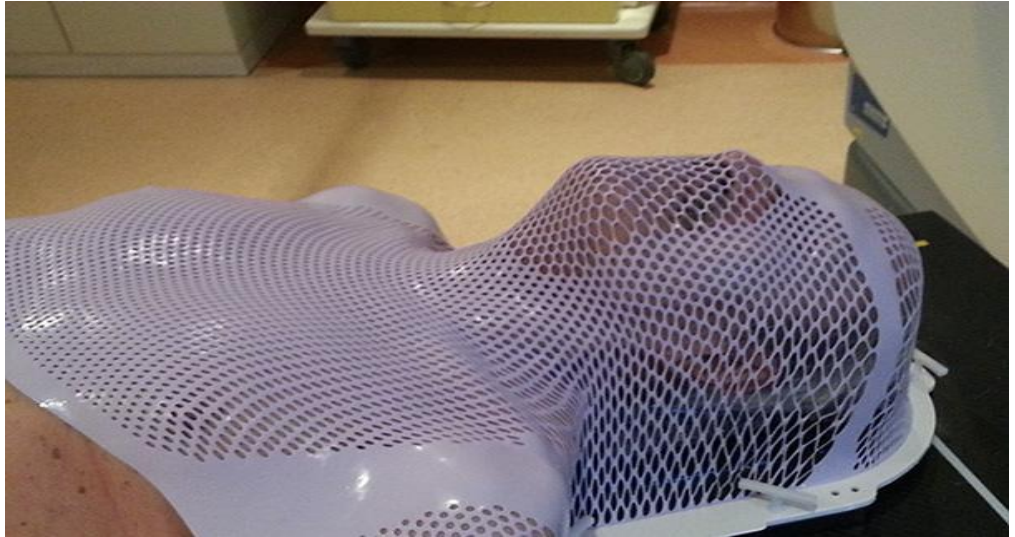
Şekil 3.2. Tomoterapi Hi-Art Lineer Hızlandırıcı Cihazı

3.1.3. Tomoterapi Hi-Art Tedavi Planlama Sistemi

Tomoterapi Hi-Art Volo (Tomotherapy Inc., Madison, WI) tedavi planlama sistemi (TPS) convolution/supersition algoritması ile ters planlama yapmakta olup, planlama sisteminde 6 MV foton enerjisine ait doz verileri yüklüdür. Tedavi planlaması yapılırken, doz dağılımı ve tedavi süresine etki eden pitch faktörü, modülasyon faktörü ve çene genişliği verileri sistemde yüklü olup her hasta için en uygun seçimler tercih edilir. Sistemde bulunan yazılım yardımı ile kritik organlar kısmen yada tamamen korunabilmektedir.

3.1.4. Hasta Sabitleme Sistemi

Hastaya uygulanan tedavinin başarılı olabilmesi için hastanın BT simülatöründen alınan görüntü ile tedavide aynı pozisyonun sağlanması gereklidir. Bu aşamalarda hastanın küçük bir değişimi tedavinin başarısını etkilemektedir. Bu sebeple hastaya aynı pozisyonlarının verilmesi için hastanın tedavi süresince her aşamasındaki rahatlığında göz önünde bulundurularak, hasta sabitleme sistemleri kullanılır. Bu sabitleme sistemleri ile hastanın ışınlanması istenmeyen bölgeleri tedavi dışına çıkarılabilmektedir. Bunun için larinks radyoterapisinde simülasyon ve tedavide aynı baş-boyun sabitleyici termoplastik maske kullanılmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Baş-boyun sabitleyici termoplastik maske

3.2. Yöntem

3.2.1. Tedavi Planlama Verilerinin Oluşturulması

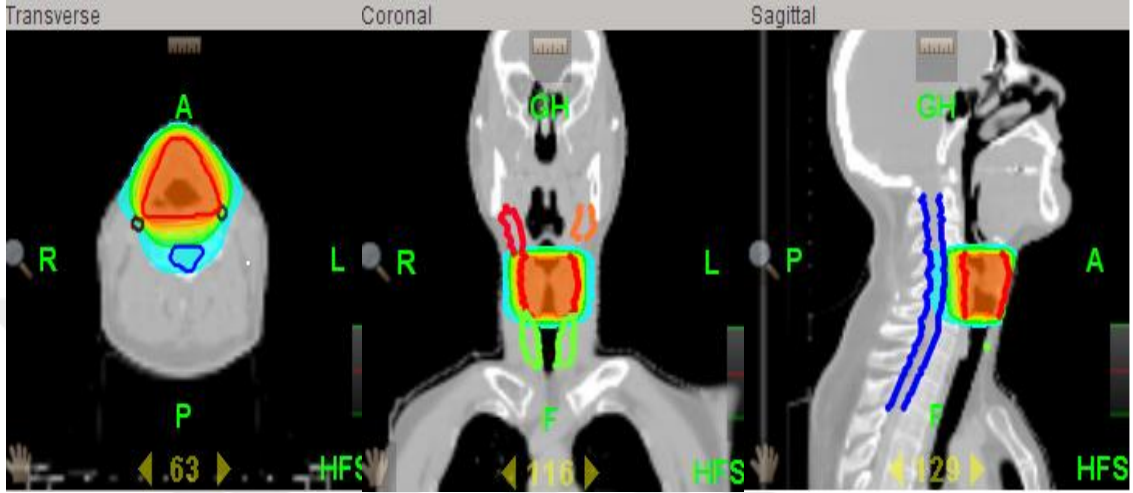
Tedaviye alınan 15 tane erken evre larinks kanseri (T1N0M0) tanılı hastanın önceden alınan 3 mm kalınlığındaki BT kesit görüntüleri ağ bağlantısı ile tedavi planlama sistemine Dicom formatında aktarıldı. Tedavi planlaması yapılacak hasta verileri MİM yazılımına yüklenerek, hedef hacim ve riskli organlar radyasyon onkoloğu tarafından ICRU 62 raporuna göre tanımlandı. Daha önce cerrahi müdahale yapılmayan T1N0M0 evre glottik tümörlerinde klinikteki set up koşulları göz önünde bulundurularak ortalama 5 mm marj ile PTV oluşturuldu. Bu çalışmada yer alan 15 larinks hastaları için konturlanan görüntüler Volo tedavi planlama sistemine aktarılarak hedef tümöründe ve kritik organlarında doz değerleri belirlenmiştir.

3.2.2. Tedavide YART Planlarının Oluşturulması

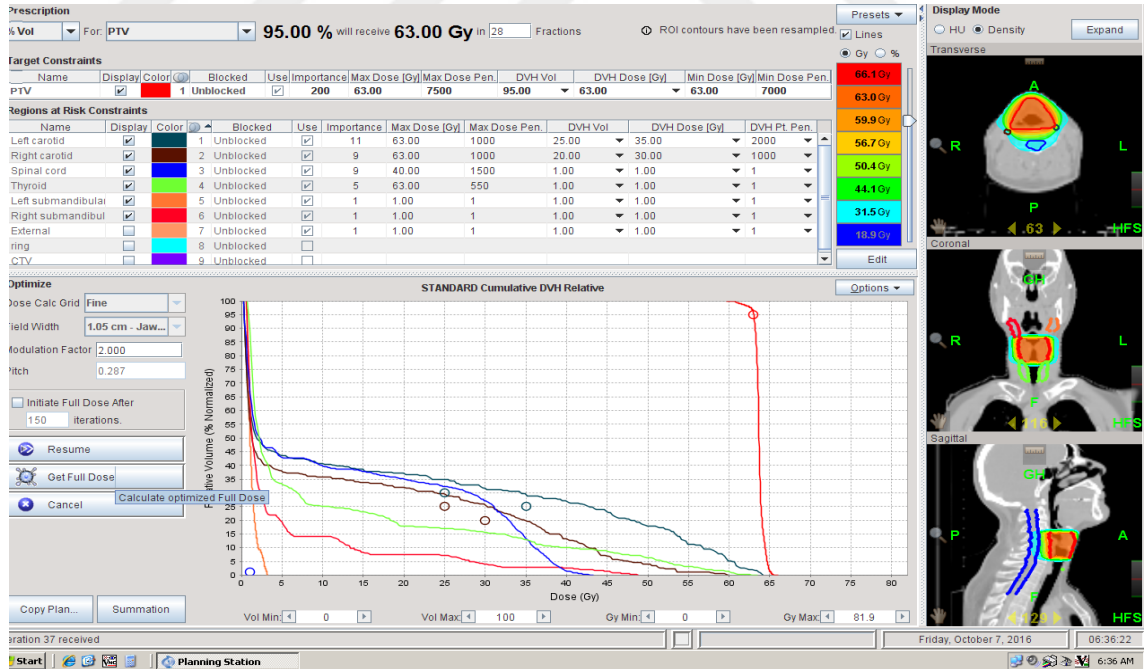
Tomoterapi Hi-Art TPS'ne aktarılan görüntüler, TPS ara yüzünün ilk sekmesi olan konturlama sekmesinde hedef hacme gerekli dozu vermek ve kritik organ bölgelerine keskin doz düşüşünü sağlamak için sanal yapılar çizilebilir. Böylece kritik organ ve sanal yapının doz hacim histogramı (DVH) üzerindeki dozları minimum seviyede tutularak kritik organ bölgelerinde keskin doz düşüşü sağlanmış olacaktır. TPS' in ikinci sekmesi olan Region of interest (ROI) sekmesinde hedef hacim ve kritik organlar tanımlandı. Daha sonra tanımlanan bu hacimler birbirinin içinde olma durumu göz önünde bulundurularak ters planlama sırasında öncelik ve önem sırasına göre numaralandırıldı. Üçüncü sekmede ise daha önce planlama BT'si alınırken hasta üzerine radyopak kalem ile konulan cilt işaretleri üzerine kırmızı lazerler ayarlandı ve kaydedildi.

