



**SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ**  
**GÜLHANE SAĞLIK BİLİMLERİ**  
**ENSTİTÜSÜ**

**METASTATİK AKCİĞER KANSERİ STEREOTAKTİK BEDEN  
RADYOTERAPİSİNDE (SBRT) HEDEFE VERİLEN MARJLARIN VE  
KOLİMATÖR YAPRAK GENİŞLİĞİNİN PLANLANAN HEDEF HACİM (PTV) VE  
KRİTİK ORGAN DOZLARINA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Ferhat ÇETİNEL**

**Tez Danışmanı**

**Prof. Dr. Bahar DİRİCAN**

**Radyasyon Onkolojisi A.D.**

**Radyoterapi Fiziği**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ağustos 2021**

## TEZ KABUL ONAYI

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Sağlık Bilimleri Enstitüsü  
Radyasyon Onkolojisi. Ana Bilim Dalında/ Radyoterapi Fiziği Yüksek Lisans Programında Ferhat  
ÇETİNEL tarafından hazırlanan  
“METASTATİK AKCİĞER KANSERİ STEREOTAKTİK BEDEN RADYOTERAPİSİNDE(SBRT)  
HEDEFE VERİLEN MARJLARIN VE KOLİMATÖR YAPRAK GENİŞLİĞİNİN PLANLANAN  
HEDEF HACİM (PTV) VE KRİTİK ORGAN DOZLARINA ETKİSİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ”.....  
Başlıklı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / ~~OY ÇOKLUĞU~~ ile  
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Başkan :** Prof. Dr. M. Murat BEYZADEOĞLU

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Radyasyon Onkolojisi Ana Bilim Dalı  
Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum.~~

**Danışman :** Prof. Dr. Bahar DİRİCAN

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Radyasyon Onkolojisi Ana Bilim Dalı  
Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum.~~

**Üye:** Prof. Dr. Hüseyin BORA

Gazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Ana Bilim Dalı  
Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum.~~

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 12./08./2021

Jüri üyeleri tarafından YÜKSEK LİSANS tezi olarak uygun görülmüş olan bu tez Sağlık Bilimleri  
Üniversitesi, Gülhane Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu kararı ile onaylanmıştır.

Gülhane Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Tezin Teslim Edildiği Tarih: / /

  
Prof. Dr. Yalçın ÖZKAN  
Sağlık Bilimleri Üniversitesi  
Gülhane Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

GSBE/SBE Form No:2018/32

## BEYAN

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Mevcut tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu,
- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Mevcut tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

  
Ferhat ÇETİNEL

12.08.2021

## ÖZET

### METASTATİK AKCİĞER KANSERİ STEREOTAKTİK BEDEN RADYOTERAPİSİNDE (SBRT) HEDEFE VERİLEN MARJLARIN VE KOLİMATÖR YAPRAK GENİŞLİĞİNİN PLANLANAN HEDEF HACİM (PTV) VE KRİTİK ORGAN DOZLARINA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

**Amaç:** Akciğer kanseri SBRT radyoterapi planlaması için PTV'yi tanımlamada en önemli parametrelerden biri hedef hacim paylarıdır. Bu tez çalışmasında, Lineer Hızlandırıcı cihazının radyasyon demetini şekillendiren kolimatör sisteminin yaprak genişliğinin PTV ve kritik organ dozlarına etkisi incelenerek değerlendirilecektir. SBRT uygulamalarını diğer radyoterapi yaklaşımlarından ayıran en önemli farklardan biri tümöre yüksek fraksiyon dozu uygulanmasıdır. Akciğer kanseri radyoterapisinde, torakal bölgedeki kritik organların fazlalığı ve SBRT tekniğinde kullanılan yüksek doz nedeniyle hedef hacmin lokalizasyonu, boyutları sınırlarının şekli, organ hareketliliği ve bunlara bağlı olarak tedavi için hedef hacmin konturlama payları çok önemlidir. SBRT'de kullanılan Lineer Hızlandırıcı cihazının kolimatör sisteminin yaprak genişliği de doz dağılımı üzerinde etkilidir. Bu doz dağılımının incelenmesi ve hedefe verilen payların ve yaprak genişliğinin hedef hacim ve kritik organların dozları için optimizasyonu tümör kontrol olasılığını artırmaya ve normal doku komplikasyonlarını azaltmaya katkı sağlayacaktır.

**Gereç ve Yöntem:** Bu çalışmada Elekta marka Synergy® model lineer hızlandırıcı, dinamik mikro çok yapraklı kolimatörler (Dynamic Micro Multileaf Collimator- DMLC), Elekta BodyFIX® hasta sabitleme sistemi, Elekta solunum izleme ve kontrol sistemi (Active Breathing Coordinator), General Electric marka LightSpeed model bilgisayarlı tomografi ve Elekta CMS ERGO®++ tedavi planlama sistemi kullanılmıştır. Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniğinde Akciğer SBRT uygulanan geriye dönük planlanan 13 hastanın PTV ve kritik organlarının dozları çalışmanın tümör lokalizasyonu, tümör boyutları, tümör sınırlarının düzgün ya da düzgün olmayan şekilde olmasına göre incelenerek değerlendirilmiştir.

**Bulgular:** Seçilen hastalardaki değerlendirilen kritik organ dağılımı; %100 spinal kord ve tüm akciğer, %84,6 karşı akciğer, %69,2 özafagus, %15,4 karaciğer, %15 trakea ve büyük bronşlardır. Tüm hasta grubu için tümör hacmi minimum 4 cm<sup>3</sup>, maksimum 32,9 cm<sup>3</sup> ve median 11,9 cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Yapılan incelemelerde dinamik çok yapraklı kolimatör genişliği ve PTV'ye verilen marjların Konformite İndeksi (CI<sub>paddick</sub>), Homojenite İndeksi (HI), planlanan hedef hacim ve kritik organ dozlarına bakılarak 13 hastanın incelendiği grupta, 3 mm genişlikteki ÇYK kullanımı daha iyi kritik organ koruması ve aynı zamanda daha iyi tümör sarımı ile sonuçlanmıştır (p<0,05). CI<sub>paddick</sub> ve HI değerleri açısından gruplar arasında istatistiksel anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (p>0,05).

**Sonuç:** Kritik organlarda maksimum koruma sağlamada ÇYK genişliği ve PTV marjlarının farklılaşması ile ilişkisinin değerlendirildiği bu çalışmada; PTV marjı modifikasyonunda +2, +3, +5 mm marj seçeneklerinden, +2 mm PTV marjı ve 3 mm ÇYK genişliği kullanılması halinde, 5 mm genişlikteki ÇYK'ye göre daha iyi OAR korunması sağlanırken, 3 mm genişlikteki ÇYK kullanımı ve +5 mm PTV marjı kombinasyonunda daha iyi tümör sarımı sağlanmıştır.

#### **Anahtar Kelimeler:**

Stereotaktik Beden Radyoterapisi, Akciğer kanseri, Dinamik Çok Yapraklı Kolimatör, Hedef Marjları

## ABSTRACT

### EVALUATION OF THE EFFECT OF TARGET MARGINS AND COLLIMATOR LEAF WIDTH ON PLANNING TARGET VOLUME (PTV) AND CRITICAL ORGAN DOSES IN METASTATIC LUNG CANCER STEREOTACTIC BODY RADIOTHERAPY

**Aim:** One of the most important parameters in defining PTV for Lung Cancer SBRT is target volume margins. In this thesis study, leaf width effect of Linear Accelerator Collimator system shaping the radiation beam on PTV and critical organ doses is studied. The most important distinguishing feature of SBRT from other radiotherapy applications is its high fraction dose delivery to the tumor in several fractions. Target volume contouring margins is so important in lung cancer radiotherapy encompassing many critical normal tissues and organs in the thoracic region. Collimator systems' leaf width is also effective on dose distribution. Evaluation of the effect of this dose distribution on target margins and leaf width and critical organ dose optimization will help to improve tumor control probability and decrease normal tissue complications.

**Material and Method:** In this study, we made use of Elekta Synergy Linear accelerator, Dynamic Micromultileaf-DMLC-, Elekta Body Fix patient immobilization system, Elekta Active Breathing Coordinator, General Electric Lightspeed Computerized Tomography and Elekta CMS ERGO++ treatment planning systems. 13 patients' PTV and critical organ doses, tumor localizations, tumor sizes and tumor border regularity or irregularities were retrospectively examined.

**Results:** The patients included in the study had critical organ distributions of 100% for spinal cord and total lung; 84,6% opposite lung; 69,2% esophagus; 15,4% liver; 15% trachea and bronchi. Tumor volume for the whole patient group were found to be 4 cc minimum, 32,9 cc maximum and 11,9 cc median volumes. We examined 13 patient SBRT treatment plans by changing the dynamic multi-leaf collimator widths and PTV margins, the Homogeneity Index (HI) and Conformity Index (CI<sub>paddick</sub>) of the planned target volume and critical organ doses using 3 mm wide MLC which resulted in better critical organ protection as well as better tumor coverage ( $p < 0,05$ ). There was no statistically significant difference between the groups in terms of CI<sub>paddick</sub> and HI values ( $p > 0,05$ ).

**Conclusions:** In this study evaluating the relationship between MLC width and differing PTV margins to provide maximum protection of critical organs at risk; we used +2, +3, +5 mm PTV margin and MLC width of 3 mm and 5 mm. We found better OAR protection at +2 mm PTV margin with 3 mm MLC width compared to 5 mm MLC width in OAR protection. Better tumor coverage was achieved by using the combination of 3 mm wide MLC and +5 mm PTV margin.

**Keywords:** Stereotactic Body Radiotherapy, Lung Cancer, DMLC, Target Margin

## TEŞEKKÜR

Akademik hayatımda yüksek lisans öğrenimim boyunca çalışmalarına yön veren, alanda etik duruşu bizlere öğretmesiyle, yapıcı, motive edici eğitim anlayışında bilgi ve deneyimlerini aktaran ve hoşgörüsüyle desteklerini esirgemeyen, değerli hocam Sn. Prof. Dr. Bahar DİRİCAN'a, çalışmalarına disipline yaklaşmayı öğütlemesi ve eğitim sürem boyunca bizleri takipte olması ve destekleriyle, güler yüzünü bizlerden esirgemeyen değerli hocam Sn. Prof. Dr. Mehmet Murat BEYZADEOĞLU'na ve diğer hekim hocalarıma en derin saygı ve sevgilerimle şükranlarımı sunarım. Eğitim sürem boyunca bilgi, deneyimlerini ve desteklerini esirgemeyen, klinik sağlık fizikçileri Yelda ELÇİM, Esin GÜNDEM, Kadir TAŞPINAR, Ahmet YÜREKLİ, Elif ÖNAL, Semiha AŞKIN, Ayça EKMEK'e ve tüm çalışan personele şükranlarımı sunuyorum.

Yaşamım boyunca yanımda olan en büyük destekçim ve en değerli varlığım annem Melahat ÇETİNEL'e, ablalarım Yasemin FAZİLOĞLU, Gamze KARAKOÇ'a ve yoldaşım, sevdiğim Emine ALTIOK'a en derin sevgilerimi ve şükranlarımı sunuyorum.

# İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vi
RESİM VE ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
EŞİTLİKLER.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. AKCİĞER ANATOMİSİ.....	3
2.2 AKCİĞER KANSERİ.....	3
2.2.1 Risk Faktörleri.....	4
2.2.2 Evreleme ve Metastaz.....	4
2.2.3 Akciğer Kanseri Belirtileri.....	5
2.3 TEDAVİ YÖNTEMLERİ.....	6
2.4 GELENEKSEL RADYOTERAPİ YAKLAŞIMLARI VE SBRT.....	6
2.4.1 Torakal Lezyon Yerleşimi Üzerine.....	7
2.4.2 Akciğer Kanseri Stereotaktik Beden Radyoterapisi (SBRT).....	9
2.4.3 Akciğer SBRT’inde RTOG 0813 ve 0915 protokolleri.....	10
2.5 SBRT PLAN DEĞERLENDİRME.....	12
2.5.1 Hacimsel Tanımlamalar.....	12
2.5.2 Konformite İndeksi ve Homojenite İndeksi.....	13
2.5.3 Çok Yapraklı Kolimatörler (Multi Leaf Collimators).....	13
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	16
3.1. ARAÇ VE GEREÇLER.....	16
3.1.1. GE Lightspeed RT Bilgisayarlı Tomografi Cihazı.....	16
3.1.2. Linear Hızlandırıcı Cihazı (Elekta Synergy).....	16
3.1.3. Dinamik Çok Yapraklı Kolimatörler.....	17
3.1.4. ERGO++ Tedavi Planlama Sistemi.....	18
3.1.5. Active Breathing Coordinator™.....	19

3.1.6 Body FIX® Hasta Sabitleme Sistemi .....	20
3.2. YÖNTEM.....	21
3.2.1. Hasta Seçimi.....	21
3.2.2. Hasta Planlamaları ve Değerlendirme Uygulamaları .....	22
4. BULGULAR .....	25
4.1. DVH İncelemeleri .....	25
4.2. Hasta özelinde yapılan planlar ve dozimetrik bulgular .....	25
4.2.1 PTV 50Gy Reçetelenen Hastalar.....	25
4.2.2 PTV <50Gy Reçetelenen Hastalar.....	36
4.3. Aynı Fraksiyonasyona Sahip Hastaların Karşılaştırılması .....	45
4.3.1 DMLC Genişliği ve Marjların İstatistiksel İncelemesi.....	45
5. TARTIŞMA .....	55
6. SONUÇ .....	59
KAYNAKLAR.....	60
ÖZGEÇMİŞ VE İLETİŞİM.....	62