Yine aynı sekmede doz değerlerinin belirlenmesi amacıyla 15 hasta için 1, 2,5 ve 5 cm çene genişlikleri seçilmektedir. Öncelikle çalışmamızda çene genişliğinin doz etkisini araştırdığımızdan, değişen her çene parametresi için 1, 2,5 ve 5 cm olmak üzere, modülasyon faktörü 2 ve pitch faktörü 0,287 olarak belirlendi. Son sekmede ise tedavi dozu günlük 2,25 Gy'den 28 fraksiyonda toplam 63 Gy olarak belirlendi. 63 Gy'lik toplam tedavi dozu %95'lik izodoz eğrisine normalize edildi. Hesaplama yapıldıktan sonra istenilen doz hacim eğrisini elde etmek için Şekil 3.6'da görüldüğü gibi tümör ve

hassas dokular için importance, penalty, maximum ve minimum doz ile DVH doz ve DVH hacim yüzdesi (%) parametreleri doz kriterleri için rölâtif sayılar girilerek optimizasyon işlemi başlatılır. Bu işlem istenilen doz değerlerine ulaşıncaya kadar devam edildi (Şekil 3.4 ve Şekil 3.5).



Şekil 3.4. Tomoterapi tedavi planlama sistemi ekranında çeşitli kesit düzlemlerinde hasta dozu dağılımı



Şekil 3.5. Çene genişliği 1 cm için tomoterapi tedavi planlaması

Target Constraints												
Name	Display	Color	Blocked	Use	Importance	Max Dose [Gy]	Max Dose Pen.	DVH Vol	DVH Dose [Gy]	Min Dose [Gy]	Min Dose Pen.	
PTV	<input checked="" type="checkbox"/>	■	1 Unblocked	<input checked="" type="checkbox"/>	200	63.00	7500	95.00 ▼	63.00 ▼	63.00	7000	

Regions at Risk Constraints												
Name	Display	Color	Blocked	Use	Importance	Max Dose [Gy]	Max Dose Pen.	DVH Vol	DVH Dose [Gy]	DVH Pt. Pen.		
Left carotid	<input checked="" type="checkbox"/>	■	1 Unblocked	<input checked="" type="checkbox"/>	11	63.00	1000	25.00 ▼	35.00 ▼	2000 ▼		
Right carotid	<input checked="" type="checkbox"/>	■	2 Unblocked	<input checked="" type="checkbox"/>	9	63.00	1000	20.00 ▼	30.00 ▼	1000 ▼		
Spinal cord	<input checked="" type="checkbox"/>	■	3 Unblocked	<input checked="" type="checkbox"/>	9	40.00	1500	1.00 ▼	1.00 ▼	1 ▼		
Thyroid	<input checked="" type="checkbox"/>	■	4 Unblocked	<input checked="" type="checkbox"/>	5	63.00	550	1.00 ▼	1.00 ▼	1 ▼		
Left submandibular	<input checked="" type="checkbox"/>	■	5 Unblocked	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1.00	1	1.00 ▼	1.00 ▼	1 ▼		
Right submandibular	<input checked="" type="checkbox"/>	■	6 Unblocked	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1.00	1	1.00 ▼	1.00 ▼	1 ▼		

Şekil 3.6. Larinks planı için tümör ve kritik organ kısıtlamaları paneli

3.2.3. İstatistiksel Analiz Yöntemleri

Tüm istatistiksel değerlendirmeler SPSS 22.0 programı yardımıyla yapıldı. Elde edilen değerler bağımsız değişken olup, normal dağılım analizi sonucu parametrik olmayan (non-parametrik) veriler olarak belirlendi. Verilerin analizi Kruskal–Wallis yöntemiyle yapıldı. P değeri için anlamlılık limiti 0,05 olarak seçildi ($p < 0,05$).

İstatistiksel olarak anlamlı bulunan ($p < 0,05$) değerlerin hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığını bulmak için Bonferroni düzeltilmeli Mann-Whitney U testi seçilen ikili gruplara uygulandı. İstatistiksel anlamlılık için p değerinin 0,016'dan küçük olması gerekliliği kabul edildi ($p < 0,016$).

4. BULGULAR

4.1. Hedef Hacim için Elde Edilen Bulgular

4.1.1. Hedef Organ Hacimleri

İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi Radyasyon Onkolojisi kliniğinde tedavi planlaması yapılan 15 larinks kanseri hastasının özellikleri Tablo 4.1’de verilmektedir. Hastaların hepsi erkek olup, PTV hacimleri 41-81 cc arası değişim göstermektedir.

Tablo 4.1. Hastaların Özellikleri

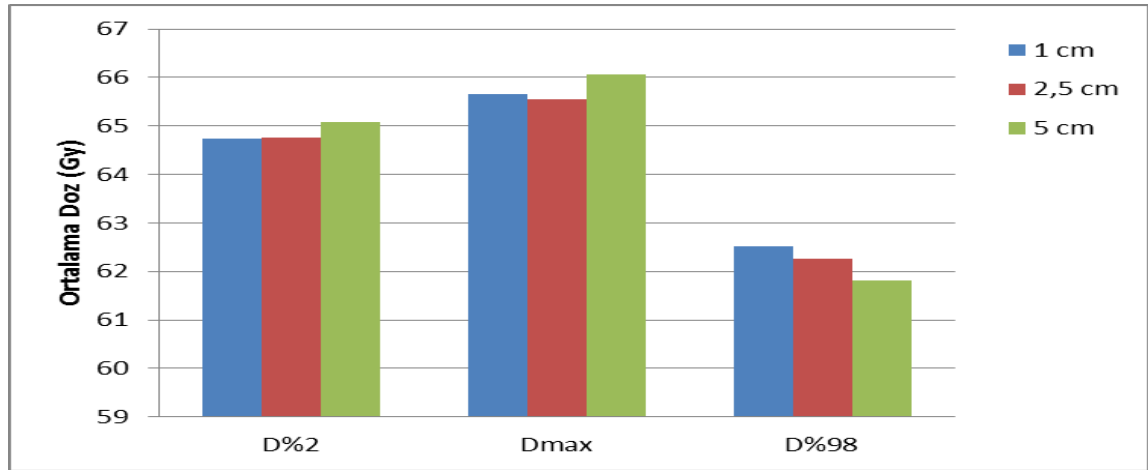
Hasta No	Evre	Cinsiyet	PTV Hacmi (cc)
1	T1N0M0	E	72,04
2	T1N0M0	E	76,76
3	T1N0M0	E	79,54
4	T1N0M0	E	81,52
5	T1N0M0	E	56,92
6	T1N0M0	E	48,33
7	T1N0M0	E	63,76
8	T1N0M0	E	73,12
9	T1N0M0	E	55,82
10	T1N0M0	E	68,47
11	T1N0M0	E	67,45
12	T1N0M0	E	73,08
13	T1N0M0	E	77,12
14	T1N0M0	E	79,33
15	T1N0M0	E	57,12

4.1.2. Hedef Hacim Dozları

Farklı çene genişliklerine göre PTV’nin %2’sinin aldığı doz ($D_{%2}$), maksimum dozu (D_{max}), %98’nin aldığı doz ($D_{%98}$) değerleri ve istatistiksel sonuçlar Tablo 4.2 ve Grafik 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.2. Planlanan hedef hacim (PTV) için $D_{\%2}$, maksimum doz (D_{\max}) ve $D_{\%98}$ değerleri

Hasta No	$D_{\%2}$ (Gy)			D_{\max} (Gy)			$D_{\%98}$ (Gy)		
	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm
1	64,49	64,97	65,98	65,55	65,26	66,34	62,76	62,44	62,02
2	64,98	64,76	64,88	65,61	65,23	65,93	61,77	62,02	62,42
3	64,83	68,76	66,65	65,85	69,13	67,14	61,97	62,98	59,98
4	64,30	64,20	65,59	65,57	65,50	67,05	62,76	62,32	62,67
5	65,77	65,68	65,79	66,11	66,26	66,83	62,89	62,44	61,87
6	65,86	63,98	64,89	66,80	64,88	65,83	63,54	62,19	61,18
7	64,65	64,76	64,82	65,63	65,38	65,75	62,78	62,14	60,92
8	65,76	65,86	65,91	66,13	66,94	66,78	62,42	61,77	61,08
9	64,82	63,99	64,76	65,88	64,93	65,84	62,56	62,15	62,19
10	64,26	64,33	64,78	65,50	65,22	65,91	62,58	62,17	62,02
11	63,97	63,53	63,89	64,90	64,02	64,98	62,03	61,87	61,97
12	64,62	64,22	65,03	65,28	65,08	66,07	62,23	62,54	62,76
13	63,76	63,55	63,82	64,66	64,47	64,92	62,92	62,70	62,15
14	64,88	64,80	64,92	65,76	65,82	65,93	62,27	62,15	62,07
15	64,28	64,15	64,66	65,59	65,27	65,71	62,35	62,02	61,98
İstatistik									
Ortalama	64,74	64,76	65,09	65,65	65,55	66,06	62,52	62,26	61,81
St. Sapma	0,63	1,29	0,76	0,50	1,20	0,66	0,44	0,31	0,73
Medyan	64,65	64,33	64,89	65,61	65,26	65,93	62,56	62,17	62,02
Maksimum	65,86	68,76	66,65	66,80	69,13	67,14	63,54	62,98	62,76
Minimum	63,76	63,53	63,82	64,66	64,02	64,92	61,77	61,77	59,98
p değeri	0,131		0,020				0,009		



Grafik 4.1. PTV için ortalama $D_{\%2}$, D_{\max} ve $D_{\%98}$ değer grafiği

Ortalama $D_{\%2}$ (yaklaşık maksimum) değerleri çene genişliği 1 cm için $64,74 \pm 0,63$ Gy, 2,5 cm için $64,76 \pm 1,29$ Gy, 5 cm için $65,09 \pm 0,76$ Gy olarak bulunmuştur. $D_{\%2}$ değerleri bakımından çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p=0,131$).

Ortalama PTV maksimum doz değerleri çene genişliği 1 cm için $65,65 \pm 0,50$ Gy, 2,5 cm için $65,55 \pm 1,20$ Gy, 5 cm için $66,06 \pm 0,66$ Gy olarak bulunmuştur. PTV maksimum doz değerleri bakımından çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,020$).

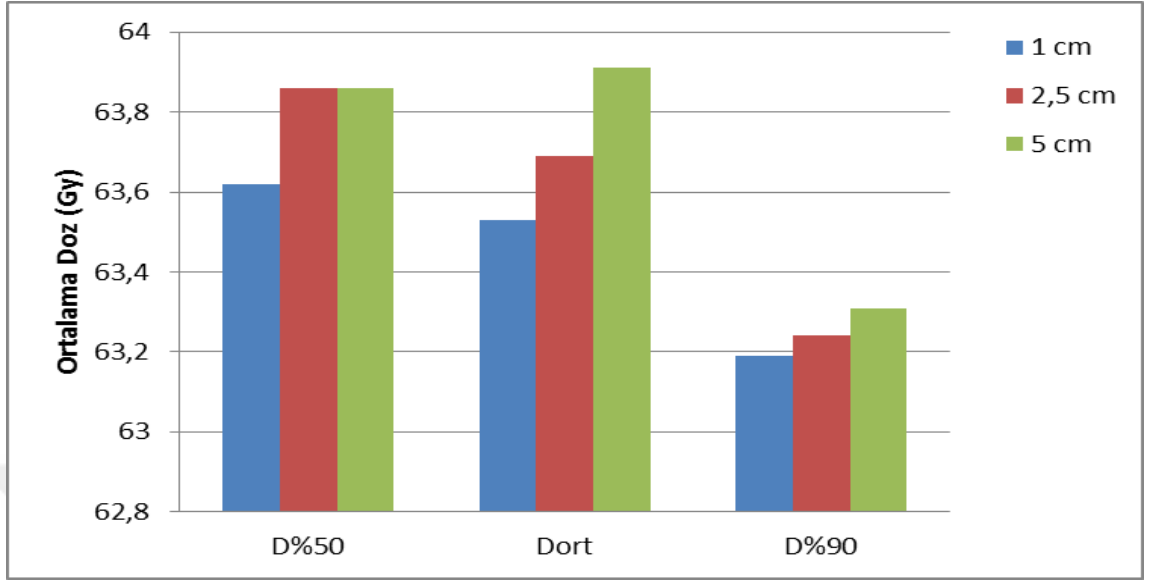
Ortalama $D_{\%98}$ (yaklaşık minimum) değerleri çene genişliği 1 cm için $62,52 \pm 0,44$ Gy, 2,5 cm için $62,26 \pm 0,31$ Gy, 5 cm için $61,81 \pm 0,73$ Gy olarak bulunmuştur. $D_{\%98}$ değerleri bakımından çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,009$).

PTV maksimum doz değeri için farklılığı oluşturan 2,5 cm çene genişliği olduğu görüldü. $D_{\%98}$ değeri için farklılığı oluşturanın 5 cm çene genişliği olduğu görüldü ($p<0,016$).

Tüm hastalar için farklı çene genişliklerine göre PTV'nin %50'sinin aldığı doz ($D_{\%50}$), PTV ortalama dozu (D_{ort}) ve PTV'nin %90'ının aldığı doz ($D_{\%90}$) değerleri ve istatistiksel sonuçları Tablo 4.3 ve Grafik 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.3. Planlanan hedef hacim (PTV) için $D_{\%50}$, ortalama doz (D_{ort}) ve $D_{\%90}$ değerleri

Hasta No	$D_{\%50}$ (Gy)			D_{ort} (Gy)			$D_{\%90}$ (Gy)		
	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm
1	63,52	63,22	63,89	63,55	63,26	63,94	63,23	63,27	63,32
2	63,56	63,65	63,79	63,61	63,66	63,84	63,22	63,31	63,42
3	63,42	66,15	63,99	63,43	66,10	64,04	63,19	63,25	63,32
4	63,58	63,61	64,08	63,49	63,59	64,09	63,15	63,18	63,20
5	63,58	63,70	64,18	63,63	63,74	64,29	63,24	63,28	63,32
6	63,60	63,49	63,84	63,64	63,57	63,85	63,28	63,29	63,31
7	63,70	63,74	63,80	63,73	63,77	63,88	63,14	63,16	63,27
8	63,54	64,21	64,15	63,65	64,24	64,18	63,25	63,27	63,32
9	64,65	63,72	63,93	63,66	63,79	63,95	63,14	63,26	63,31
10	63,60	63,79	64,19	63,66	63,83	64,20	63,21	63,25	63,37
11	63,69	62,60	63,63	63,71	62,65	63,64	63,11	63,23	63,32
12	63,42	63,12	63,53	63,47	63,18	63,66	63,18	63,21	63,30
13	63,49	63,72	63,93	63,54	63,75	63,98	63,18	63,22	63,27
14	63,39	65,60	63,21	62,53	62,66	63,27	63,20	63,22	63,31
15	63,61	63,65	63,81	63,66	63,68	63,86	63,19	63,22	63,37
İstatistik									
Ortalama	63,62	63,86	63,86	63,53	63,69	63,91	63,19	63,24	63,31
St. Sapma	0,29	0,89	0,26	0,29	0,79	0,25	0,04	0,04	0,04
Medyan	63,58	63,70	63,89	63,63	63,68	63,94	63,19	63,25	63,32
Maksimum	64,65	66,15	64,19	63,73	66,10	64,29	63,28	62,98	63,42
Minimum	63,39	62,60	63,21	62,53	62,65	63,27	63,11	61,77	63,20
p değeri		0,010			0,001		0,000		



Grafik 4.2. PTV için ortalama D_{%50}, D_{ort} ve D_{%90} değer grafiği

Ortalama D_{%50} değerleri çene genişliği 1 cm için $63,62 \pm 0,29$ Gy, 2,5 cm için $63,86 \pm 0,89$ Gy, 5 cm için $63,86 \pm 0,26$ Gy olarak bulunmuştur. D_{%50} değerleri bakımından çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,010$).

PTV ortalama doz değerleri çene genişliği 1 cm için $63,53 \pm 0,29$ Gy, 2,5 cm için $63,69 \pm 0,79$ Gy, 5 cm için $63,91 \pm 0,25$ Gy olarak bulunmuştur. PTV ortalama doz değerleri bakımından çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,001$).

Ortalama D_{%90} değerleri çene genişliği 1 cm için $63,19 \pm 0,04$ Gy, 2,5 cm için $63,24 \pm 0,04$ Gy, 5 cm için $63,31 \pm 0,04$ Gy olarak bulunmuştur. D_{%90} değerleri bakımından çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,000$).

Anlamlı bulunan D_{%50} değeri için farklılığı oluşturan tekniğin 1 cm çene genişliği olduğu görüldü. PTV ortalama doz değeri için iki grup arasında istatistiksel fark olduğu, farklılığı oluşturan 1 cm ve 2,5 cm çene genişlikleri olduğu görüldü. D_{%90} değeri için her üç grup arasında istatistiksel fark olduğu görüldü. Çene genişliği arttıkça doz değerlerinin arttığı görülmektedir ($p<0,016$).

4.1.3. Konformite ve Homojenite İndeksi Değerleri

Tüm hastalar için farklı çene genişliklerine göre konformite indeksi (CI) değerleri ve istatistiksel sonuçları Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4. Hasta tedavi planlarının konformite indeksi (CI) değerleri

Hasta No	CI		
	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm
1	0,951	0,949	0,951
2	0,949	0,943	0,949
3	0,947	0,947	0,950
4	0,950	0,952	0,936
5	0,949	0,945	0,946
6	0,926	0,938	0,947
7	0,948	0,950	0,948
8	0,947	0,949	0,950
9	0,942	0,943	0,950
10	0,955	0,944	0,948
11	0,954	0,948	0,943
12	0,948	0,912	0,949
13	0,932	0,929	0,930
14	0,940	0,936	0,939
15	0,947	0,949	0,947
İstatistik			
Ortalama	0,945	0,942	0,945
St. Sapma	0,007	0,010	0,005
Medyan	0,948	0,945	0,947
Maksimum	0,955	0,952	0,950
Minimum	0,926	0,912	0,930
p değeri		0,055	

Ortalama CI değerleri çene genişliği 1 cm için $0,945\pm 0,007$, 2,5 cm için $0,942\pm 0,010$, 5 cm için $0,945\pm 0,005$ olarak bulunmuştur. CI değerleri bakımından çene genişlikleri arasında anlamlı fark yoktur ($p=0,055$).

Tüm hastalar için farklı çene genişliklerine göre homojenite indeksi (HI) ve istatistiksel sonuçları Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5. Hasta tedavi planlarının homojenite indeksi (HI) değerleri

Hasta No	HI		
	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm
1	0,027	0,040	0,061
2	0,050	0,040	0,038
3	0,045	0,087	0,104
4	0,024	0,029	0,045
5	0,045	0,050	0,061
6	0,034	0,028	0,058
7	0,026	0,041	0,061
8	0,052	0,063	0,075
9	0,034	0,028	0,040
10	0,026	0,033	0,042
11	0,030	0,026	0,030
12	0,037	0,026	0,035
13	0,013	0,013	0,026
14	0,041	0,040	0,045
15	0,030	0,033	0,041
İstatistik			
Ortalama	0,035	0,039	0,051
St. Sapma	0,010	0,017	0,019
Medyan	0,034	0,033	0,045
Maksimum	0,052	0,087	0,104
Minimum	0,013	0,013	0,026
p değeri		0,045	

Ortalama HI değerleri çene genişliği 1 cm için $0,035 \pm 0,010$, 2,5 cm için $0,039 \pm 0,017$, 5 cm için $0,051 \pm 0,019$ olarak bulunmuştur. HI değerleri bakımından çene genişlikleri arasında anlamlı fark vardır ($p=0,045$).

Anlamlı fark bulunan HI değeri için farklılığı oluşturun 1 cm çene genişliği olduğu görüldü ($p<0,016$).