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 3B-KRT/YART ve SBRT'nin tipik özelliklerinin karşılaştırılması.....	9
Çizelge 2.2 RTOG 0813 ve RTOG 0915'e göre yüksek ve orta doz saçılmaları ve ortalama akciğer doz değerleri.....	10
Çizelge 3.1 Hastaların genel bilgileri.....	21
Çizelge 3.2 Metastatik Akciğer SBRT uygulanan 13 hastanın tümör lokalizasyonları ve tedavi planı bilgileri.....	22
Çizelge 3.3 AAPM TG 101 raporuna göre belirlenen kritik organlardaki komplikasyonlar ve eşik doz değerleri.....	24
Çizelge 4.1 Hasta 1'e ait dozimetrik veri.....	25
Çizelge 4.2 Hasta 2'ye ait dozimetrik veri.....	27
Çizelge 4.3 Hasta 3'e ait dozimetrik veri.....	25
Çizelge 4.4 Hasta 4'e ait dozimetrik veri.....	30
Çizelge 4.5 Hasta 5'e ait dozimetrik veri.....	31
Çizelge 4.6 Hasta 6'ya ait dozimetrik veri.....	33
Çizelge 4.7 Hasta 7'ye ait dozimetrik veri.....	34
Çizelge 4.8 Hasta 8'e ait dozimetrik veri.....	36
Çizelge 4.9 Hasta 9'a ait dozimetrik veri.....	37
Çizelge 4.10 Hasta 10'a ait dozimetrik veri.....	39
Çizelge 4.11 Hasta 11'e ait dozimetrik veri.....	40
Çizelge 4.12 Hasta 12'ye ait dozimetrik veri.....	42
Çizelge 4.13 Hasta 13'e ait dozimetrik veri.....	43
Çizelge 4.14 3 mm DMLC ve +2 mm PTV marjı.....	45
Çizelge 4.15 5 mm DMLC ve +2 mm PTV marjı.....	46
Çizelge 4.16 3 mm DMLC ve +3 mm PTV marjı.....	48
Çizelge 4.17 5 mm DMLC ve +3 mm PTV marjı.....	49
Çizelge 4.18 3 mm DMLC ve +5 mm PTV marjı.....	51
Çizelge 4.19 5 mm DMLC ve +5 mm PTV marjı.....	52
Çizelge 4.20 Metastatik Akciğer SBRT uygulanan 13 hastanın PTV ve GTV büyüklükleri.....	54

## RESİM VE ŞEKİL LİSTESİ

Resim 2.1 Solunum sistemi anatomisi.....	3
Resim 2.2 Uzak Akciğer Metastazı.....	5
Resim 2.3 BT görüntüsü üzerinde altın ve visicoil işaretleyicileri.....	7
Resim 2.4 IASLC 'merkezi' bölge tanımı: Büyük damarlar,kalp, özafagus, omurilik, laringeal sinirler, brakial pleksus ve bronş ağacının etrafındaki 2 cm'lik bölge içindeki herhangi bir GTV hacmi.....	8
Resim 2.5 ICRU 50,62 ve 83 Hacim tanımlamaları şeması.....	12
Resim 2.6 Üç ayrı kolimatör çeşidi için “Tongue&Groove” etkisi.....	14
Resim 2.7 (a) DMLC'nin enine görünüşünün şeması (b) DMLC'nin yapraklarının detayı.....	15
Resim 3.1 GE Lightspeed bilgisayarlı tomografi cihazı.....	16
Resim 3.2 Elekta Synergy® model lineer hızlandırıcı cihazı.....	17
Resim 3.3 a) 3 mm b) 5 mm Dinamik çok yapraklı kolimatörler.....	17
Resim 3.4 Elekta CMS ERGO++ arayüz görüntüsü.....	18
Resim 3.5 Aktif solunum izleme ve kontrol sistemi (ABC) .....	19
Resim 3.6 a) BodyFIX® hasta sabitleme sistemi, b) Termoplastik maske.....	20
Resim 3.7 Hasta bulguları girişi için hazırlanan “SBRT Card” şablonu.....	23
Şekil 4.1 Hasta 1'e ait Konformite ve Homojenite İndeksleri.....	26
Şekil 4.2 Hasta 2'ye ait Konformite ve Homojenite İndeksleri.....	28
Şekil 4.3 Hasta 3'e ait Konformite ve Homojenite İndeksleri.....	29
Şekil 4.4 Hasta 4'e ait Konformite ve Homojenite İndeksleri.....	31
Şekil 4.5 Hasta 5'e ait Konformite ve Homojenite İndeksleri.....	32
Şekil 4.6 Hasta 6'ya ait Konformite ve Homojenite İndeksleri.....	34
Şekil 4.7 Hasta 7'ye ait Konformite ve Homojenite İndeksleri.....	35
Şekil 4.8 Hasta 8'e ait Konformite ve Homojenite İndeksleri.....	37
Şekil 4.9 Hasta 9'a ait Konformite ve Homojenite İndeksleri.....	38
Şekil 4.10 Hasta 10'a ait Konformite ve Homojenite İndeksleri.....	40
Şekil 4.11 Hasta 11'e ait Konformite ve Homojenite İndeksleri.....	41
Şekil 4.12 Hasta 12'ye ait Konformite ve Homojenite İndeksleri.....	43
Şekil 4.13 Hasta 13'e ait Konformite ve Homojenite İndeksleri.....	44
Şekil 4.14 Seçilen planlarda hedef hacim dozları.....	46
Şekil 4.15 Seçilen planlarda OAR dozları.....	47
Şekil 4.16 Seçilen planlarda HI değerleri.....	47
Şekil 4.17 Seçilen planlarda $CI_{paddick}$ değerleri.....	48
Şekil 4.18 Seçilen planlarda hedef hacim dozları.....	49
Şekil 4.19 Seçilen planlarda OAR dozları.....	50
Şekil 4.20 Seçilen planlarda HI değerleri.....	50
Şekil 4.21 Seçilen planlarda $CI_{paddick}$ değerleri.....	51
Şekil 4.22 Seçilen planlarda hedef hacim dozları.....	52
Şekil 4.23 Seçilen planlarda OAR dozları.....	53
Şekil 4.24 Seçilen planlarda HI değerleri.....	53
Şekil 4.25 Seçilen planlarda $CI_{paddick}$ değerleri.....	54

## EŞİTLİKLER

Eşitlik 2.1 Paddick Konformite İndeksi.....	13
Eşitlik 2.2 ICRU 83 Homojenite İndeksi.....	13
Eşitlik 2.3 RTOG Homojenite İndeksi.....	13

## SİMGELER VE KISALTMALAR

BT: Bilgisayarlı Tomografi - Computed Tomography
CI: Konformite İndeksi - Conformity Index
ÇYK: Çok Yapraklı Kolimatör
DCAT: Dinamik Konformal Ark Tedavisi – Dynamic Conformal Arc Therapy
DVH: Doz Hacim Histogramı - Dose Volume Histogram
DRR: Dijital Rekonstrükte Grafiler
HI: Homojenite İndeksi – Homogeneity Index
GTV: Gross Tümör Hacmi
YART- IMRT: Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi - Intensity Modulated Radiotherapy
MLC: Çok Yapraklı Kolimatör - Multi Leaf Colimator
OAR: Risk Altındaki Organ – Organ At Risk
PCI - $CI_{paddick}$ : Paddick Konformite İndeksi – Paddick Conformity Index
PET-CT: Pozitron Emisyon Tomografisi Bilgisayarlı Tomografi
PTV: Planlanan Hedef Hacim - Planning Target Volume
SBRT: Stereotaktik Beden Radyoterapisi - Stereotactic Body Radiotherapy
SABR: Stereotaktik Ablatif Radyoterapi - Stereotactic Ablative Radiotherapy
SRS: Stereotaktik Radyocerrahi – Stereotactic Radiosurgery
SRT: Stereotaktik Radyoterapi – Stereotactic Radiotherapy
TPS: Tedavi Planlama Sistemi - Treatment Planning System
VMAT: Volümetrik Ark Tedavisi - Volumetric Arc Radiotherapy

# 1.GİRİŞ

Kanser dünyada en yaygın ölüm nedenlerinden biridir. Günümüzde erkeklerde en fazla ölüm akciğer, prostat ve kolorektum kanserlerinden, kadınlarda ise yine akciğer, meme ve kolorektum kanserlerinde görülmektedir. Tüm kanser ölümlerinin neredeyse dörtte biri akciğer kanserine bağlıdır<sup>(1)</sup>. Radyoterapi kanser hastalıklarında etkin bir tedavi olmasına karşın konvansiyonel radyoterapide metastatik, tıbben ameliyat edilemeyen akciğer kanseri olan hastalar, zayıf bir lokalizasyona sahiptir. Konvansiyonel radyoterapide kontrol oranı 30-40%'tır ve yüksek ölüm oranına sahiptir; 3 yıllık sağkalım, %20-35<sup>(2,3)</sup>. Geleneksel radyasyon tedavisinin karmaşık geometrik ve biyolojik belirsizliklerle ilgili olarak, etkinliğinin azaldığı söylenebilir. Bu belirsizlikleri gidermek ve tedavi süresince solunum hareketi, intra/fraksiyonel varyasyonlar ve tedaviye yanıtta değişiklikleri gözlemek gerekir. Konvansiyonel radyoterapiden farklı olarak Stereotaktik Beden Radyoterapisi'nin (SBRT) etkinliği araştırılmaya devam edilmektedir.

Stereotaktik radyoterapi, latince kökenli olup *stereo* ve *tact* kelimelerinin birleşimi ile üç boyutlu dokunmak anlamından türemiş bir radyoterapi tedavi metodudur. İntrakraniyal bölgeye tek tedavi gününde yüksek doz vererek yapılan tedaviye Stereotaktik Radyocerrahi (SRS), akciğerler, karaciğer, adrenal bezler ve prostat gibi ekstrakraniyal bölgeye bir fraksiyon ya da daha fazla fraksiyon uygulanan tedavilere ise Stereotaktik Beden Radyoterapisi (SBRT) denir. SBRT; abdominopelvik, torakal, spinal yakını bölgelerde lokalize veya oligometastatik tümörlerin etkin kontrolünü sağlayan radyoterapi tekniğidir. SBRT'yi diğer konvansiyonel tedavilerden ayıran başlıca özellik, yüksek biyolojik etkin doz (BED) oluşmasına neden olan yüksek tedavi dozlarının birkaç fraksiyondan oluşan kısa süreli tedaviler sayesinde hedefte etkili bölgesel kontrol sağlanabilmesidir. Ayrıca SBRT'nin primer ve metastatik hastalıklarda klinik olarak cerrahi rezeksiyonlara göre daha az yan etki yarattığı görülmüştür<sup>(4,5)</sup>.

SBRT'nin rasyoneli yüksek konformal dozu hedef hacme verirken, sağlıklı doku komplikasyonuna sebebiyet vermeyecek şekilde uygulanmasıdır. Bunun optimum düzeyde gerçekleşebilmesi ise tedavi için reçetelenen ve tedavi için planlanan dozun hedef hacmin (PTV) dışında daha keskin doz düşüşüne sahip olmasına bağlıdır. Bununla beraber; SBRT'nin yüksek konformal doza hipofraksiyone olarak çıkması, hedef hacmin lokalizasyon doğruluğunun ve radyasyon demet şekillendirici kolimatörlerin önemini artırmaktadır. Bloklar, filtreler ve mekanik tasarımlarla işlenmeye başlanan tedaviler, sonraları Bilgisayarlı Tomografi (BT), Pozitron Emisyon Tomografi (PET-CT), Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI) ve benzeri görüntüleme cihazları ile alınan görüntü verisi ile gelişmiştir. Gelişmiş görüntüleme teknikleri kullanımıyla birlikte tümör hacminin doğru tanımlanması, lokalizasyonu ve hasta konumlandırmasındaki belirsizlikleri minimum düzeye indirmek mümkün olmuştur. Risk altındaki organların "organ at risk" (OAR) korunması SBRT modalitelerinde yüksek doz kullanılması da göz önüne alındığında tedavi doğruluğu çok önemlidir.

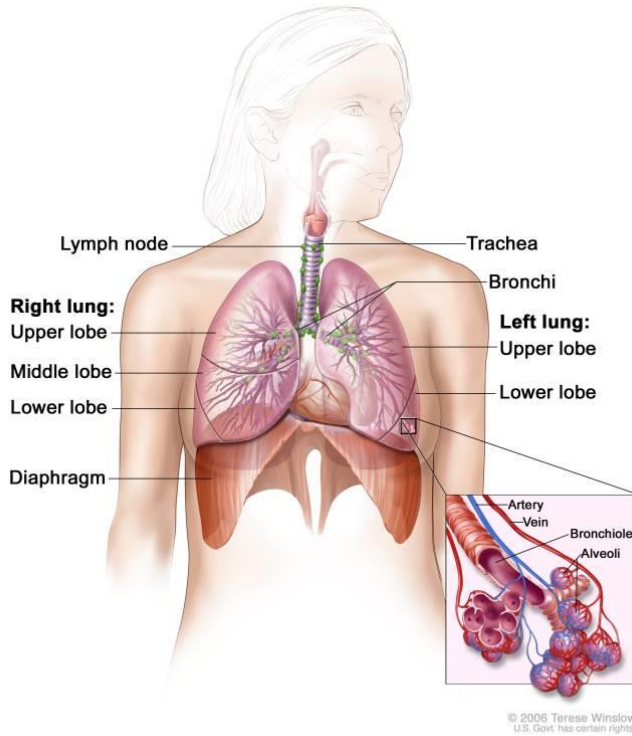
SBRT'nin bu anlatımları üzerinden hareketle; Metastatik Akciğer Kanseri olgularda hedef ve kritik organ hacimlerinin kolimatör yaprak genişliğine ve hedef marjlarına bağlı olarak aldığı dozun, tümör kontrol olasılığının ve normal doku komplikasyonlarının artışında etkinliğini sorgulamak ve incelemek gerekliliği doğmuştur.