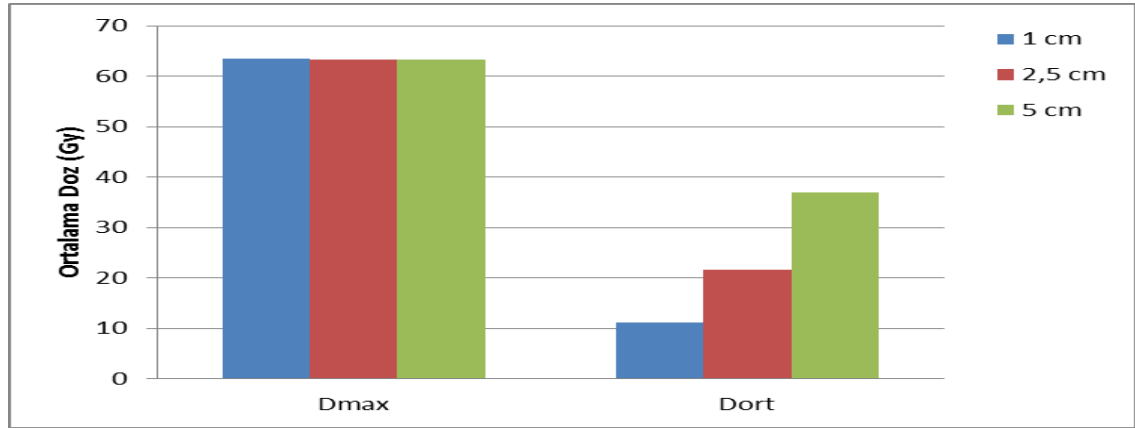
4.2. Kritik Organlar İçin Elde Edilen Bulgular

4.2.1. Tiroid Dozları

Tüm hastalar için farklı çene genişliklerine göre tiroid için maksimum (D_{max}) ve ortalama doz (D_{ort}) değerleri ile V50 (50 Gy veya üzeri doz alan yüzde hacim) değerleri ve istatistik sonuçları Tablo 4.6 ve Grafik 4.3'de görülmektedir.

Tablo 4.6. Tiroid için maksimum (D_{max}) ve ortalama doz (D_{ort}) değerleri ile V50 hacimleri

Hasta No	D_{max} (Gy)			D_{ort} (Gy)			V50 (% Hacim)		
	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm
1	63,38	63,27	63,24	11,28	20,66	36,88	7,12	12,21	20,13
2	63,51	63,34	63,31	10,49	21,47	37,14	6,24	11,46	19,27
3	63,62	63,29	63,47	12,33	22,03	35,98	7,33	12,37	18,33
4	63,49	63,15	63,17	10,67	21,71	37,87	6,29	11,35	19,18
5	63,88	63,75	63,66	11,56	20,89	36,34	8,56	10,95	19,45
6	63,76	63,54	63,74	9,88	22,18	38,13	6,34	12,13	20,67
7	63,64	63,84	63,53	11,45	21,65	35,74	7,65	11,24	18,54
8	63,58	63,66	63,19	10,75	23,45	37,22	5,33	11,67	19,67
9	63,21	63,18	63,22	13,02	20,32	36,55	7,21	10,84	18,88
10	63,45	63,56	63,46	10,84	22,76	37,45	6,24	12,33	20,15
11	63,71	63,44	63,51	11,76	20,02	35,69	6,47	11,36	19,19
12	63,38	63,32	63,18	10,56	23,01	36,94	8,13	10,98	18,56
13	63,44	63,11	63,28	12,07	21,46	38,24	7,35	12,24	19,43
14	63,37	63,20	63,14	9,92	22,54	37,33	6,41	11,43	20,02
15	63,40	63,16	63,23	10,45	21,33	36,69	5,98	11,55	19,25
İstatistik									
Ortalama	63,52	63,38	63,35	11,13	21,69	36,95	6,84	11,60	19,38
St. Sapma	0,17	0,23	0,19	0,89	0,98	0,80	0,87	0,52	0,66
Medyan	63,49	63,32	63,28	10,84	21,65	36,94	6,47	11,46	19,27
Maksimum	63,88	63,84	63,74	13,02	23,45	38,24	8,56	12,37	20,67
Minimum	63,21	63,11	63,14	5,33	20,02	35,69	5,33	10,84	18,33
p değeri		0,063			0,000			0,000	



Grafik 4.3. Tiroid için ortalama D_{max} ve D_{ort} değer grafiği

Ortalama tiroid maksimum doz değerleri çene genişliği 1 cm için $63,52 \pm 0,17$ Gy, 2,5 cm için $63,38 \pm 0,23$ Gy ve 5 cm için $63,35 \pm 0,19$ Gy olarak bulunmuştur. Tiroid maksimum doz değerleri bakımından çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p=0,063$).

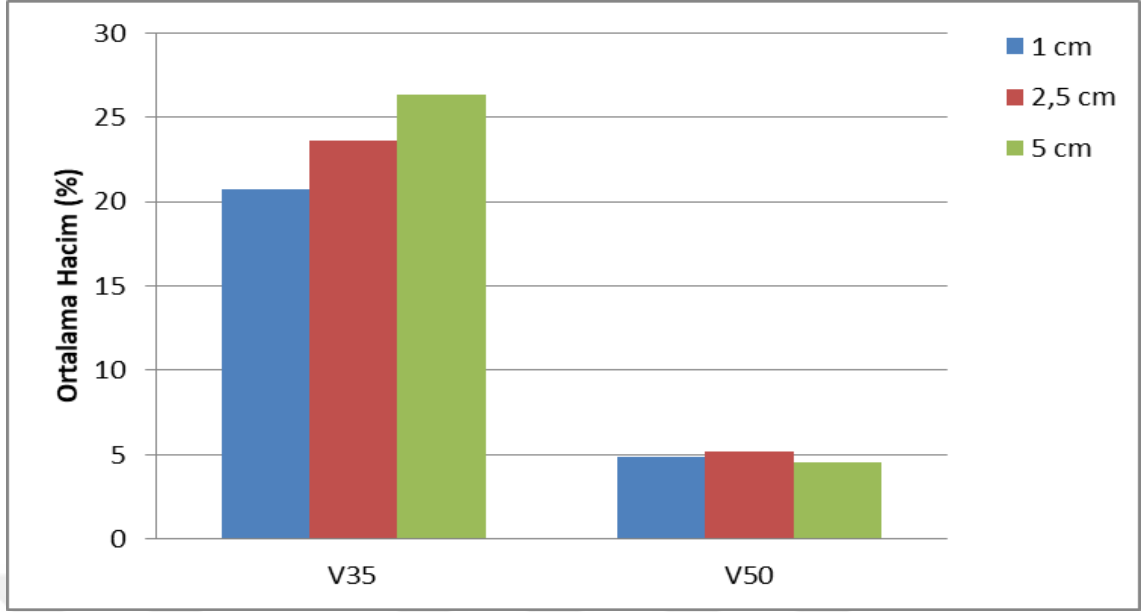
Tiroid ortalama doz değerleri çene genişliği 1 cm için $11,13 \pm 0,89$ Gy, 2,5 cm için $21,69 \pm 0,98$ Gy ve 5 cm için $36,95 \pm 0,80$ Gy olarak bulunmuştur. Tiroid ortalama doz değerleri bakımından çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,000$). Ortalama tiroid V50 hacim değerleri çene genişliği 1 cm için $6,84 \pm 0,87$, 2,5 cm için $11,60 \pm 0,52$ ve 5 cm için $19,38 \pm 0,66$ olarak bulunmuştur. Tiroid V50 hacim değerleri bakımından çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,000$). Anlamlı fark bulunan değerler için Mann-Whitney U testi kullanıldı. Tiroid ortalama doz değeri ve V50 hacim değeri için her u grup arasında istatistiksel fark olduğu görüldü ($p<0,016$). Çene genişliği arttıkça tiroid doz değerlerinin arttığı görülmektedir.

4.2.2. Karotis Dozları

Tüm hastalar için farklı çene genişliklerine göre sağ karotis için V35 (35 Gy veya üzeri doz alan yüzde hacim) ve V50 (50 Gy veya üzeri doz alan yüzde hacim) değerleri ve istatistiksel sonuçları Tablo 4.7 ve Grafik 4.4'de görülmektedir.

Tablo 4.7. Sağ karotis için V35 ve V50 hacimleri

Hasta No	V35 (% Hacim)			V50 (% Hacim)		
	ene 1cm	çene 2,5cm	çene 5cm	çene 1cm	çene 2,5cm	çene 5cm
1	23,26	30,00	36,90	7,50	9,50	0,00
2	15,00	20,00	26,70	1,40	2,40	3,50
3	20,00	17,32	17,25	6,17	4,70	4,00
4	17,26	16,19	17,47	4,32	1,65	1,48
5	19,95	20,46	22,45	5,43	5,29	5,29
6	24,56	23,05	25,46	8,73	5,93	3,91
7	16,19	20,90	17,76	1,35	2,47	1,72
8	30,71	33,49	32,97	9,22	11,63	9,37
9	15,59	17,53	17,36	0,59	0,95	0,95
10	29,09	32,70	39,53	7,03	7,94	9,08
11	25,09	31,69	38,43	6,05	6,97	8,90
12	23,05	29,98	35,70	7,04	9,07	10,7
13	15,01	20,02	25,90	1,60	1,98	2,70
14	19,88	19,92	22,76	5,37	5,29	5,19
15	16,18	20,87	17,75	1,30	2,46	1,71
İstatistik						
Ortalama	20,72	23,60	26,29	4,87	5,21	4,56
St. Sapma	5,08	6,11	8,37	2,93	3,27	3,44
Medyan	19,95	20,87	25,46	5,43	5,29	3,91
Maksimum	30,71	33,49	39,53	9,22	11,63	10,70
Minimum	15,00	16,19	17,25	0,59	0,95	0,00
p değeri		0,088			0,851	



Grafik 4.4. Sağ karotis ortalama V35 ve V50 değer grafiği

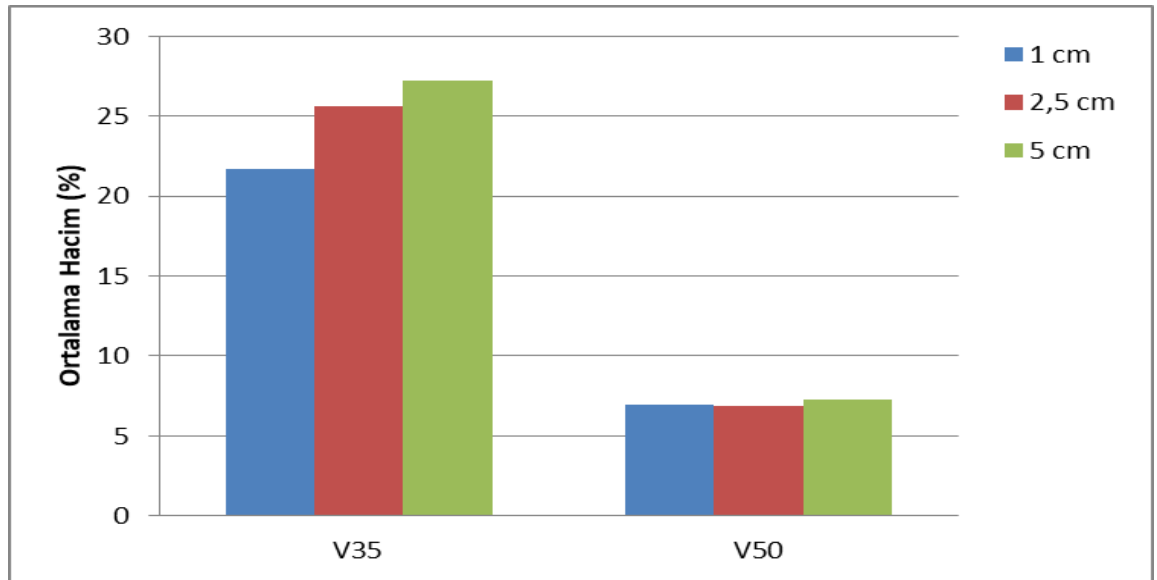
Ortalama sağ karotis V35 hacim değerleri çene genişliği 1 cm için $20,72 \pm 5,08$, 2,5 cm için $23,60 \pm 6,11$ ve 5 cm için $26,29 \pm 8,37$ olarak bulunmuştur. Sağ karotis V35 hacim değerleri bakımından çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p=0,088$).