Bu çalışmanın konusunu, Metastatik Akciğer Kanseri vakalarına yönelik SBRT uygulamalarında kullanılan, medikal lineer hızlandırıcı radyoterapi cihazının genel donanımında var olan çok yapraklı kolimatör (ÇYK) yaprak genişliklerinin ve hedef hacim marjlarının, retrospektif 13 hastaya yönelik dozimetrik değerlendirmesi oluşturmaktadır. Metastatik akciğer kanseri radyoterapisinde, toraks içindeki kritik organların fazlalığı ve SBRT tekniğinde kullanılan fraksiyon başına yüksek doz nedeniyle hedef hacmin lokalizasyonu, boyutları, sınırlarının şekli, organ hareketliliği ve bunlara bağlı olarak tedavi için hedef hacmin konturlama marjları çok önemlidir. Bu önem nedeniyle, planlanan hedef hacimlerin (PTV) dozimetrik olarak optimizasyonu amaçlanmaktadır. Çalışmada retrospektif olarak 13 hastanın konturlamalarından ve planlarından veriler elde edilerek, tedavi planlama sistemi (TPS) üzerinden elde edilecek çalışma sonucundaki veriler, hasta tümör pozisyonu ve yerleşimi değerlendirilerek gruplandırılacaktır. Doz dağılımları, DVH (Dose Volume Histogram), hedef hacim ve kritik organ dozları, Konformite ve Homojenite indeksleri incelenerek değerlendirilecektir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. AKCİĞER ANATOMİSİ

Akciğerler, göğüste bulunan bir çift koni şeklinde solunum organıdır. Akciğerler, nefes alırken vücuda oksijen getirir. Nefes verirken ise vücut hücrelerinin atık ürünü olan karbondioksiti serbest bırakırlar. Her akciğerin lob adı verilen bölümleri vardır. Sol akciğerin iki lobu vardır. Sağ akciğer biraz daha büyüktür ve üç lobu vardır. Bronş adı verilen iki tüp trakeadan (soluk borusu) sağ ve sol akciğerlere açılır. Bronşlar bazen akciğer kanserine de karışır. Alveol adı verilen küçük hava kesecikleri ve bronşiyol adı verilen küçük tüpler akciğerlerin içini oluşturur<sup>(6)</sup>.



**Resim 2.1 Solunum sistemi anatomisi**

Plevra, akciğerin dış yüzü ile diyafragmanın üst yüzünü örten seröz bir zardır. İç ve dış iki yaprağı arasında plevra boşluğu denen ve plevral sıvı içeren boşluk vardır. Akciğerin solunum sırasında şişip küçülmesine yardımcı olur<sup>(7)</sup>.

### 2.2. AKCİĞER KANSERİ

İki ana akciğer kanseri türü vardır: küçük hücreli dışı akciğer kanseri (NSCLC) ve küçük hücreli akciğer kanseri (SCLC). Küçük hücreli dışı akciğer kanserinin birkaç türü vardır. Küçük hücreli olmayan akciğer kanserinin her türü, farklı kanser hücrelerine sahiptir. Her türden kanser hücresi farklı şekillerde büyür ve yayılır.

Küçük hücreli dışı akciğer kanseri türleri, kanserde bulunan hücre türlerine ve hücrelerin mikroskop altında nasıl görüldüğüne göre adlandırılır:

- i. Skuamöz hücreli karsinom; Akciğerlerin içini kaplayan ince, düz hücrelerde oluşan kanser türüdür. Buna *epidermoid* karsinomda denir.
- ii. Büyük hücreli karsinom; Birkaç tür büyük hücrede başlayabilen kanser türüdür.
- iii. Adenokarsinom; Alveolleri kaplayan ve mukus gibi maddeler üreten hücrelerde başlayan kanser türüdür<sup>(7)</sup>.

Küçük hücreli olmayan akciğer kanserinin (NSCLC) diğer daha az yaygın türleri şunlardır: adenoskuamöz karsinom, sarkomatoid karsinom, tükürük bezi karsinomu, karsinoid tümör ve sınıflandırılmamış karsinom<sup>(6)</sup>.

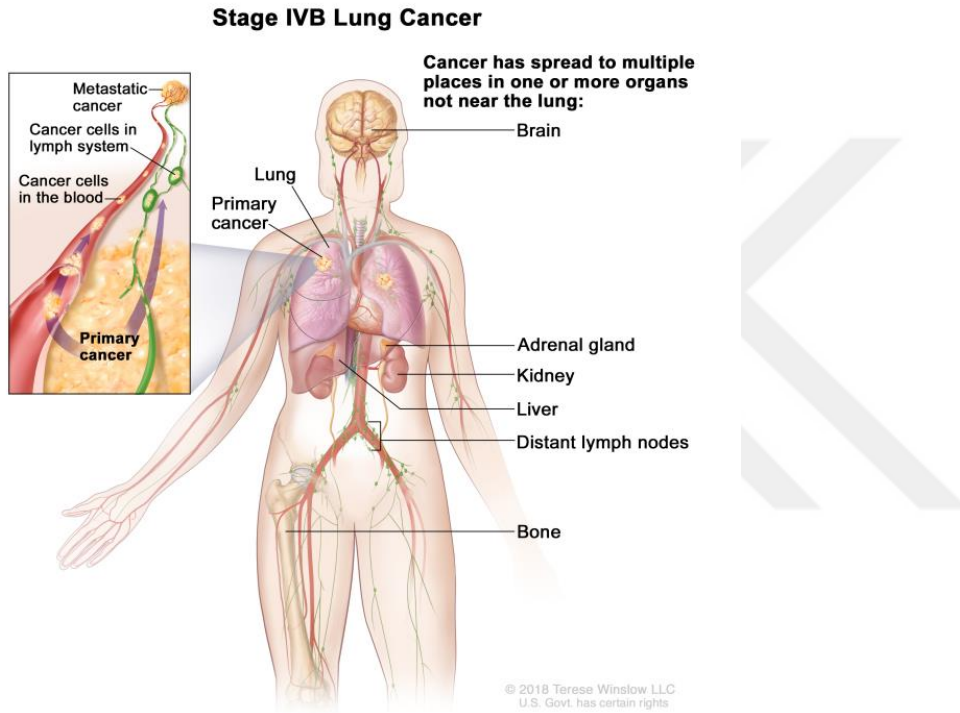
### 2.2.1. Risk Faktörleri

- Şimdi veya geçmişte sigara, pipo veya puro içmek. Bu akciğer kanseri için en önemli risk faktörüdür. Kişi yaşamında ne kadar erken sigara içmeye başlarsa, kişi ne kadar sık sigara içer ve kişi ne kadar uzun süre sigara içerse akciğer kanseri riski o kadar artar.
- Pasif dumana maruz kalmak.
- İşyerinde asbest, arsenik, krom, berilyum, nikel, kurum veya katrana maruz kalmak.
- Aşağıdakilerden herhangi birinden radyasyona maruz kalmak:
- Memeye veya göğse radyasyon tedavisi.
- Evde veya işyerinde radon.
- BT taramaları gibi görüntüleme testleri.
- Atom bombası radyasyonu.
- Hava kirliliğinin olduğu yerde yaşamak.
- Ailede akciğer kanseri öyküsü olması.
- İnsan immün yetmezlik virüsü (HIV) ile enfekte olmak.
- Beta karoten takviyeleri almak ve çok sigara içen biri olmak.
- Yaşlılık çoğu kanser için ana risk faktörüdür. Yaşlandıkça kanser olma olasılığı artar.
- Sigara diğer risk faktörleriyle birleştiğinde akciğer kanseri riski artar.

### 2.2.2. Evreleme ve Metastaz

Kanserin akciğerlere mi yoksa vücudun diğer bölgelerine mi yayıldığını bulmak için kullanılan sürece evreleme denir. Evreleme sürecinden toplanan bilgiler hastalığın evresini belirler. Tedaviyi planlamak için evreyi bilmek önemlidir. Küçük hücreli dışı akciğer kanserini teşhis etmek için kullanılan testlerden bazıları hastalığı evrelemek için de kullanılır<sup>(6)</sup>. Kanserin vücutta yayılmasının üç yolu vardır. Kanser doku başladığı yerden genişleyerek, lenf sistemi ve kan damarları yoluyla yayılabilir. Bu yayılımla oluşan tümörlere metastatik tümör, bu yayılıma ise metastaz denir.

Metastatik tümör, birincil tümörle aynı kanser türüdür. Örneğin, küçük hücreli olmayan akciğer kanseri beyne yayılırsa, beyindeki kanser hücreleri aslında akciğer kanseri hücreleridir. Hastalık, beyin kanseri değil, metastatik akciğer kanseridir. Küçük Hücre Dışı Akciğer Kanseri'nde (KHDAK) en fazla beyin metastazı adenokarsinomlarda, en az skuamoz hücreli karsinomlarda rastlanır. Tümör boyutu ve lenf üzerinden gerçekleşen metastaz arttıkça, beyin metastazı olasılığı da artmaktadır<sup>(8)</sup>. KHDAK olgularının yaklaşık %20'sinde tanı anında kemik metastazı mevcuttur<sup>(9)</sup>. Kanser, beyin, böbrek üstü bezi, böbrek, karaciğer, uzak lenf düğümleri veya kemik gibi akciğere yakın olmayan bir veya daha fazla organda birden fazla yere yayılabilmektedir. Resim 2.2'de uzak akciğer metastazı görülmektedir.



**Resim 2.2 Uzak Akciğer Metastazı**

### 2.2.3. Akciğer Kanseri Belirtileri

Bazen akciğer kanseri herhangi bir belirti veya semptomu neden olmaz. Başka bir durum için yapılan göğüs röntgeni sırasında bulunabilir. Belirti ve semptomlara akciğer kanseri veya diğer durumlar neden olabilir. Bu semptomlar; Göğüs rahatsızlığı veya ağrı, geçmeyen veya zamanla kötüleşen bir öksürük, nefes almada zorlanma, hırıltı, balgamda kan (akciğerlerden öksüren mukus), ses kısıklığı, iştah kaybı, bilinmeyen bir nedenden dolayı kilo kaybı, çok yorgun hissetmek, yutma güçlüğü, yüzde veya boyundaki damarlarda şişme, şeklinde sıralanabilir<sup>(6,7)</sup>.

### 2.3. TEDAVİ YÖNTEMLERİ

Küçük hücreli dışı akciğer kanserli hastalar için farklı tedavi türleri vardır. En bilinen cerrahi yolla tümöral dokunun yerleşim yeri ve boyutuna göre; lobektomi, kama rezeksiyon, lobu korumak temelli olan ve bronşlara uygulanan “sleeve” rezeksiyon ve pnömektomi yani akciğerin tamamen alınmasıdır. Cerrahi tedavilere ek olarak, hedefe yönelik tedaviler, radyoterapi (konvansiyonel ve SBRT), kemoterapi, radyosensitizerler ile kombin tedaviler, immünoterapi, lazer tedavisi, fotodinamik terapi (PDT), kriyocerrahi gibi alternatifler mevcuttur. Pulmoner oligometastazlar için genellikle tercih edilen tedavi yöntemi cerrahi rezeksiyondur. Uluslararası Akciğer Metastaz Kayıtlarına göre 5206 kayıtlı pulmoner metastazektomi vakası dahil olmak üzere tam rezeksiyona bağlı 5 yıllık genel sağkalım oranı %36 idi<sup>(11)</sup>.