Ortalama sağ karotis V50 hacim değerleri çene genişliği 1 cm için $4,87 \pm 2,93$, 2,5 cm için $5,21 \pm 3,27$ ve 5 cm için $4,56 \pm 3,44$ olarak bulunmuştur. Sağ karotis V50 hacim değerleri bakımından çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p=0,851$).

Tüm hastalar için farklı çene genişliklerine göre sol karotis için V35 (35 Gy veya üzeri doz alan yüzde hacim) ve V50 (50 Gy veya üzeri doz alan yüzde hacim) değerleri ve istatistiksel sonuçları Tablo 4.8 ve Grafik 4.5’de görülmektedir

Tablo 4.8. Sol karotis için V35 ve V50 hacimleri

Hasta No	V35 (% Hacim)			V50 (% Hacim)		
	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm
1	25,00	38,01	45,00	13,90	15,00	19,20
2	23,00	27,52	35,00	5,80	6,90	7,60
3	16,43	19,27	20,47	4,50	4,96	5,00
4	28,42	29,34	33,66	18,35	16,62	11,66
5	21,80	20,61	21,76	7,48	7,18	5,53
6	24,15	23,68	23,53	5,60	4,59	5,22
7	15,67	20,39	16,27	0,59	1,18	0,59
8	29,16	31,17	30,79	10,49	11,48	9,17
9	15,78	17,74	17,26	0,56	0,56	0,56
10	20,59	25,01	28,14	4,92	5,37	6,74
11	19,99	24,97	27,13	5,01	5,78	5,76
12	25,02	38,76	44,65	13,75	14,99	18,80
13	22,85	27,02	27,00	4,90	2,03	6,80
14	21,92	20,67	21,69	7,74	5,34	5,84
15	15,65	20,36	16,25	0,59	1,16	0,58
İstatistik						
Ortalama	21,69	25,63	27,24	6,94	6,87	7,27
St. Sapma	4,40	6,48	9,23	5,21	5,28	5,66
Medyan	21,92	24,97	27,00	5,60	5,37	5,84
Maksimum	29,16	38,76	45,00	18,35	16,62	19,20
Minimum	15,65	17,74	16,25	0,56	0,56	0,56
p değeri		0,190			0,910	



Grafik 4.5. Sol karotis ortalama V35 ve V50 değeri grafiği

Ortalama sol karotis V35 hacim değerleri çene genişliği 1 cm için %21,69±%4,40, 2,5 cm için %25,63±%6,48 ve 5 cm için %27,24±%9,23 olarak bulunmuştur. Sol karotis V35 hacim değerleri bakımından çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p=0,190).

Ortalama sol karotis V50 hacim değerleri çene genişliği 1 cm için %6,94±%5,21, 2,5 cm için %6,87±%5,28 ve 5 cm için %7,27±%5,66 olarak bulunmuştur. Sol karotis V50 hacim değerleri bakımından çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p=0,910).

4.2.3. Spinal Kord Dozları

Tüm hastalar için farklı çene genişliklerine göre spinal kord için maksimum doz değerleri ve istatistiksel sonuçlar Tablo 4.9’da görülmektedir.

Tablo 4.9. Spinal Kord için maksimum doz değerleri

Hasta No	Maksimum Doz (Gy)		
	ene 1cm	çene 2,5cm	çene 5cm
1	43,53	43,88	44,15
2	42,56	42,77	43,07
3	37,38	39,56	41,88
4	41,73	42,51	44,54
5	38,64	39,03	38,62
6	38,64	42,19	42,47
7	35,93	35,79	36,71
8	39,68	42,40	41,20
9	35,39	35,85	37,37
10	33,93	34,12	34,17
11	32,78	33,98	33,07
12	42,07	42,98	43,97
13	41,76	41,92	42,88
14	37,99	38,92	38,76
15	35,82	35,71	36,68
İstatistik			
Ortalama	38,52	39,44	39,96
St. Sapma	3,33	3,52	3,74
Medyan	38,64	39,56	41,20
Maksimum	43,53	43,88	44,54
Minimum	32,78	33,98	33,07
p değeri		0,408	

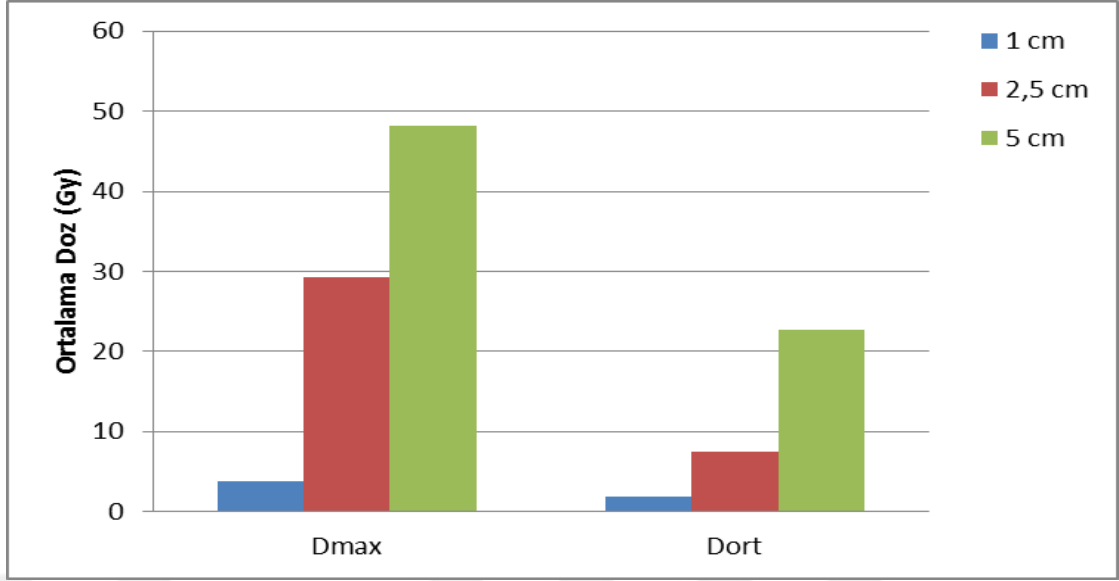
Ortalama spinal kord maksimum doz değerleri çene genişliği 1 cm için $38,52 \pm 3,33$ Gy, 2,5 cm için $39,44 \pm 3,52$ Gy ve 5 cm için $39,96 \pm 3,74$ Gy olarak bulunmuştur. Spinal kord maksimum değerleri bakımından çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p=0,408$).

4.2.4. Submandibular Dozları

Tüm hastalar için farklı çene genişliklerine göre sol submandibular için maksimum (D_{max}) ve ortalama (D_{ort}) doz değerleri ve istatistik sonuçları Tablo 4.10 ve Grafik 4.6'da görülmektedir.

Tablo 4.10. Sol submandibular maksimum (D_{max}) ve ortalama (D_{ort}) doz değerleri

Hasta No	D_{max} (Gy)			D_{ort} (Gy)		
	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm
1	4,12	30,14	48,15	2,13	8,66	23,36
2	3,18	29,22	47,88	1,36	7,56	22,35
3	4,26	30,43	48,56	2,44	8,42	23,45
4	3,29	29,16	47,70	1,25	7,10	22,17
5	5,03	29,98	46,98	2,18	8,03	23,18
6	3,46	28,45	48,23	1,06	6,42	21,95
7	3,55	30,35	49,03	1,27	7,11	22,56
8	4,45	29,11	47,33	2,23	6,54	22,33
9	5,24	28,33	48,34	3,32	7,25	21,98
10	2,98	30,23	48,84	1,08	8,14	23,56
11	3,33	29,55	47,66	2,02	7,26	22,46
12	4,56	28,44	49,24	2,15	7,54	22,55
13	4,47	29,18	48,33	2,35	8,36	23,15
14	2,99	28,28	47,71	1,05	6,65	21,88
15	3,24	29,39	48,03	1,97	6,76	22,60
İstatistik						
Ortalama	3,87	29,34	48,13	1,85	7,45	22,63
St. Sapma	0,75	0,75	0,62	0,65	0,72	0,56
Medyan	3,55	29,22	48,15	2,02	7,26	22,55
Maksimum	5,24	30,43	49,24	3,32	8,66	23,56
Minimum	2,98	28,28	46,98	1,05	6,42	21,88
p değeri		0,000			0,000	



Grafik 4.6. Sol submandibular ortalama D_{max} ve D_{ort} değer grafiği

Ortalama sol submandibular maksimum doz değerleri çene genişliği 1 cm için $3,87 \pm 0,75$ Gy, 2,5 cm için $29,34 \pm 0,75$ Gy ve 5cm için $48,13 \pm 0,62$ Gy olarak bulunmuştur. Sol submandibular maksimum doz değerleri bakımından çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,000$).