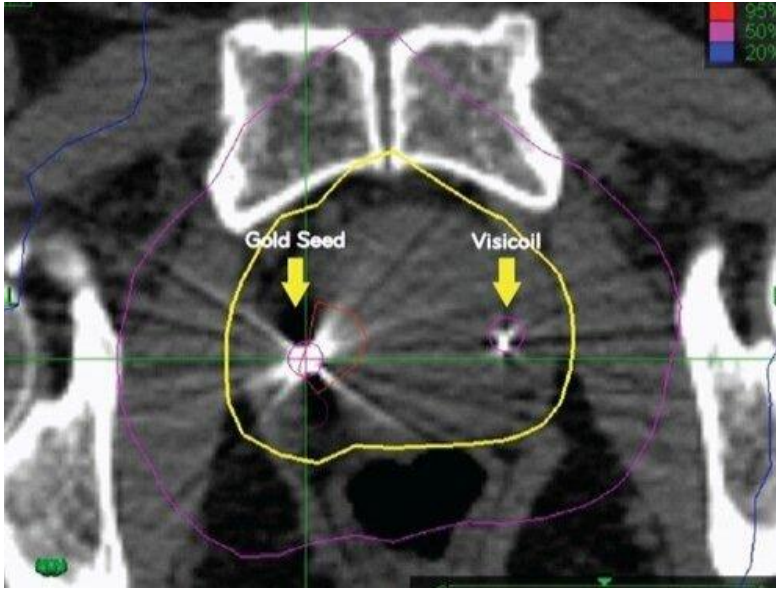
### 2.4. GELENEKSEL RADYOTERAPİ YAKLAŞIMLARI VE SBRT

Akciğer kanserlerinde radyoterapi (RT) kür elde etmek amacıyla tek başına definitif olarak tanımlanır. Radyoterapi ve kemoterapi (KT) uygun görüldüğü takdirde eşzamanlı gidilebilir ve bu Radyokemoterapi şeklinde isimlendirilmiştir. Yaşam kalitesinin artırılması, ağrıların giderilmesi için palyatif, başka bölgelerde hastalığın çıkmasını önlemek amacıyla önleyici olarak profilaktik, sınırda tümörleri küçülterek daha kolay çıkarılabilir duruma getirmek için preoperatif neoadjuvan, mikroskopik hastalığın kontrolü için postoperatif adjuvan uygulanabilir<sup>(7)</sup>.

Akciğer kanserlerinde 3 boyutlu konformal radyoterapi (3B-KRT) ve yoğunluk ayarlı radyoterapi YART uygulamaları yaygın kullanıma sahiptir. Ancak, geleneksel radyoterapide lokal kontrol oranı %30-40'tır, yüksek ölüm oranına sahiptir ve 3 yıllık sağkalım, %20-35 düzeyindedir<sup>(2,3)</sup>. YART'de ise tedavi süresinin uzunluğu, respirasyona bağlı olarak internal organ hareketleri, fraksiyonasyonun uzunluğuna bağlı gelişen biyolojik etkiler tedaviyi kısıtlamaktadır. Fakat, doğru simülasyon ve immobilizasyonun katkısı bütün tedavi modalitelerinde geçerliliği tartışılmaz bir gerçektir.

BT simülatörde immobilizasyon ve pozisyonlandırma detayları ise şu şekildedir; “hastanın pozisyonu, stabil tedavi pozisyonunda olmalıdır. Supin pozisyonda ve kollar baş üzerinde olacak şekilde, kol desteği ile desteklenir. Bu pozisyon, ışın demetinin göğüs duvarına geçişine izin verir. BT çekimi sırasında, diagnostik BT'deki derin inspirasyon yaklaşımı radyoterapi planlamasında geçerli değildir ve ideal olanı, 4B-BT simülatör ile mid-inspirasyon yaklaşımıdır. Eğer 4B-BT mevcut değilse, planlama BT'si hasta yüzeyel solunumdayken yapılmalı, nefes tutma, respiratuargating/tracking de planlama BT'sinde kullanılabilir. Gating/tracking teknik olarak zordur ve hasta uyumu gerektirirler. Bu nedenle az sayıda seçilmiş hastalara uygulanabilirler<sup>(7)</sup>.”

Benedict ve ark. hazırladığı AAPM TG 101 raporuna göre; Tümör hareket aralığına erişmek için önce 4B-BT simülasyonu yapılmalıdır. Solunum takibi, yalnızca respirasyon hareketi >0,5 cm ise dikkate alınır ve hastanın düzenli, tekrarlanabilir bir solunum düzeni olmalıdır; alternatif olarak, bir “internal target margin” (ITV) oluşturulabilir. Uygun respirasyon takibi için, vakum emişsiz Blue BAG™ immobilizasyon cihazı olarak kullanılmalıdır. Bazı hastaları sıkıştırma yollu sabitlemek için *abdominal* kemer kullanılabilir. Karaciğer ve karın bölgesindeki vakalarda BT görüntü kalitesi ve “field of view” görüntü alan genişliği (FOV) önemlidir. Ayrıca tümör lokalizasyonu için referans olarak fidüsiyallere ihtiyaç vardır. Akciğer vakaları içinse referans noktalar yoksa, simülasyondan önce Resim 2.3'te gösterildiği gibi mutlaka “fluoro” işaretleyici materyaller bulunmalıdır (visicoil, altın işaretleyiciler vb.)<sup>(29)</sup>.



**Resim 2.3 BT görüntüsü üzerinde altın ve visicoil işaretleyicileri**

#### **2.4.1. Torakal Lezyon Yerleşimi Üzerine**

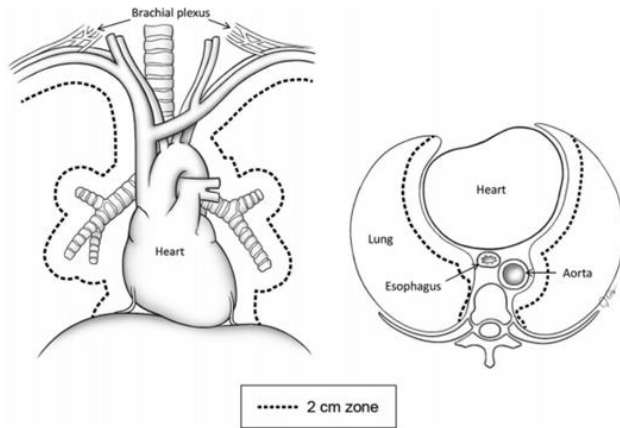
Radyoterapideki gelişmeler üzerine, Primer KHDAK ve Metastatik karsinomlu akciğer kanseri hastalardan oluşan gruplarla Stereotaktik Ablatif Radyoterapi (SABR) için bir çok çalışma yapılmıştır. Japon hastaların retrospektif olarak geniş spektrumda analizi, 100 Gy'den büyük bir BED sağlayan doz ve fraksiyonlama rejimlerini destekledi<sup>(17)</sup>. Bunlar tıbbi olarak yaklaşık %70'lik 5 yıllık genel sağkalımı olan opere edilebilir hastalardı. 2003 yılında Timmerman ve ark. T1-2 periferik akciğer lezyonu için, 3\*20 Gy'yi güvenli doz olarak doğrulayan (faz I) doz artışı çalışmasını yayınladı. Ortalama 3\*12 Gy dozun altında ise lokal başarısızlıklar görüldü<sup>(18,19)</sup>. 2006 yılında yayınlanan faz II çalışmasında ise merkezi yerleşimli tümörlerde 3 fraksiyonda 60-66 Gy düzeylerinde heterojeniteye bağlı olarak yüksek toksisite görüldüğü raporlandı. Çalışmaya göre, periferik ve merkezi yerleşimli tümörlerin toksisite insidansı (grad  $\geq 3$ ) analizi periferik lezyonlar için %17 merkezi yerleşimli lezyonlar için %46 olarak saptanmış olup, merkezi yerleşimli tümörlere göre periferik yerleşimli tümörler için 11 kat daha fazla toksisite riski bulunmuştur<sup>(20)</sup>.

Merkezi tümörler için yüksek profilli toksisitenin araştırmasını içeren, 2012'de yayınlanan bir vaka raporuna göre; Pennsylvania Üniversitesi, bir merkezi akciğer lezyonu için SABR'den (5 fraksiyonda, 50 Gy) 8 ay sonra ölümcül santral hava yolu nekrozu bildirmiştir<sup>(21)</sup>.

Bu raporlar, tümör yerleşiminin SABR ya da SBRT içindeki etkin rolünü vurgulamıştır. Primer kitle ya da metastatik karsinomun toraks içindeki yerleşimi, toksisite açısından değerlendirilerek periferik ve santral yerleşim olarak ikiye ayrılmıştır. Merkezi ve periferik yerleşimli primer KHDAK tümörlerinin en büyük farkı ise kritik organlara olan uzaklığı olarak tespit edilmiştir. Periferik yerleşimli tümörler için hedefin etrafındaki pulmoner doku tek ilgili kritik organdır ve paralel organların periferik tümörlerde SABR tedavilerinin güvenli bir şekilde verilmesinde radyobiyojik süreçleri bilinmektedir<sup>(22,23)</sup>.

Paralel organların işlevi (örn. akciğer, kemik iliği) sadece küçük bir alt hacim yüksek doz radyasyona maruz kalırsa ciddi şekilde tehlikeye girmez. Buna karşılık, seri organların eşik küçük hacminde ciddi hasar, tüm organın fonksiyon kaybına yol açacaktır. Merkezi yerleşimli tümörlere riskteki seri organ olarak SABR bağlamında, ana bronşlar, trakea, kan damarları, yemek borusu, omurilik, brakial pleksus ve kalp komşuluk etmektedir.

Seri yapıların ise alfa/beta ( $\alpha/\beta$ ) oranı düşüktür. Bu sebeple merkezi yerleşimli tümörlere doz artırımı hipofraksiyone ışınlama ciddi toksisiteye neden olabilir. Bütün bunlara dayanarak yapılan farklı çalışmalarda merkezi yerleşim sınırları belirlenmiştir. IASLC tarafından yakın zamanda önerilen 'merkezi yerleşimli lezyon' tanımı, proksimal bronş ağacının, mediastinal perikardiyal plevra ve brakial pleksus çevresinin 2 cm uzağından çizilen sınırlar içindeki tüm GTV hacimlerini kapsamaktadır (Resim 2.4)<sup>(17)</sup>.



**Resim 2.4 IASLC 'merkezi' bölge tanımı: Büyük damarlar, kalp, özafagus, omurilik, laringeal sinirler, brakial pleksus ve bronş ağacının etrafındaki 2 cm'lik bölge içindeki herhangi bir GTV hacmi**

## 2.4.2. Akciğer Kanseri Stereotaktik Beden Radyoterapisi (SBRT)

Yaklaşık son on yılda gelişmekte olan SBRT tedavileri, radyobiyojik olarak klasik fraksiyone tedavi şemalarından farklılıklar gösterir. Hipofraksiyone olarak yüksek doz uygulanan hedef hacmin maksimum hasarı alırken, çevre OAR dozlarının mutlak surette protokollere uygun doz toleransı içinde kalması beklenir. AAPM TG 101 raporuna göre SBRT ve 3B-KRT dozları ve marjlarına yönelik '3B-KRT/YART ve SBRT'nin tipik özelliklerinin karşılaştırılması' isimli protokol karakteristik ayrımsal özellikleri Çizelge 2.1'de gösterilmiştir<sup>(4)</sup>.

**Çizelge 2.1 3B-KRT/YART ve SBRT'nin tipik özelliklerinin karşılaştırılması<sup>(4)</sup>**

Tipik Karakteristik Özellikler	3B-KRT/YART	SBRT
Doz/ Fraksiyon	1.8 - 3 Gy	6 - 30 Gy
Fraksiyon Sayısı	10 - 30 fr	1 - 5 fr
Hacimsel Tanımlar	GTV-CTV-PTV	GTV= CTV-ITV-PTV Sınırları iyi tanımlanmış olmalıdır
Marjlar	cm	mm
Tedavi planlaması için primer görüntüleme modaliteleri	CT	Çoklu modalite ile; CT/MR/PET-CT
Tedavi süresince eş merkezsel uzaysal doğruluğunun sağlanması	Normal seviyede hasta pozisyonlandırmasının izlenmesi ve kontrolünü gerektirir	Ciddi seviyede gerekli hasta sabitlemesinin uygulanması ve entegre görüntüleme sistemi ile sıklıkla pozisyon izlenmesi ve doğrulanması gerekir
Solunum hareketinin yönetilmesi	Önem derecesi orta seviyede	Önem derecesi yüksek seviyede
Radyobiyojik anlaşılabilirliği	İyi derecede anlaşılmış	Düşük seviyede anlaşılmış

Yapılan çalışmalarda konvansiyonel radyoterapilerde %20-30 olan lokal kontrol oranı SBRT ile %80 üstü seviyelere ulaşmıştır<sup>(12-14)</sup>. Doz yükseltimi sınırlarını test etmek için maksimum tolere edilebilen dozun denenmesi faz 1 çalışmalarından olan İndiana Üniversitesi çalışmasında, 2 yıllık lokal kontrol oranı %95'lere çıkmıştır<sup>(15)</sup>.

Aynı zamanda bu çalışma periferik ve santral yerleşimli tümörlerin de tanımlanmasını ve önemini vurgulamıştır. Santral yerleşimli tümörler için "no fly zone" kavramı ortaya atılmış ve bu karina bölgesine 2 cm uzaklık olarak belirlenmiştir<sup>(15)</sup>. SBRT hipofraksiyone bir rejim olarak literatürde 3, 5 ve tek fraksiyon çalışmaları kapsamaktadır.

Santral yerleşimli akciğer tümörlerinin çevresindeki OAR sayısının fazlalığı nedeniyle komplikasyon olasılığı yüksektir. Bu konuda yapılmış en önemli çalışma ise RTOG 0815'dir. Çalışmada santral yerleşimli tümör yapılarının SBRT'inde tedaviye bağlı toksisiteden dolayı ölüm oranı %2,8 olarak bulunmuştur<sup>(16)</sup>.

Bu bilgiler ışığında, radyobiolojik olarak SBRT dozunun oluşturduğu biyolojik etkinin (BED) konvansiyonelden uzak olduğu söylenebilir. Klasik yaklaşımda uygulanan “Linear Quadratic” (LQ) model düşük dozlarda incelenmiş bir modeldir. 5 Gy’e kadar efektifliği incelenmiş olup, yüksek fraksiyone dozlardaki bulunan yüksek BED değerlerinin radyobiolojik açıdan kritik organ ya da sağlam dokulardaki sonlanım noktaları hakkında kesin bir tahminde bulunacak veriyi barındırmamaktadır.

Radyobiolojinin 5R’si olarak bilinen ve doz – zaman ilişkisini vurgulayan; tekrar dağılım, yenilenme, tekrar çoğalma, oksijenlenme, radyoduyarlılık faktörleri hipofraksiyone yüksek doz şemalarında belirsizlik göstermektedir. Bununla beraber SBRT’nin biyolojik etkileri üzerinde yapılan çalışmaların birçoğu sonuçlanmamış olup, istatistiksel belirsiz veri mevcuttur. Biyolojik tümöral tahribat olarak SBRT’nin yüksek doz ile damarsal hasara bağlı hücre ölümleri, endotelial hücre ölümleri gibi etkilediği düşünülmektedir.

### 2.4.3. Akciğer SBRT’sinde RTOG 0813 ve 0915 protokolleri

RTOG 0813 ve RTOG 0915 çalışmalarında akciğer SBRT’si için doz sınırları ve maksimum ve minimum değerler açısından konvansiyonel değerlere göre kavramsal farklılıklar özel olarak açıklanmıştır. Protokollere göre; Maksimum doz noktası mutlaka PTV içinde kalmalıdır. Maksimum doz, tanımlanan dozun %100’ü için en düşük %111,11, en yüksek %166,67 değerini alabilir. Hedef hacmin %95’i reçetelenen dozun %100’ünü (PTV  $V_{%100} = %95$ ) ve hedef hacmin %90’ı reçete edilen dozun %99’unu almalıdır.

Yüksek doz saçılımı “high dose spillage”, sağlanabilmesi için reçeteli dozun >%105’ini alan PTV dışındaki sağlam dokunun kümülatif hacmi, PTV hacminin %15’inden fazla olmamalıdır. PTV dışındaki orta doz saçılımı “intermediate dose spillage” ya da saçılımın düşüş gradyanı normal dokuya doğru PTV’nin tüm uzaysal yönlerinde hızlı gerçekleşmeli ve RTOG çalışmalarında belirtilen minör ve kabul kriterlerine uyum sağlamalıdır. RTOG 0813 ve 0915 çalışmaları sonunda belirlenmiş kabul kriterleri Çizelge 2.2’de gösterildiği gibidir.

**Çizelge 2.2 RTOG 0813 ve RTOG 0915’e göre yüksek ve orta doz saçılmaları ve ortalama akciğer doz değerleri**

PTV HACMI (cc)	Referans doz hacminin PTV hacmine oranı		%50’lik izodoz hacminin PTV hacmine oranı		PTV’den 2cm uzaktaki izodoz değeri % D <sub>2cm</sub>		20Gy alan akciğer hacmi V <sub>20%</sub>	
	Deviasyon		Deviasyon		Deviasyon		Deviasyon	
	Kabul	Minör	Kabul	Minör	Kabul	Minör	Kabul	Minör
1,80	<1,2	<1,5	<5,9	<7,5	<50	<57	<10	<15
3,80	<1,2	<1,5	<5,5	<6,5	<50	<57	<10	<15
7,40	<1,2	<1,5	<5,1	<6	<50	<58	<10	<15
13,20	<1,2	<1,5	<4,7	<5,8	<50	<58	<10	<15
22,00	<1,2	<1,5	<4,5	<5,5	<54	<63	<10	<15
34,00	<1,2	<1,5	<4,3	<5,3	<58	<68	<10	<15
50,00	<1,2	<1,5	<4	<5	<62	<77	<10	<15
70,00	<1,2	<1,5	<3,5	<4,8	<66	<86	<10	<15

### 2.4.3.1. SBRT Tekniği

SBRT, geleneksel fraksiyonasyona kıyasla tıbbi olarak ameliyat edilemeyen “inoparable” erken evre KHDAK hastaları için zaman geçtikçe standart bir tedavi seçeneği haline gelmektedir. Ysek doz, uyumlu alanlar, PTV’ye verilen dozun sarım kalitesi ve evre dokulara doğru hızlı doz düşüşü SBRT’yi çekici bir tedavi seçeneği haline getirmektedir.

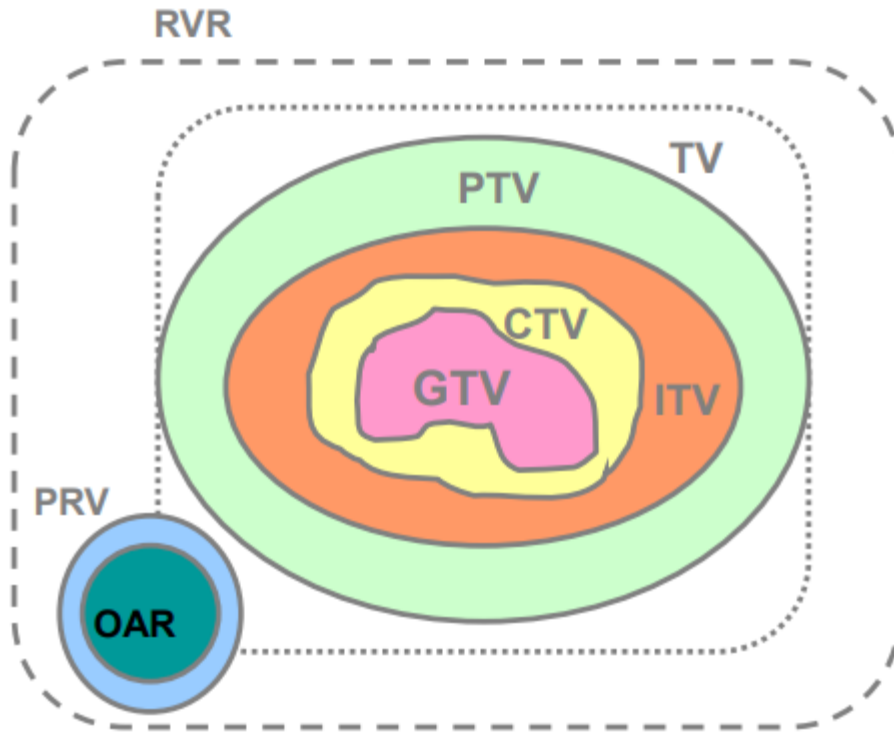
Birçok enstitü, yedi ila on bir statik, karşılıklı olmayan, eş düzlemlı “coplanar” ve eş düzlemsel olmayan “non-coplanar” ışınların kullanımını içeren yaklaşık olarak eşit ağırlıklarla, üç boyutlu konformal radyoterapi (3B-KRT) teknikleri ile SBRT tedavi planlaması gerçekleştirmektedir. Bu popüler yöntem, oldukça uyumlu, tümörü uzaysal olarak tüm yönlerde çevreleyen doz dağılımı ile sonuçlanır. 3B-KRT teknik altyapılı SBRT ile üretilen mükemmel tedavi planlarında her hasta için ışın düzenlemeleri özelleştirilmelidir. 3B-KRT kullanan tedaviler, değişen portal, kolimatör ve yatak konumları nedeniyle ışınlama esnasında uzun tedavi sürelerine neden olur<sup>(24)</sup>. SBRT tedavilerinde kullanılan alan sayılarının çokluğu kadar eşdzlemsel olup olmaması da önemlidir. Avrupa Kanseri Araştırma ve Tedavi Organizasyonu (EORTC) akciğer SBRT’inde eşdzlemsel olmayan “noncoplanar” ışın kullanımını önermiştir. İlave olarak, ışın düzenlemelerini karşılaştıran literatürde, eş düzlemsel olmayan “noncoplanar” ışınların diğer tüm varyasyonlara göre düşük dozların bölgesel hacimlerinin küçüklüğü bakımından üstünlüğü sunulmuştur. Genel olarak, ışın alanlarının yönleri kaynak ve cilt arasındaki mesafenin “source-skin distance” (SSD) kısaltığı nedeniyle, akciğer gibi kritik yapıların üzerinden posterior olarak seçilmektedir. İlaveten, SBRT planlamasında konformal olarak kullanılan 5 veya daha fazla ışın alanının bir ya da birkaç izomerkezli planlaması da yapılabilmele beraber, yüksek enerjilerin lateral elektron saçılmalarının yükseklığı nedeniyle oluşan penumbrayı engellemek için düşük enerjili foton ışınlarının seçilmesi ngrlmştir<sup>(30)</sup>. Bununla beraber, AAPM TG-101 raporu, ışınların giriş dozunun, total dozun %30’undan küçük olmasını akut cilt reaksiyonlarının olasılığını azaltmak için önermiştir<sup>(4)</sup>.

Yeni nesil lineer hızlandırıcılar artık hacimsel modülasyonlu ark tedavisi (VMAT) ve dinamik konformal ark tedavisi (DCAT) kullanılarak radyasyon dozu verilmesine olanak vermektedir<sup>(24)</sup>. VMAT, dinamik çok yapraklı kolimatör (MLC), 360°’ye kadar dönen gantri hızı modülasyonu ile beraber sürekli hareket (hedef hacmin şekline göre uyum sağlayarak) ile çeşitli doz oranlarına “dose rate” sahip bir tekniktir<sup>(25)</sup>. VMAT gibi, dinamik konformal ark tedavisi de; (DCAT) ok yapraklı kolimatör (MLC) hareketiyle 360°’ye kadar dönen bir portal kullanır, ancak ark yolu boyunca sadece hedefe göre YK’ları şekillendiren bir tekniktir<sup>(26)</sup>. DCAT tekniğinde doz ve gantri hızı sabit olup, eş düzlemsel olmayan “noncoplanar” çoklu ark kullanımında hedef hacim dışındaki doz düşüşü yüksektir. Her iki tedavi tekniği de, konvansiyonel tekniklere göre tedavi sürecini oldukça hızlandıran başka bir deyişle tedavi süresini kısaltan bir yapıya sahiptir.

## 2.5. SBRT PLAN DEĞERLENDİRME

### 2.5.1. Hacimsel Tanımlamalar

Uluslararası Radyasyon Birimleri ve Ölçümleri Komisyonu (“International Commission of Radiation Units and Measurements”, ICRU) tarafından hazırlanan ICRU 50 ve ICRU 62 raporlarının üzerine 2010 yılında ICRU 83 raporuyla birlikte hedef hacim kavramlarına bazı eklemeler yapılmıştır. Genel hacim tanımlamaları ise şu şekildedir; Gross Tümör Volümü: Malign büyümenin tamamının “palpable” veya görüntülenerek tespit edilebilen yayılmış hacmidir. Klinik Hedef Volümü (CTV); Tomografi kesitlerinde görülen tümör ve mikroskobik tümör uzanımı için riskli bölgeleri içine alan hacim olarak belirlenir. Planlanan hedef volümü (PTV); Klinik hedef volüme ilave bir marj bırakılarak tanımlanan hacimdir. Buradaki marj set-up hatalarından ve diğer iç hareketlilikten gelen belirsizliğin önlenmesine yöneliktir. Bu aynı zamanda, CTV’nin tedavi boyunca ışınlanan bölge içinde kalmasını sağlar. Tedavi Volümü (TV); Bir izodoz yüzeyi tarafından tamamen sarılmış hacimdir. Işınlanan Tedavi Volümü (ITV); Normal doku toleransı göz önüne alınarak ışınlanan hacimdir. Bu hacimsel tanımlara ek olarak, planlanan riskteki hacim (PRV) ve riskteki kalan hacim (RVR) tanımlanmıştır. Riskteki kalan hacim (RVR); hareketli olan OAR’nin hareket halindeyken PTV hacmine girişimi ile ilgilenen, Planlanan Riskteki Volüm (PRV) ve Planlanan Hedef Hacmin (PTV) toplamının hastanın toplam hacminden farkınının oluşturduğu ışınlanmayan riskteki hacimdir<sup>(31)</sup>. Resim 2.5’de tüm hacimsel tanımlamaların şema olarak gösterimi verilmiştir.



Resim 2.5 ICRU 50,62 ve 83 Hacim tanımlamaları şeması

### 2.5.2. Konformite İndeksi ve Homojenite İndeksi

Uygunluk İndeksi ya da Konformite İndeksi (CI) bir hedef hacmin tanımlanan veya reçete edilen izodoz hacmi tarafından ne kadar kapsandığını tanımlar. Konformite İndeksi (CI), tümör hacmi (TV), tedavi edilen hacmin bir alt bölümü olmak üzere, tanımlanan izodoz hacmi tarafından ne kadar kapsandığının ifadesidir<sup>(32)</sup>. Tanımlanan izodoz hacmi (PIV) ve PTV'nin eş merkezli ve simetrik olması gerekmediğinden bu tanım yetersiz olarak kabul edilmiştir. Bu yetersizlik Paddick Konformite İndeksi'nin ( $CI_{paddick}$ ) gelişmesine yol açmıştır<sup>(33)</sup>.

$$CI_{paddick} = (TV_{PIV})^2 / (TV \times PIV)$$

#### Eşitlik 2.1 Paddick Konformite İndeksi

$TV_{PIV}$ : Tanımlanan izodoz hacmini kapsayan tümör hacmi

Mükemmel bir planın puanı 1'dir, daha az mükemmel planlar < 1 puana sahiptir.  $CI_{paddick}$  uyumluluğu için ideal bir değer >0,85 olabilir. Paddick Konformite İndeksi aynı zamanda Yeni Konformite İndeksi (NCI) olarak da bilinir; bu durumda formül tersine çevrilir ve mükemmelden daha az planlar 1'den fazla puan alır. NCI uygunluğu için ideal değer ise < 1,18 olabilir<sup>(33)</sup>.