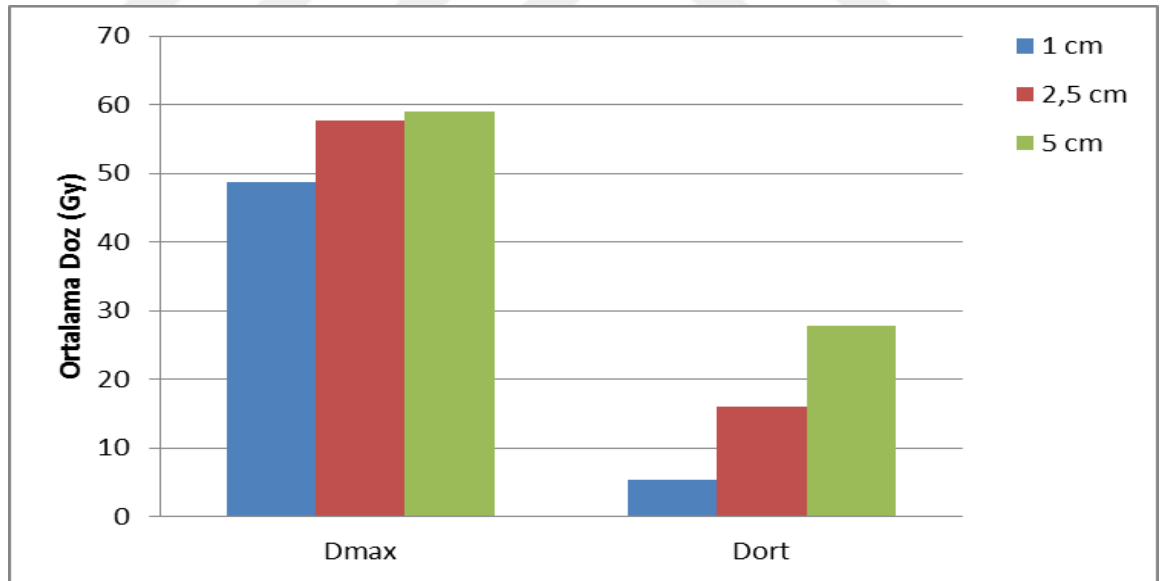
Sol submandibular ortalama doz değerleri çene genişliği 1 cm için $1,85 \pm 0,65$ Gy, 2,5 cm için $7,45 \pm 0,72$ Gy ve 5 cm için $22,63 \pm 0,56$ Gy olarak bulunmuştur. Sol submandibular ortalama doz değerleri bakımından çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,000$).

Anlamlı fark bulunan değerler için Mann-Whitney U testi kullanıldı. Sol submandibular maksimum ve ortalama doz değerleri için her üç grup arasında istatistiksel fark olduğu görüldü ($p < 0,016$). Çene genişliği arttıkça doz değerlerinin arttığı görülmektedir.

Tüm hastalar için farklı çene genişliklerine göre sağ submandibular için maksimum (D_{max}) ve ortalama (D_{ort}) doz değerleri ve istatistik sonuçları Tablo 4.11 ve Grafik 4.7’de görülmektedir.

Tablo 4.11. Sağ submandibular maksimum (D_{max}) ve ortalama (D_{ort}) doz değerleri

Hasta No	D_{max} (Gy)			D_{ort} (Gy)		
	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm
1	49,12	58,03	59,42	5,32	16,33	28,21
2	48,64	57,65	58,33	4,79	15,24	27,13
3	47,94	56,98	57,94	5,42	16,14	28,55
4	48,81	57,73	58,48	4,87	15,44	27,25
5	49,24	58,23	59,66	5,63	15,33	26,93
6	48,35	57,88	58,39	6,03	17,20	28,31
7	48,84	57,65	59,55	4,94	15,23	27,43
8	49,03	56,44	58,74	4,88	16,07	26,67
9	46,98	57,78	58,93	5,56	15,49	28,03
10	48,56	57,85	58,64	5,43	16,65	27,56
11	49,75	56,93	59,66	7,02	17,26	29,84
12	48,72	58,99	59,04	4,93	15,85	27,44
13	47,66	57,56	59,33	6,23	16,43	28,72
14	49,15	58,42	59,63	5,13	16,24	27,56
15	48,96	57,66	58,54	4,89	15,41	27,35
İstatistik						
Ortalama	48,65	57,71	58,95	5,40	16,02	27,79
St. Sapma	0,69	0,61	0,56	0,62	0,67	0,82
Medyan	48,81	57,73	58,93	5,32	16,07	27,56
Maksimum	49,75	58,99	59,66	7,02	17,26	29,84
Minimum	46,98	56,44	57,94	4,79	15,23	26,64
p değeri		0,000			0,000	



Grafik 4.7. Sağ submandibular ortalama D_{max} ve D_{ort} değer grafiği

Ortalama sağ submandibular maksimum doz değerleri çene genişliği 1 cm için $48,65 \pm 0,69$ Gy, 2,5 cm için $57,71 \pm 0,61$ Gy ve 5 cm için $58,95 \pm 0,56$ Gy olarak bulunmuştur. Sağ submandibular maksimum doz değerleri bakımından çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,000$).

Sağ submandibular ortalama doz değerleri çene genişliği 1 cm için $5,40 \pm 0,62$ Gy, 2,5 cm için $16,02 \pm 0,67$ Gy ve 5 cm için $27,79 \pm 0,82$ Gy olarak bulunmuştur. Sağ submandibular ortalama doz değerleri bakımından çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,000$).

Anlamlı fark bulunan değerler için farklılığı oluşturan çene genişliğini belirlemek amacıyla Mann-Whitney U testi kullanıldı. Sağ submandibular maksimum ve ortalama doz değerleri için her üç grup arasında istatistiksel fark olduğu görüldü ($p<0,016$). Çene genişliği arttıkça doz değerlerinin arttığı görülmektedir.

4.3. Tedavi Süreleri ve Monitör Unit (MU) Değerleri

Tüm hastalar için farklı çene genişliklerine göre tedavi süreleri ve Monitör Unit değerleri Tablo 4.12 ve Tablo 4.13’ de görülmektedir.

Tablo 4.12. 1 cm, 2,5 cm ve 5 cm çene genişliğinde elde edilen tedavi planları için ışınlama süreleri

Hasta No	Tedavi Süreleri (dakika)		
	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm
1	5	2,3	1,6
2	4,6	2,1	1,5
3	4,8	2,2	1,6
4	4,7	2,3	1,5
5	4,8	2,3	1,6
6	4,5	2,1	1,5
7	4,5	2,1	1,5
8	4,9	2,2	1,6
9	4,6	2,1	1,5
10	5,1	2,2	1,5
11	5	2,3	1,6
12	4,7	2,2	1,6
13	4,5	2,1	1,5
14	4,6	2,1	1,5
15	4,7	2,3	1,5
İstatistik			
Ortalama	4,73	2,19	1,54
St. Sapma	0,19	0,08	0,05
Medyan	4,70	2,20	1,50
Maksimum	5,1	2,3	1,6
Minimum	4,5	2,1	1,5
p değeri		0,000	

Ortalama tedavi süreleri çene genişliği 1 cm için $4,73 \pm 0,19$ dk, 2,5 cm için $2,19 \pm 0,08$ dk, 5 cm için $1,54 \pm 0,05$ dk olarak bulunmuştur. Tedavi süreleri çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,000$). Anlamlı fark bulunan tedavi süreleri için Mann-Whitney U testi kullanıldı ve her üç grup arasında istatistiksel fark olduğu görüldü ($p<0,016$). Çene genişliği arttıkça tedavi sürelerinin azaldığı görülmektedir.

Tablo 4.13. 1 cm, 2,5 cm ve 5 cm çene genişliğinde elde edilen tedavi planlarına ait Monitör Unit (MU) değerleri

Hasta No	Monitör Unit (MU)		
	Çene 1cm	Çene 2,5cm	Çene 5cm
1	4250	1913	1270
2	3923	1710	1161
3	4078	1762	2534
4	4135	1854	1201
5	4059	1851	1223
6	3762	1701	1127
7	3846	1700	1158
8	4198	1770	1247
9	3927	1696	1203
10	4307	1771	1188
11	4264	1912	1279
12	4140	1753	1241
13	3793	1704	1136
14	3925	1698	1207
15	4137	1860	1200
İstatistik			
Ortalama	4049	1777	1205
St. Sapma	176	80,2	45,7
Medyan	4078	1762	1203
Maksimum	4307	1913	1279
Minimum	3762	1696	1127
p değeri		0,000	

Ortalama Monitör Unit değerleri çene genişliği 1 cm için 4049 ± 176 , 2,5 cm için $1777 \pm 80,2$, 5 cm için $1205 \pm 45,7$ olarak bulunmuştur. Monitör Unit değerleri çene genişlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0,000$). Anlamlı fark bulunan MU değerleri için Mann-Whitney U testi kullanıldı ve her üç grup arasında istatistiksel fark olduğu görüldü ($p<0,016$). Çene genişliği arttıkça MU değerlerinin azaldığı görülmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Radyoterapide, teknolojideki ilerlemeler ve değişik ışınlama teknikleri ile amaç, hedef hacime verilmek istenen dozu homojen şekilde uygularken etrafında bulunan hassas ve sağlıklı dokuları ışın alanı dışında tutarak en az yan etki ile korumaktır. Yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) değişen yoğunluklu tedavi alanları ile hedef hacime istenilen en yüksek dozu verirken, kritik organ dozları üzerinde önemli ölçüde düşürücü etkiye sahiptir.

Bu çalışmada helikal tomoterapi tekniği ile hedef hacime en uygun dozu vererek, çevresindeki sağlıklı dokuları mümkün olduğunca koruma amacı ile 15 erken evre larinks kanseri tanılı hasta için tedavi planı yapılmıştır. YART yapabilen Hi-Art tomoterapi cihazı ile 63 Gy hedef hacime verilmiştir. Yapılan tedavi planlarında 1, 2,5 ve 5 cm'lik farklı çene genişlikleri kullanılarak hedef hacim ve kritik organ dozlarına etkisi incelenmiştir. Bütün planlarda sabit pitch ve modülasyon faktörü kullanılmıştır.