Homojenite İndeksi (HI, heterojenlik indeksi olarak da adlandırılır); Maksimum dozun reçete edilen izodoza oranıdır. Homojenliğin tanımı ICRU 83 raporunda aşağıdaki gibi formülize edilmiştir<sup>(34)</sup>:

$$HI = (D_{\%2} - D_{\%98}) / D_{\%50}$$

#### Eşitlik 2.2 ICRU 83 Homojenite İndeksi

Bu çalışmada ise HI değeri RTOG çalışmalarında tanımlanmış şekliyle; Eşitlik 2.2'deki hacmin yüzde ellisinin aldığı doz ( $D_{\%50}$ ) yerine paydada, tanımlanan ya da reçete edilen doz ( $D_p$ ) kullanılmıştır. Söz konusu formülizasyon Eşitlik 2.3'de gösterildiği gibidir.

$$HI = (D_{\%2} - D_{\%98}) / D_p$$

#### Eşitlik 2.3 RTOG Homojenite İndeksi

### 2.5.3. Çok Yapraklı Kolimatörler (Multi Leaf Collimators)

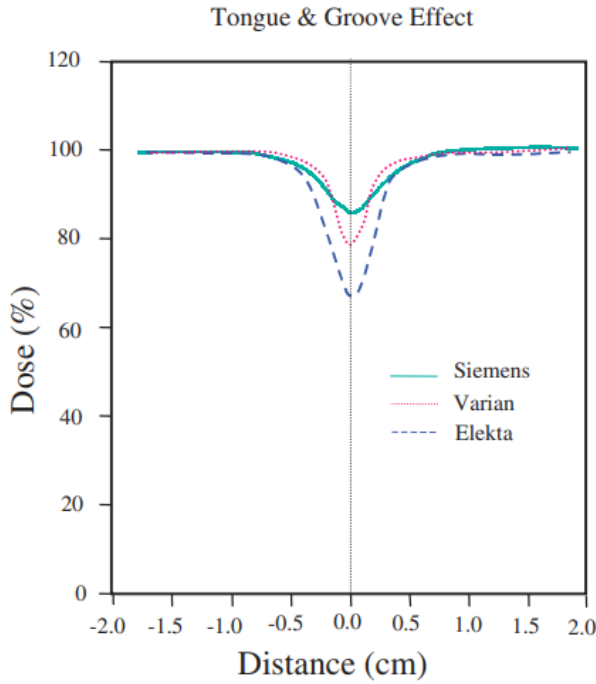
Çok yapraklı kolimatör (ÇYK) klinik olarak düzensiz radyasyon alanlarını şekillendirmede kullanılmaktadır. Aynı hareket edebilen yaprakları sayesinde yüksek karmaşıklıkta alanların şeklini oluşturulabilme kapasitesine sahiptir. ÇYK, hemen hemen her modern lineer hızlandırıcıda bulunmaktadır. ÇYK'nın yaygın olarak kullanılan yaprak genişliği 1 ile 1,25 cm arasındadır. Daha küçük ÇYK boyutları, küçük radyasyon alanlarıyla tedavi için daha kullanışlıdır.

Dolayısıyla daha küçük genişlikteki ÇYK'lar, Stereotaktik Radyo-Cerrahi (SRS) ve Stereotaktik Radyoterapi (SRT) için yüksek ablatif doz dolayısıyla düzensiz alanlı küçük lezyonların tedavisinde kullanımı daha uygundur. Bu cihazın bir varyasyonu da mikro-MLC ( $\mu$ MLC) olarak anılmaktadır.

### 2.5.3.1. “Tongue and Groove” etkisi

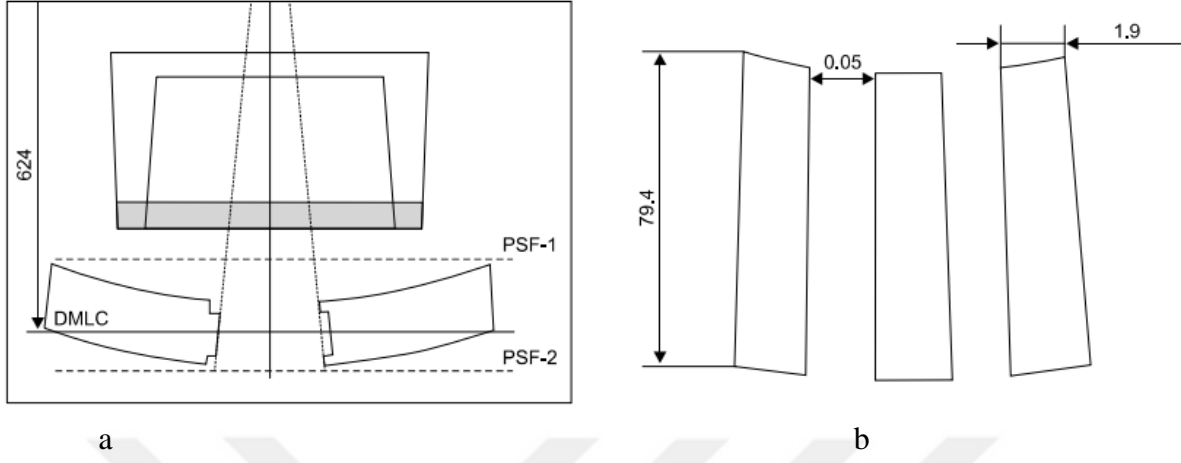
Günümüzde yaprak genişliği  $\mu$ MLC'nin boyutu  $\leq 5$  mm'dir<sup>(35,36)</sup>.  $\mu$ MLC tasarımları tek odaklı ve çift odaklı olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Yaprak uçları ve yaprak kenarları gelen ışın demetinin diverjansı ile çakışarak konfigürasyonu çift odaklı hale getirir. Böyle kesin bir kolimasyonun avantajı, penumbranın alanın konumundan bağımsız olmasıdır<sup>(37)</sup>. Doz dağılımlarına göre bu odaklanma Meeks ve ark. tarafından sunulmuştur<sup>(38)</sup>. Bu nedenle, çift odaklı  $\mu$ MLC, SRS ve SBRT için çok kullanışlı bir kolimasyon sistemidir<sup>(39)</sup>. Ticari olarak üretilmiş çoğu ÇYK'lardaki yapraklar, merdiven basamaklı yaprak kenarlarına sahiptir ve bu bitişik yapraklar yaprak arasındaki sızıntıyı en aza indirmek için birbirine kenetlenerek “Tongue and Groove” etkisi olarak anılan bir dizaynı oluştururlar. Bu etki yoğunluk ayarlı radyoterapide düşük dozda bölgelerin oluşmasına sebep olur. Bu oluşumun adına “Tongue and Groove” etkisi adı verilmektedir<sup>(40)</sup>.

Huq ve ark.(2002) tarafından ticari markalar arasında ÇYK dozimetrisi üzerine yapılan çalışmada, gantrideki kolimatör saçılımı, penumbra genişlikleri, yaprak içi ve yapraklar arası sızıntılar, doz dalgalanmaları, hedef hacim ve tüm vücut dozu gibi varyantlar incelenmiş ve Elekta, Varian ve Siemens markaları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda ÇYK performansları “Tongue&Groove” etkisi bakımından Resim 2.6'daki gibi ortaya konulmuştur<sup>(41)</sup>.



Resim 2.6 Üç ayrı kolimatör çeşidi için “Tongue&Groove” etkisi

Resim 2.7’de bir Dinamik mikro-çok yapraklı kolimatöre (DMLC) ait sistemin görünüş şeması ve teknik detayları milimetre cinsinden verilmiştir.



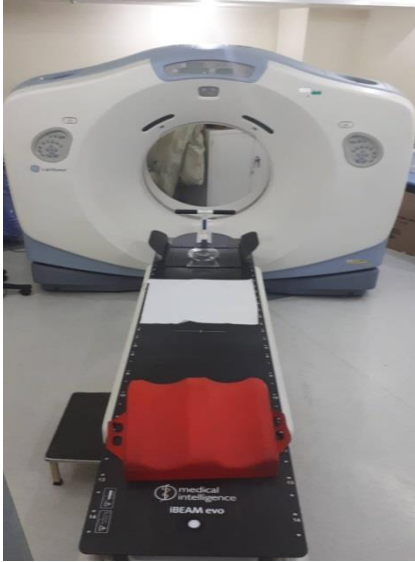
**Resim 2.7 (a) DMLC'nin enine görünüşünün şeması (b) DMLC'nin yapraklarının detayı**

### 3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

#### 3.1. ARAÇ VE GEREÇLER

##### 3.1.1. GE Lightspeed RT Bilgisayarlı Tomografi Cihazı

Gülhane Eğitim-Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalında, yürütülen çalışmada klinik kurul kararıyla SBRT kararı alınan hastaların tedavi set-up koşullarında General Electric marka LightSpeed® model bilgisayarlı tomografi cihazı ile BT görüntüleri alınmıştır. Klinikte bulunan BT cihazı ile axial ve helical tarama yapılabilmekte solunum hareketlerini de dikkate alarak görüntüler elde edilebilmektedir. Gantri çapı 80cm olup, hasta yatağı tedavide kullanılan lineer hızlandırıcı yatağı ile aynı şekilde düzdür. Onaltı dedektör dizisi üzerinde toplam 14,592 dedektör içerir. En küçük dedektör boyutu 0,625 mm olup, topogramlarda kullanılacak kesit kalınlıkları 0,625 mm ile 10 mm'dir arasındadır.



Resim 3.1 GE Lightspeed bilgisayarlı tomografi cihazı

##### 3.1.2. Lineer Hızlandırıcı Cihazı (Elekta Synergy)

Elekta marka Synergy® model lineer hızlandırıcı cihazı 6 MV ve 18 MV foton enerjileri ile 6, 9, 12, 15 ve 18 MeV elektron enerjilerinin kullanılabilmesine imkân sağlar. En büyük alan boyutu 40x40cm<sup>2</sup>'dir. Toplamda 40 çift çok yapraklı kolimatör (ÇYK) sistemi bulunmaktadır. Sistem üzerindeki elektronik portal görüntüleme sistemi olan EPID ile megavolt (MV) görüntüleme yapılır. Planlama sisteminden elde edilen dijital rekonstrükte grafipler (DRR) ile karşılaştırılan port görüntüleri ile hasta pozisyonlaması kontrol edilebilmektedir. İlave olarak cihaz gantrisine sabitlenmiş olarak bulunan "Cone Beam Computed Tomography" (CB-CT) ile kilovolt (kV) enerji seviyesinde iyi bir görüntü elde edilebilmektedir.

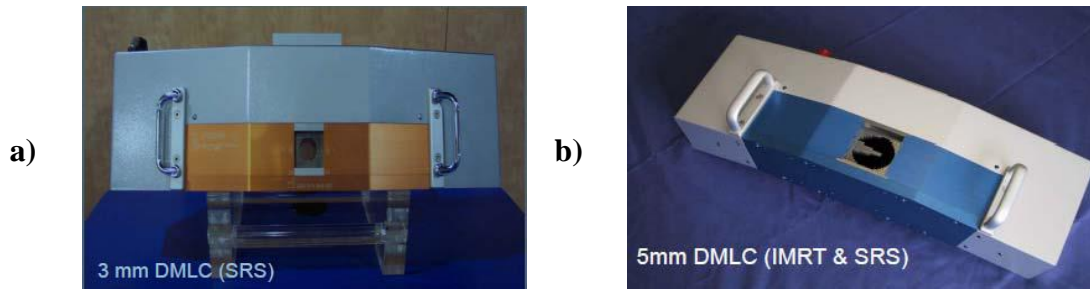
Görüntüleme imkanlarının artması ile alınan hastanın adaptif olarak devamlı kontrolünü sağlamak mümkün hale gelmektedir. Bu açıdan görüntüleme ve takip donanımları lineer hızlandırıcı tedavi cihazlarının etkili kullanımı açısından önemlidir. Çalışmada kullanılan Elekta marka Synergy® model lineer hızlandırıcı cihazı da bu artularıyla stereotaktik radyoterapi uygulamalarına ve görüntü rehberliğinde radyoterapi uygulamalarına olanak sağlamaktadır.



**Resim 3.2 Elekta Synergy® model lineer hızlandırıcı cihazı**

### 3.1.3. Dinamik Çok Yapraklı Kolimatörler

Tedavilerde, Elekta marka 3 mm ve 5 mm genişlikte olmak üzere iki adet dinamik ÇYK ya da DMLC dışardan gantri kafasına sabitlenerek, uygulanan dinamik konformal ark planlarında PTV şeklini alarak hedef hacmin dozunun daha iyi sarılması ve kritik organ dozlarının optimum düzeyde azaltılması amacıyla kullanılmıştır. Yaprak kalınlıkları 8 cm olup maksimum alan genişlikleri 3 mm DMLC için  $7 \times 7 \text{ cm}^2$  ve 5 mm DMLC için  $10 \times 12 \text{ cm}^2$ 'dir. Dinamik ÇYK fiziksel görüntüleri Resim 3.3'de gösterildiği gibidir.



**Resim 3.3 a) 3 mm b) 5 mm Dinamik çok yapraklı kolimatörler**

### 3.1.4. ERGO++ Tedavi Planlama Sistemi

Elekta CMS ERGO++, 3B-KRT, DCA terapi ve VMAT planlama yöntemlerinin uygulanmasına olanak veren tedavi planlama sistemidir. İçerisinde pozitif kontrast madde barınan noktalar, fidüsiyaller barındıran stereotaktik çerçeveler kullanılarak, SRS ve SBRT tedavisi uygulanacak hastalardan alınan BT ve MRG görüntüleri Tedavi Planlama Sistemine (TPS) aktarılır. TPS ile hasta görüntüleri üzerinden tümör yapının yerleşimi kontrol edilerek üç boyutlu olarak lokalize edilir. Bu lokalizasyonla elde edilen koordinatlar, stereotaktik teknikle tedavide hastanın immobilizasyonunda kullanılır. Tedavi planlama sistemine, cihaz ışın verisi “beamdata” kurulumu yapıldığı sırada, bu çalışmanın da ana materyallerinden olan 3 mm ve 5mm’lik DMLC’ler kullanılarak 6 MV ve 18 MV için elde edilen veri yüklenmiştir. Kritik organ yakınlıklarına ve tümör yerleşimine bağlı olarak uygun enerji ve DMLC seçilerek planlama yapılır. TPS yazılımında doz hesaplama algoritması olarak “Virtual Source Model of Multicomponent Pencil Beam Convolution” kullanılmaktadır. Elekta CMS ERGO++TPS’inde “Static Arc”, “Dynamic Arc” ve “Fixed Beam”(Sabit Gantri Açılı Demet) olmak üzere üç planlama seçeneği vardır. Statik arklar uygulanırken ark açısı boyunca sabit DMLC şekli korunarak PTV şekline uyumlanma olmazken, dinamik arklar seçilerek uygulanan planlarda, ışınlama süresince tanımlanan ark açısında belirlenen aralıklarla DMLC’ler PTV’nin şeklini alır. Bu plan “Dynamic Conformal Arc (DCA)” olarak tanımlanır. Sabit gantri açılı demet “fixed beam”tekniki konvansiyonel üç boyutlu konformal planlama ile benzerdir. Sabit gantri açıları ışın ağırlıklandırmaları manuel olarak TPS üzerinden değiştirilerek ışınlama yapılır. Tedavi planlama sistemi yazılımında önceden tanımlanmış ve kaydedilmiş ark veya demetler seçilebilmektedir. Bu kütüphane dosyaları yeniden şekillendirilebilir yeni bir “template” olarak kayıt altına alınabilir. Ayrıca doku farklılıklarının doz hesaplamasında dikkate alınması amacıyla, BT’den gelen üç boyutlu görüntülerin Hounsfield ölçeğine (HU) göre sayısal voksel değerlerine ya da çizilen kontura bağlı olarak inhomojenite düzeltmesi imkanı sağlamaktadır. Planın değerlendirilebilmesi için doz dağılımları, doz-hacim histogramları kümülatif ve diferansiyel olarak, görülmesi istenen ölçekte seçenekleriyle yazılım tarafından hesaplanır. Buna ek olarak TPS, “Arc Modulation Optimization Algorithm (AMOA)” kullanılarak kritik organ koruma değerleri ve istenen sarım önem sırası olarak sayısal değer aralığında girişi yapılarak ters planlama imkanı da sunmaktadır. Aşağıda Resim 3.4’de bir hastanın akciğer metastatik lezyonuna ait TPS arayüzü üzerindeki görüntüsü verilmiştir.



Resim 3.4 Elekta CMS ERGO++ arayüz görüntüsü

### 3.1.5. Active Breathing Coordinator™

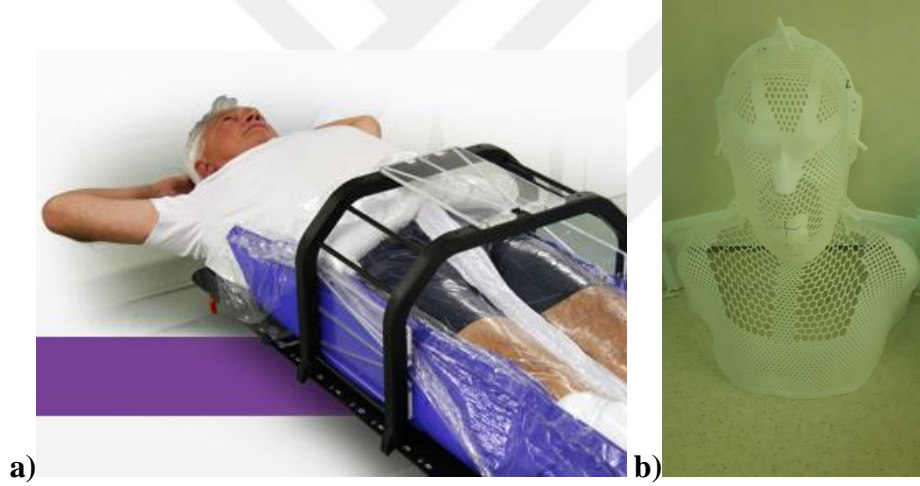
Elekta marka Active Breathing Coordinator™ (ABC) model aktif solunum izleme ve kontrol sistemi, lineer hızlandırıcı ile senkronize çalışarak hasta tedavisinin, hastanın respirasyon hareketleriyle eşgüdümlü gerçekleşmesi sağlanır. Bu materyal ile birlikte, solunum kaynaklı organ hareketleri minimum seviyeye indirilerek tümöre verilen tedavi marjları azaltılabilir ve sağlam doku ışınlamalarının en düşük seviyeye indirilmesine olanak sağlanmış olur. Tedavi masasında yatan hastanın ağızına yerleştirilen özel ağızlığın hortumu ile cihaz ile bağlantısı sağlanır. Hasta respirasyonu kumanda odasındaki monitör ile tedavi ekibi tarafından, tedavi odasında bulunan monitör ile de hasta tarafından kontrol edilebilmektedir. Tedavi ekibinin kumanda odasından sesli yönlendirmesi ile hastanın nefesini tutması istenir. Derin nefes alma veya derin nefes verme sonrası sistem aktivasyonu gerçekleşir. Cihazın hastada takılı olan ağızlığı üzerinden hasta solunum yollarında ürettiği pozitif basınç hastanın nefesini tutmasına yardımcı olur. Bu işlemde hastanın tedavi görmeyen sağlam akciğer sağlığı, solunum kapasitesi açısından önem arz etmektedir. Solunum kapasitesi ve tedavi personelinin deneysel tecrübelerine ve yönlendirmelerine göre solunum genliği ve en uzun nefes tutma süresi belirlenir. Cihaz kullanımı için hastanın en uzun nefes tutma süresi 24 sn ve üzerinde ise, hasta simülasyon tomografisi çekilmesi ve tedavi için uygundur. Tedavi masasındaki hastanın avucunda sistem çalışır haldeyken basılı tutması gereken bir acil durum butonu bulunmaktadır. Herhangi bir nedenle hastanın nefes tutmasını engelleyen bir durum olduğunda, hasta elindeki butonu serbest bırakarak tedaviyi durdurabilmektedir.



**Resim 3.5 Aktif solunum izleme ve kontrol sistemi (ABC)**

### 3.1.6. Body FIX<sup>®</sup> Hasta Sabitleme Sistemi

Tedavi doğruluğu için kullanılan bir diğer materyal olan ve hasta konumlandırma etkin olan BodyFIX<sup>®</sup> hasta sabitleme sistemi onu oluşturan üç parçadan meydana gelmektedir. Bunlar; BlueBAG<sup>™</sup> hasta yatağı, çift yönlü ve esnek vakum pompası ve stereotaktik lokalizerdir. Polistren kürecikler içeren BlueBAG<sup>™</sup> hasta yatağı vakum pompası ile sertleştirilerek hasta vücudunun şeklini alır. Hastanın karın bölgesine yerleştirilen polistren kürecik içeren küçük yastık ve bacaklar arasından göğsüne kadar uzanan hortum, hasta yatağının kenarlarında bulunan şeffaf örtü ile vakumlanarak hasta abdomen bölgesine uygulanan basınç ile solunum hareketinin genliği azaltılır. Bu uygulamalar sonucunda BlueBAG<sup>™</sup> hasta yatağı ile hastanın istemli ve istemsiz hareketleri kısıtlanmış olur. Stereotaktik lokalizer radyopak fidüsiyaller içeren bir kafes şeklindedir ve hastanın incelenmek istenen bölgesine (abdomen, pelvis veya toraks) yerleştirilir. PTV hacminin koordinatlarının belirlenmesinde harici referans noktası olarak kullanılır. Sabitleme sistemine ilave olarak, konvansiyonel olarak hasta lezyon yerine ve anatomik olarak sabitlenebilme durumuna göre göğüse kadar uzanan termoplastik maskeler de kullanılabilir. Altta Resim 3.6'da her iki sabitleme sisteminin resimleri verilmiştir.



Resim 3.6 a) BodyFIX<sup>®</sup> hasta sabitleme sistemi, b) Termoplastik maske

## 3.2. YÖNTEM

### 3.2.1. Hasta Seçimi

Bu çalışma retrospektif olarak Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda 2018-2020 tarihleri arasında belirlenen kriterlere göre seçilmiş Metastatik Akciğer SBRT uygulanan 13 hastada toplam 78 plan yapılmış ve bölgede AAPM TG 101 tarafından belirlenmiş 10 kritik organdan, alınan hastaların özelinde ağırlıklı olarak periferik açıdan yakınlığı daha kritik olan, seri organlar olarak özafagus, spinalkord (medullaspinalis), trakea, küçük bronşlar ve hava kanalları; paralel organlar olarak ise karaciğer, total ve karşı akciğer için ortalama 5 kritik organın OAR dozları, PTV ve GTV maksimum, minimum ve mean dozları ile beraber  $CI_{paddick}$  ve HI değerleri açısından değerlendirilmiştir. Hedef hacim ve kritik organlar ICRU 83 raporuna göre radyasyon onkoloğu tarafından konturlanmıştır. Seçilmiş hastaların PTV büyüklükleri, yaş, cinsiyet ve tümör yerleşim yerleri hasta verisine eklenmiştir. Yerleşim yeri bakımından hedef hacimler ise; %53,8'i sol akciğer, %46,2'si sağ akciğer tarafındadır. Metastatik Akciğer Kanseri hastaların ilgili primer kanser organları ve yerleşim yerleri, aşağıdaki Çizelge 3.1'de gösterildiği gibidir;

**Çizelge 3.1 Hastaların genel bilgileri**

Hasta No	Cinsiyet	Primer Kanser	Lezyonun Tarafı	Yaş
1	E	Kolon	Sağ	80
2	E	Adrenal Bezler	Sol	75
3	E	Karaciğer	Sağ	64
4	E	Akciğer	Sağ	79
5	E	Rektum	Sol	91
6	E	Akciğer	Sol	71
7	K	Meme	Sol	36
8	E	Akciğer	Sol	65
9	E	Akciğer	Sağ	75
10	E	Akciğer	Sağ	67
11	E	Rektum	Sol	72
12	E	Akciğer	Sol	60
13	E	Akciğer	Sağ	61

Medyan yaş 68,9, minimum yaş 36 ve maksimum yaş 91'dir. Ayrıca çalışmada, retrospektif olarak ele alınan hastalar; 1 kadın, 12 erkek Metastatik Akciğer SBRT hastasıdır. Hastaların lezyonlarının segmental yerleşimi, tedavisi uygun görülen fraksiyonasyon şeması, kritik organ bilgileri aşağıdaki Çizelge 3.2'de verilmiştir. Dinamik Konformal Ark (DCA) tekniği ile yapılan planlamalarda arklar  $20^\circ$  arayla ve her  $5^\circ$ 'de PTV şeklini alacak şekilde dizayn edilmiştir. Planlamalarda Çizelge 3.2'de görüldüğü üzere her hasta için 12 – 14 arası arklar kullanılmıştır.