Manabe ve ark. (11), akciğer kanseri tanılı 35 hasta için helikal tomoterapidaki 2,5 ve 5cm'lik çene genişlikleri ile elde edilen tedavi planlarını dozimetrik olarak karşılaştırmıştır. 2,5 cm çene için ortalama CI, ortalama Uniformity İndex, ortalama MU değeri sırasıyla $1,28 \pm 0,12$, $1,09 \pm 0,02$, 5525 ± 644 iken 5 cm'lik çene için aynı değerler sırasıyla $1,35 \pm 0,11$, $1,10 \pm 0,02$, 3988 ± 245 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada spinal kord ortalama maksimum doz değeri 2,5 ve 5 cm'lik çene için sırasıyla $10,3 \pm 4,6$ Gy, $9,2 \pm 4,6$ Gy olarak bulunmuştur. Sonuçlar doz dağılımda 2,5 cm'lik çene genişliğinin daha iyi olduğunu gösterirken, 5 cm'lik çene genişliğinin tedavi süresi açısından daha iyi olduğu gözlenmiştir. Çalışmamızda 2,5 cm'lik çene için ortalama CI ve ortalama MU değeri sırasıyla $0,942 \pm 0,010$, $1777 \pm 80,2$ iken 5 cm'lik çene için aynı değerler sırasıyla $0,945 \pm 0,05$, $1205 \pm 45,7$ olarak hesaplanmıştır. Spinal kord ortalama maksimum doz değeri 2,5 ve 5 cm'lik çene için sırasıyla $39,44 \pm 3,52$ Gy, $39,96 \pm 3,74$ Gy olarak bulunmuştur. Küçük çene genişlikleri ile daha iyi doz dağılımı elde edilmesi ve Monitör Unit artışı gözlenmesi açısından tez çalışmamızın Manabe ve ark. çalışmasıyla uyumlu olduğu görülmektedir.

Sugie ve ark. (8), meme kanseri tanılı 25 hasta için helikal tomoterapideki 2,5 ve 5cm'lik çene genişliklerini dozimetrik açıdan karşılaştırmıştır. 2,5 cm'lik çene için ortalama PTV, ortalama D_{%2}, ortalama D_{%95}, ortalama CI, ortalama HI, spinal kord ortalama doz , larinks ortalama doz ve tiroidortalama doz değeri sırasıyla 50,1±0,2 Gy, 52,2±0,3 Gy, 48,1±0,8 Gy, 0,63±0,06, 0,10±0,03, 3,1±0,7 Gy, 9,4±2,1 Gy, 25,9±2,7 Gy iken 5 cm'lik çene için aynı değerler sırasıyla 50,2±0,2 Gy, 52,4±0,3 Gy, 48,0±0,7 Gy, 0,58 ± 0,07, 0,11 ± 0,03, 4,0 ± 0,7 Gy, 11,7 ± 2,3 Gy, 26,9 ± 2,8 Gy olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak hedef organdaki homojen doz dağılımı ve kritik organ dozlarının daha düşük olması sebebiyle 2,5 cm'lik çene genişliğinin 5 cm'lik çene genişliğine göre daha iyi olduğu bulunmuştur. Bizim çalışmamızdaki 2,5 cm ve 5 cm'lik doz dağılımları incelendiğinde 2,5 cm'lik çene için ortalama CI değeri 0,942 ± 0,010, ortalama HI değeri 0,039 ± 0,017, spinal kord ortalama doz değeri 39,44±3,52 Gy, tiroid ortalama doz değeri 21,69±0,98 Gy iken 5 cm'lik çene için ortalama CI değeri 0,945±0,05, ortalama HI değeri 0,051±0,019, spinal kord ortalama doz değeri 39,96 ± 3,74 Gy, tiroid ortalama doz değeri 36,95 ± 0,80 Gy olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara dayanarak 2,5 cm'lik çene genişliğinde hedef hacimde daha homojen doz dağılımı ve daha düşük kritik organ doz değeri elde edildiği görülmüştür.

Moldovan ve ark. (9), baş ve boyun kaseri tanılı 3 hasta için helikal tomoterapideki 1 cm, 2,5 cm ve 5 cm'lik çene genişliklerini ile dozimetrik ve tedavi süreleri açısından karşılaştırmıştır. Daha küçük çene genişlikleri ile hedef organda daha homojen doz dağılımı ve daha düşük kritik organ dozları elde edildiği görülmüştür. Buna karşın, tedavi sürelerinin arttığı gözlenmiştir. Tedavi süresinin çene genişliği ile ters orantılı olduğu ve tedavi sürelerinin 1 cm'lik çene genişliği için 24±1,9 dk, 2,5 cm'lik çene genişliği için 9,5±1,1 dk ve 5 cm'lik çene genişliği için 5,1±0,6 dk olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, çene genişlikleri karşılaştırıldığında, 1 cm'lik çene daha iyi bir doz homojenitesi sağlarken, daha kısa tedavi süreleri için 5 cm'lik çene kullanmanın daha etkili olacağı görülmüştür. Bizim çalışmamızdaki ortalama tedavi sürelerini incelersek, 1 cm'lik çene genişliği için 4,73±0,19 dk, 2,5 cm için 2,19±0,08 dk, 5 cm için 1,54 ± 0,05 dk olarak bulunmuştur. Bizim çalışmamızda Moldovan ve ark. çalışmasıyla uyumlu olarak 1 cm'lik çene genişliğinde daha homojen doz dağılımı ve daha düşük kritik organ dozları elde edilirken, çene genişliği artıkça doz değerlerinin arttığı ve tedavi süresinin kısaldığı gözlenmiştir.

Kanagaki ve ark. (10), helikal tomoterapide fantom üzerinde 1 cm ve 2,5 cm'lik çene genişliklerini dozimetrik olarak karşılaştırmıştır. Çalışmada akciğer kanseri için düşük yoğunluklu malzeme ile fantom içinde CTV hacmi oluşturulmuş ve kritik organlar fantom BT'si üzerinde konturlanmıştır. Oluşturulan bu akciğer fantom BT'si üzerinde farklı çene genişlikleriyle tedavi planları oluşturulmuştur. Bu tedavi planları karşılaştırıldığından 2,5 cm'lik genişliği 1 cm'lik çene genişliğine göre daha fazla hedef hacim dozu sağlandığı görülmüştür. Ayrıca 1 cm'lik çene genişliği ile karşılaştırıldığında, 2,5 cm'lik çene genişliği daha büyük penumbraya sahip olması nedeniyle küçük bir hedefin tedavisinde dezavantajlı olduğu gözlenmiştir. 1cm'lik çene genişliği daha küçük penumbraya sahip olduğundan daha fazla sağlıklı dokuyu koruması nedeniyle daha çok tercih edilir. Bizim çalışmamız bu verilerle uyumlu olarak küçük çene genişliklerinin daha düşük doz değerine yol açarak, sağlıklı dokuların daha iyi korunmasını sağladığı görülmüştür.

Ramsey ve ark. (34), helikal tomoterapide fantom üzerinde $1 \times 40 \text{ cm}^2$, $2,5 \times 40 \text{ cm}^2$, $5 \times 40 \text{ cm}^2$ alan boyutlarındaki ışınlama senaryoları için periferik doz değerleri ölçülmüşlerdir. Çalışmanın sonucunda alan boyutu arttıkça periferik dozların arttığı gözlenmiştir. Çalışmamızda tiroid ortalama doz değerleri çene genişliği 1 cm için $11,13 \pm 0,89 \text{ Gy}$, 2,5 cm için $21,69 \pm 0,98 \text{ Gy}$ ve 5 cm için $36,95 \pm 0,80 \text{ Gy}$, ortalama tiroid V50 hacim değerleri çene genişliği 1 cm için $\%6,84 \pm \%0,87$, 2,5 cm için $\%11,60 \pm \%0,52$ ve 5 cm için $\%19,38 \pm \%0,66$, sol submandibular ortalama doz değerleri çene genişliği 1 cm için $1,85 \pm 0,65 \text{ Gy}$, 2,5 cm için $7,45 \pm 0,72 \text{ Gy}$ ve 5 cm için $22,63 \pm 0,56 \text{ Gy}$, sağ submandibular ortalama doz değerleri çene genişliği 1 cm için $5,40 \pm 0,62 \text{ Gy}$, 2,5 cm için $16,02 \pm 0,67 \text{ Gy}$ ve 5 cm için $27,79 \pm 0,82 \text{ Gy}$ olarak bulunmuştur. Çalışmamızda elde edilen bu değerlerden görüldüğü gibi, Ramsey ve ark. çalışmasıyla uyumlu olarak çene genişliği arttıkça perifer yerleşimli sağlıklı organ dozu değerleri artmaktadır.

Matthiesen ve ark. (13), glottik larinks kanseri tanılı 10 hasta için Varian cihazında YART ve VMAT tekniklerinin dozimetrik olarak karşılaştırmışlardır. Tüm planlar fraksiyon başına 2,25 Gy' lik doz ile toplam 63 Gy dozda oluşturuldu. Ortalama PTV için maksimum, minimum ve ortalama dozlar YART tekniğinde $70,12 \pm 1,08 \text{ Gy}$, $54,77 \pm 2,52 \text{ Gy}$, $66,44 \pm 0,55 \text{ Gy}$, VMAT tekniğinde $69,55 \pm 0,77 \text{ Gy}$, $55,51 \pm 1,42 \text{ Gy}$,

65,64±0,47 Gy olarak bulunmuştur. Ortalama tiroid dozlar ise YART için 22,46 Gy, VMAT için 19,45 Gy olarak bulunmuştur. Spinal kord için ortalama maksimum doz değerleri ise YART için 25,72 Gy ve VMAT için 24,75 Gy olarak bulunmuştur. Bu veriler bizim çalışmamızdaki helikal tomoterapi cihazı ile yapılan YART tekniği sonuçları ile karşılaştırıldığında, PTV dozları ile uyumlu çıkarken, spinal kord doz değeri ile uyumlu çıkmamıştır. Bunun nedeni tomoterapideki periferik dozun yüksek olmasıdır.

Chatterjee ve ark. (14), glottik larinks kanseri tanılı 5 hasta için 3BKRT ve karotis koruyucu helikal tomoterapi (cstomo, carotid sparing tomo) tekniklerini dozimetrik olarak karşılaştırmışlardır. Cstomo planları için çene genişliği 1 cm, modülasyon faktörü 2 ve pitch faktörü 0,3 değerleri kullanılmıştır. Sağ karotis için; cstomo ile ortalama doz değeri 16,55 Gy iken medyan doz değeri 4,4 Gy olarak bulunmuştur. Sol karotis için; cstomo ile ortalama doz değeri 15,3 Gy iken medyan doz değeri 3,4 Gy olarak bulunmuştur. Ayrıca 5 hasta için spinal kord maksimum dozları cstomo için 33,60 Gy, 33,40 Gy, 35,67 Gy, 35,35 Gy ve 34,31 Gy olarak bulunmuştur. Hesaplanan CI ise cstomo için 0,75 olarak bulunmuştur. Bu veriler bizim çalışmamızdaki helikal tomoterapi cihazı ile yapılan sağ ve sol karotis ve CI ile karşılaştırıldığında daha düşük doz değerleri elde edilirken, spinal kord için yaklaşık sonuçlar elde edilmiştir.

Tez çalışmamızda YART tekniği kullanılan helikal tomoterapi cihazındaki farklı çene genişlikleri kullanılarak elde edilen doz dağılımları ve tedavi süreleri incelendiğinde, önceden yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak elde edilen veriler doğrultusunda çene genişlikleri incelendiğinde 1 cm'lik çene genişliği ile daha iyi doz homojenitesi ve daha düşük kritik organ dozları elde edilirken daha uzun tedavi süresi dezavantajına sahip olduğu görülmüştür. Çene genişliği arttıkça hedef organ ve kritik organ dozlarının arttığı görülmüştür. Larinks radyoterapisi açısından 1 cm'lik çene genişliği ile daha düşük tiroid ve submandibular dozlar elde edilmiştir. Tedavi süresinin ise uzun olması sebebiyle ileri yaş grubu hastaların sıkılabılme ve hareket edebilme olasılığından dolayı önerilmeyebilir. Ancak çene genişliğini artışı ise tedavi süresi kısılmasına rağmen kritik organların daha yüksek doz almasına sebep olmaktadır.

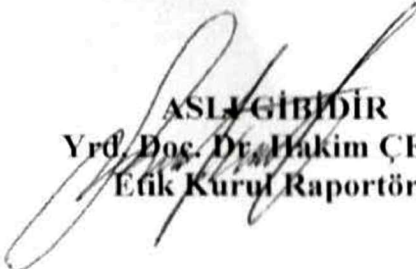
6. KAYNAKLAR

1. Kucur C, Özbay İ, Aksoy S, Oğhan F, Erdoğan O, Külekçi S, Akkaş G. Larinkste Nadir Görülen Sarkomatoid Karsinom: Olgu Sunumu. ODÜ Tıp Dergisi. 2015; 2(4).
2. Licitra L, Bernier J, Grandi C, Locatid L, Merlanoe M, Gattad G, Lefebvref L. Cancer of the larynx. Crit Rev Oncol Hematol. 2003;47(1): 65-80.
3. Elci OA, Elci MA, Blair A, Dosemeci M. Risk of laryngeal cancer by occupational chemical exposure in Turkey. J Occup Environ Med. 2003; 45(10): 1100-6.
4. Palta JR., Liu C, Li JG. Quality assurance of intensity-modulated radiation therapy. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics. 2008; 71(1): 108-112.
5. Ezzell GA, Galvin JM, Low D, Palta JR, Rosen I, Sharpe MB, Xia P, Xiao Y, Xing L, Yu CX. Guidance document on delivery, treatment planning, and clinical implementation of IMRT: Report of the IMRT subcommittee of the AAPM radiation therapy committee. Med. Phys. 2003; 30 (8): 2089-115.
6. Galvin JM, Ezzell G, Eisbrauch A, Yu C, Butler B, Xiao Y, Rosen I, Rosenman J, Sharpe M, Xing L, Xia P, Lomax T, Low DA, Palta J. Implementing IMRT in clinical practice: A joint document of the American Society for Therapeutic Radiology and Oncology and the American Association of Physicist in Medicine. Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 2004; 58(5): 1616–1634.
7. Mackie TR, Holmes T, Swerdloff S, Reckwerdt P, Deasy JO, Yang J, Paliwal B, Kinsella T. Tomotherapy: a new concept for the delivery of dynamic conformal radiotherapy. Med Phys. 1993; 20 (6): 1709–1719.
8. Sugie C, Manabe Y, Hayashi A, Murai T, Takaoka T, Hattori Y, Iwata H, Takenaka R, Shibamoto Y. Efficacy of the Dynamic Çene Mode in Helical Tomotherapy With Static Ports for Breast Cancer. Technology in cancer research & treatment. 2015; 14(4): 459-465.
9. Moldovan M, Fontenot JD, Gibbons JP, Lee TK, Rosen II, Fields RS, Hogstrom KR. Investigation of pitch and jaw width to decrease delivery time of helical tomotherapy treatments for head and neck cancer. Medical Dosimetry. 2011; 36(4): 397-403.
10. Kanagaki B, Read PW, Molloy JA, Larner JM, Sheng K. A motion phantom study on helical tomotherapy: the dosimetric impacts of delivery technique and motion. Physics in medicine and biology. 2007; 52(1): 243-55.

11. Manabe Y, Shibamoto Y, Sugie C, Hayashi A, Murai T, Yanagi T. Helical and static-port tomotherapy using the newly-developed dynamic jaws technology for lung cancer. *Technology in cancer research & treatment*. 2015; 14(5): 583-91.
12. Clark CH, Bidmead AM, Mubata CD, Harrington KJ, Nutting CM. Intensity-modulated radiotherapy improves target coverage, spinal cord sparing and allows dose escalation in patients with locally advanced cancer of the larynx. *Radiotherapy and oncology*. 2004; 70(2): 189-98.
13. Matthiesen C, Herman TL, Singh H, Mascia A, Confer M, Simpson H, Higby C, Arain A, Keole S, Herman T, Bogardus C, Zhao YD, Ahmad S. Dosimetric and radiobiologic comparison of 3D conformal, IMRT, VMAT and proton therapy for the treatment of early-stage glottic cancer. *Journal of medical imaging and radiation oncology*. 2015; 59(2): 221-228.
14. Chatterjee S, Guha S, Prasath S, Mallick I, Achari R. Carotid sparing hypofractionated tomotherapy in early glottic cancers: refining image guided IMRT to improve morbidity. *Journal of cancer research and therapeutics*. 2013; 9(3): 452-5.
15. Odar IV. *Anatomi Ders Kitabı*. 2. Cilt, 7. Baskı, Elif Matbaacılık A.Komandit Şirketi. 1980; 170-188.
16. Koç C. *Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş Boyun Cerrahisi*. 1. Baskı, Güneş Kitabevi Ltd ğti. Ankara, 2003; 1183-1216.
17. Karakök M, Aydın A, Erkiş S, Kuyucu N. Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Patoloji Anabilim Dalında, Gaziantep Devlet ve SSK Hastaneleri laboratuvarlarında tanı konulan kanserlerin epidemiyolojik değerlendirilmesi. *Patoloji Bülteni*. 2001; 18: 10-5.
18. Brovman GP, Wong G, Hodson I, Sathya J, Russell R, McAlpine L, Skingley P, Levine MN. Influence of cigarette smoking on the efficacy of radiation therapy in head and neck cancer. *N Engl J Med*. 1993; 328(3): 159-63.
19. Topuz E, Aydın A, Karadeniz AN. *Klinik Onkolojisi*. 2000; 171-175
20. Beyzadeoglu M, Özyiğit G, Ebruli C. *Basic Radiation Oncology*. *Medical Physics*. 2010; 2822.
21. Akfırat C, Kurtman C. Üç boyutlu konformal radyoterapi planlaması. *Ankara Üniversitesi Dikimevi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Yıllığı*. 2001; 2(1).
22. Barrett A, Dobbs J, Morris S, Roques T. *Practical Radiotherapy Planning Fourth Edition*. CRC Press. 2008.

23. Boyer A, Biggs P, Galvin J, Klein E, Losasso T, Low D, Mah K, Yu C. Basic applications of multileaf collimators. Report of TG 50, American Association of Physicists in Medicine. 2001.
24. ICRU 50, The International Commission on Radiation Units and Measurements Report 50. Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy. 1993.
25. ICRU 62, International Commission on Radiation Units and Measurements report 62. Prescribing, Recording, and Reporting Photon Beam Therapy. 1999.
26. Perez CA, Brady LW. Principles and Practice of Radiation Oncology (5th ed), 2008; 821, Lippincott-Raven, Philadelphia. Int J.Radiation Oncology Biol. Phys. 56(1):145-157.
27. ICRU 83, International Commission on Radiation Units and Measurements Report 83. Prescribing, Recording, and Reporting Photon-Beam Intensity-Modulated Radiation Therapy (IMRT). 2010.
28. Feuvret L, Noel G, Mazon JJ, Bey P. Conformity Index: A Review. Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys. 2006; 64(2): 333-342.
29. Saw CB, Ayyangar KM, Thompson RB, Zhen W, Enke CA. Commissioning of Peacock System for intensity-modulated radiation therapy. Med Dosim. 2001; 26(1): 55-64.
30. Langen KM, Papanikolaou N, Balog J, Crilly R, Followill D, Goddu SM, Grant W 3rd, Olivera G, Ramsey CR, Shi C. QA for helical tomotherapy: Report of the AAPM Task Group 148. Medical physics. 2010; 37(9): 4817-4853.
31. Balog J, Soisson E. Helical tomotherapy quality assurance. Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys. 2008; 71(1): 113-117.
32. Mackie TR. History of tomotherapy. Phys. Med. Biol. Philadelphia. 2006; (51): 427-453.
33. Tomotherapy Treatment System, Tomo Planning Guide Version 4.0.3, Section 1-2 and 1-4 Pages 1-16,1-94.
34. Ramsey C, Seibert R, Mahan SL, Desai D, Chase D. Out-of-field dosimetry measurements for a helical tomotherapy system. Journal of Applied Clinical Medical Physics. 2006; 7(3): 1-11.

HARRAN ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ Etik Kurul Kararı	
TARİH	: 05.01.2017
OTURUM	: 01
SAAT	: 15:00

17/01/06	<p>Karar: Üniversitemiz Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Hediye ACUN'un yürütücüsü olduğu "Tomoterapide Larenks Radyoterapisinin Dozimetrik Değerlendirilmesi" başlıklı çalışmaya, ilgili kurum izni getirmesi koşuluyla Etik Kurul onayı verilmesine,</p> <p>Oybirliğiyle karar verilmiştir.</p> <p style="text-align: center;"> ASLI GİBİDİR Yrd. Doç. Dr. Hakim ÇELİK Etik Kurul Raportörü</p>
----------	--