**Çizelge 3.2 Metastatik Akciğer SBRT uygulanan 13 hastanın tümör lokalizasyonları ve tedavi planı bilgileri**

Hasta No	Lezyonun Segmental Yerleşimi	Tedavi Fraksiyonasyonu	Kritik Organ Sayısı	Kullanılan DCA Sayısı
Hasta 1	<i>Sağ- İnférieur lob Posterobazal</i>	10Gy * 5 Fr	5	13
Hasta 2	<i>Sol- İnférieur lob Superior bazal</i>	10Gy * 5 Fr	4	12
Hasta 3	<i>Sağ- İnférieur lob Anterobazal</i>	10Gy * 5 Fr	4	12
Hasta 4	<i>Sağ- Middle lob Lateral</i>	10Gy * 5 Fr	3	13
Hasta 5	<i>Sol- Superior lob Anterior</i>	10Gy * 5 Fr	5	12
Hasta 6	<i>Sol- Superiorlobapicoposterior</i>	10Gy * 5 Fr	5	12
Hasta 7	<i>Sol- İnférieur lob Posterobazal</i>	10Gy * 5 Fr	5	12
Hasta 8	<i>Sol- İnférieur lob Superior bazal</i>	800cGy * 5 Fr	5	14
Hasta 9	<i>Sağ- Superior lob Posterior</i>	700cGy * 5 Fr	4	13
Hasta 10	<i>Sağ- Middle lob Anterior</i>	700Gy * 5 Fr	5	12
Hasta 11	<i>Sol- Superior lob Anterior</i>	700cGy * 5 Fr	4	13
Hasta 12	<i>Sol- Superior lob Lingular</i>	650cGy * 5 Fr	4	12
Hasta 13	<i>Sağ- Superior lob Anterior</i>	600cGy * 5 Fr	4	14

### 3.2.2. Hasta Planlamaları ve Değerlendirme Uygulamaları

Gülhane Eğitim ve Araştırma hastanesi Rasyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda, konsültasyon sonrası klinik kurul toplantısında, Metastatik Akciğer Kanseri SBRT kararı alınarak, GE Lightspeed RT (General Electric Company 41 Farnsworth Street, Boston, MA 02210) BT cihazında, klinik protokole uygun olarak hekim kararıyla 0,625 mm ile 1,25 mm kesit kalınlığında görüntüleri alınan ve Resim 3.2'de görülen Elekta Synergy lineer hızlandırıcı ile (Elekta AB Box 7593 SE-103 93 Stockholm Sweden) tedavi uygulanan hastalar (n=13) belirlenmiştir. Seçilen hastaların hedef hacim protokollerine uygun olarak konturlanması radyasyon onkoloğu tarafından yapılmış olup, GTV ve CTV ortak hacim olarak ele alınmıştır. Bu nedenle PTV hacmi, CTV hacmine ek +3 mm marj verilerek oluşturulmuş ve tedavi planı bu hacimler üzerinden yapılmıştır. Söz konusu aldıkları tedavi planları, Resim 3.4'de arayüz görüntüsü verilen, ERGO++ TPS'i (ERGO++® is a registered trademark of Elekta, Inc.) üzerinden incelenmiştir. Tedavi planları sarım ve homojeniteyi gösteren  $CI_{paddick}$ , HI değerleri, PTV, GTV ve kritik organ dozları, yerleşim yeri ve fraksiyonasyon şeması göz önüne alınarak değerlendirilmiştir.

Hastaların planları, ark sayısı, kurul tarafından reçetelenen dozu, fraksiyonasyonu ve tüm hastalarda 6 MV olarak düzenlenmiş enerji değeri değiştirilmeden yalnızca ÇYK genişlikleri 3 mm ve 5 mm olmak üzere iki farklı genişlikte (Resim 3.3 a ve b'de gantriye monte edilebilen DMLC yaprakları görülmektedir) ve PTV'ye ek olarak 2 mm, 3 mm ve 5 mm (tüm axial ve kauda-kranial yönlerde aynı olmak üzere) marj tanımlanarak yeniden planlaması yapılmıştır. Her bir hasta için 6 adet plan ve toplamda 78 adet plan (n=13) PTV, GTV, OAR,  $CI_{paddick}$  ve HI dozimetrik parametreleri üzerinden değerlendirilmiştir.

Her hastanın, bulgularının girişi için  $PTV_{min}$ ,  $PTV_{mean}$ ,  $PTV_{maks}$ ,  $GTV_{min}$ ,  $GTV_{mean}$ ,  $GTV_{maks}$ , kritik seri ve paralel organ dozları ve tablolarda belirtilen tüm dozimetrik ve hacimsel bilgiler için “SBRT Card” adında bir çizelge oluşturulmuştur. “SBRT Card” çizelgesi aynı zamanda, AAPM TG101 numaralı rapora göre belirlenen kritik organ (OAR) tolerans hacimsel verisi ve planlar sonunda elde edilen dozlarını içermektedir.

Hasta Dosya No: \_\_\_\_\_ Ferhat ÇETİNEL – Tez Araştırması Hasta Veri Kartı  
 Lung Cancer SBRT CARD \_\_1\_\_ Fraksiyon Dozu: \_\_\_\_\_  
 Fraksiyon Sayısı: \_\_\_\_\_  
 Tanı/Bölge \_\_\_\_\_ Dr \_\_\_\_\_ PTV Hacmi (cc): \_\_\_\_\_  
 Ad Soyad \_\_\_\_\_ Cinsiyet:  E  K Yaş: \_\_\_\_\_ GTV Hacmi (cc): \_\_\_\_\_

Kritik Organlar (OAR)	Konturlanan Organ (cc)	Epik Değeri (cc)	Konturlanan Organ (cc)	Dinamik Çok Yapraklı Kolimatör Genişliği (DMLC Width)														
				+3mm DMLC						+5mm DMLC								
				+2mm marj		+3mm marj		+5mm marj		+2mm marj		+3mm marj		+5mm marj				
Esophagus		<5cc		Plan__	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point
Bronchus Smaller Airways		<0.5cc		Plan__	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point
Trachea&Large Bronchus		<4cc		Plan__	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point
Heart/ Pericardium		<15cc		Plan__	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point
Brachial Plexus		<3cc		Plan__	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point
Spinal Cord and Medulla		<1.2cc		Plan__	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point	threshold	Max Point
Opposite Lung		1500cc		Plan__	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—
Total Lungs		1000cc		Plan__	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—
Liver		700cc		Plan__	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—
Renal Cortex		200cc		Plan__	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—	Average - Mean	—

\*Dinamik Çok Yapraklı Kolimatör genişliği ve PTV marjlarının değişimi ile farklılaşan Kritik Organ ve PTV-GTV dozları (cGy)

Lung Cancer SBRT CARD \_\_2\_\_ Ferhat ÇETİNEL – Tez Araştırması Hasta Veri Kartı

Konturlanan Organ (cc)	Conformity Index & Homogeneity Index Değerleri	Dinamik Çok Yapraklı Kolimatör Genişliği (DMLC Width)																			
		+3mm DMLC									+5mm DMLC										
		+2mm marj			+3mm marj			+5mm marj			+2mm marj			+3mm marj			+5mm marj				
PTV		Plan__	Max Dose	Mean Dose	Min Dose	Plan__	Max Dose	Mean Dose	Min Dose	Plan__	Max Dose	Mean Dose	Min Dose	Plan__	Max Dose	Mean Dose	Min Dose	Plan__	Max Dose	Mean Dose	Min Dose
GTV/TARGET		Plan__	Max Dose	Mean Dose	Min Dose	Plan__	Max Dose	Mean Dose	Min Dose	Plan__	Max Dose	Mean Dose	Min Dose	Plan__	Max Dose	Mean Dose	Min Dose	Plan__	Max Dose	Mean Dose	Min Dose
Homojenite İndisi (HI)		D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>6</sub>	D <sub>7</sub>	D <sub>8</sub>	D <sub>9</sub>	D <sub>10</sub>	D <sub>11</sub>	D <sub>12</sub>	D <sub>13</sub>	D <sub>14</sub>	D <sub>15</sub>	D <sub>16</sub>	D <sub>17</sub>	D <sub>18</sub>	D <sub>19</sub>	D <sub>20</sub>
HI: D <sub>2</sub> /D <sub>5</sub> HI: D <sub>5</sub> /D <sub>2</sub>		HI:	HI:	HI:	HI:	HI:	HI:	HI:	HI:	HI:	HI:	HI:	HI:	HI:	HI:	HI:	HI:	HI:	HI:	HI:	HI:

Notlar: \_\_\_\_\_

Resim 3.7 Hasta bulguları girişi için hazırlanan “SBRT Card” şablonu

AAPM TG 101 raporuna göre belirlenen OAR tolerans dozları aşağıdaki Çizelge 3.3’de gösterilmiştir;

**Çizelge 3.3 AAPM TG 101 raporuna göre belirlenen kritik organlardaki komplikasyonlar ve eşik doz değerleri**

<b>Kritik Organ Eşik Hacim ve Maksimum Nokta Tolerans Dozları</b>				
Tedavi bölgesinde bulunan kritik yapılar	Eşik Değerinin Üstünde Maksimum Kritik Hacim **	5 fraksiyon SBRT uygulamalarında*		“End point, Grade $\geq 3$ ”
		Eşik doz	Maksimum noktadoz <sup>a</sup>	
<input type="checkbox"/> <i>Esophagus</i> <sup>b</sup>	<5cc	19,5 Gy (3,9Gy/Fx)	35 Gy (7 Gy/Fx)	<i>Stenosis/fistula</i>
<input type="checkbox"/> <i>Bronchus Smaller Airways</i>	<0,5cc	21 Gy (4,2Gy/Fx)	33 Gy (6,6 Gy/Fx)	<i>Stenosiswith atelectasis</i>
<input type="checkbox"/> <i>Trachea&amp;LargeBronchus</i> <sup>b</sup>	<4cc	16,5 Gy (3,3Gy/Fx)	40 Gy (8 Gy/Fx)	<i>Stenosis/fistula</i>
<input type="checkbox"/> <i>Heart/Pericardium</i>	<15cc	32 Gy (6,4Gy/Fx)	38 Gy (7,6 Gy/Fx)	<i>Pericarditis</i>
<input type="checkbox"/> <i>BrachialPlexus</i>	<3cc	27 Gy (5,4Gy/Fx)	30,5 Gy (6,1 Gy/Fx)	<i>Neuropathy</i>
<input type="checkbox"/> <i>SpinalCordandMedulla</i>	<1,2cc	14,5 Gy (2,9Gy/Fx)	Paralel dokularda bakılmaz.	<i>Myelitis</i>
<input type="checkbox"/> <i>OppositeLung</i>	1500cc	12,5 Gy (2,5Gy/Fx)		<i>Basic lung function</i>
<input type="checkbox"/> <i>Total Lungs</i>	1000cc	13,5 Gy (2,7Gy/Fx)		<i>Pneumonitis</i>
<input type="checkbox"/> <i>Liver</i>	700cc	21 Gy (4,2Gy/Fx)		<i>Basic liver function</i>
<input type="checkbox"/> <i>RenalCortex ( r and l)</i>	200cc	17,5 Gy (3,5Gy/Fx)		<i>Basic renal function</i>
*AAPM TG 101 SBRT Reports **Paralel organlar için ‘eşik değerinin altında minimum kritik hacim’dir. Hacim azaldıkça kabul edilen eşik doz artacaktır.		a. ‘Noktadoz’ 0.035 cc veya daha az hacim olarak tanımlanır. b. Çevresel ışınlamalardan kaçınılmalıdır.		

Çalışmada verilmesi belirlenen marjların ve kullanılan iki adet ÇYK genişliğinin dışında asıl tedavi planında değişiklik olmaması yönüyle, yalnızca bu değişkenlerin dozimetrik etkisinin belirgin biçimde incelenebilmesi amaçlanmıştır.

Belirlenen tüm hastaların (n=13) kendi planları, kendi içinde ayrı çeşitlendirme ile bir grup oluşturmuş, ÇYK genişlikleri ve marjların ortak etkileri bu grupta değerlendirilmiştir. Ele alınan planlardan, bir grup olarak da fraksiyonasyon şeması aynı olan hastalar (n=7) yukarıda bahsedilen dozimetrik parametreler açısından birbiri ile karşılaştırma değerlendirmesine alınmıştır. Ayrıca, yerleşim yerleri ve PTV büyüklükleri açısından da diğer bir değerlendirme grubu oluşmuştur.

## 4. BULGULAR

Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi kliniğinde 2018-2020 yılları arasında seçilen hastaların (n=13), çalışmanın belirlenen yöntemleri çerçevesinde 2 mm, 3 mm ve 5 mm PTV marjları ve 3 mm, 5 mm DMLC farklılıklarıyla elde edilen SBRT planlamalarının dozimetrik incelemeleri yapılmıştır.

### 4.1. DVH İncelemeleri

Bu bölümde, Doz Hacim Histogramları (DVH) incelenerek;  $PTV_{min}$ ,  $PTV_{mean}$ ,  $GTV_{maks}$ , OAR (seri organlar için maksimum ve paralel organlar için ortalama “mean” doza bakılmak üzere), normalize edilen izodoz eğrisine göre  $CI_{paddick}$  ve HI değerleri gruplandırılarak ele alınmıştır. İlk önce hastaların (n=13) tedavi aldıkları plan üzerinden verilen marjlarıyla ve iki adet DMLC genişliği değişimiyle oluşan 6 adet planı kendi aralarında daha sonra, aynı fraksiyonasyon şemasına sahip hastaların (n=7) karşılaştırılmalı olarak, ve tüm bulguların sonucunda PTV büyüklüğü ve yerleşim yerleri bakımından değerlendirmeleri yapılmış, tanımlayıcı istatistiksel nicelikleri göz önüne alınarak incelenmiştir.

### 4.2. Hasta özelinde yapılan planlar ve dozimetrik bulgular

#### 4.2.1. PTV 50 Gy Reçetelenen Hastalar

Çizelge 4.1 Hasta 1'e ait dozimetrik veri

Hasta 1	ELEKTA - ERGO++ SBRT *Dozlar cGy cinsinden verilmiştir												
DMLC Genişliği / PTV'ye verilen Marjlar	Plan No	HI	CI (Paddick)	Esophagus <5cc	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Opposite Lung Avg.	Total Lungs Avg.	Liver Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Esophagus (max point)	Spinal Cord and Medulla (max point)
3 mm / 2mm	7	0,16	0,703	622	413	22	252	733	3723	5098	5319	1223	478
3 mm / 3mm	8	0,14	0,833	690	437	22	265	781	3936	5140	5319	1223	478
3 mm / 5 mm	9	0,08	0,659	863	491	23	318	982	4680	5213	5319	1489	585
5 mm / 2 mm	10	0,15	0,625	682	411	18	268	791	3776	5082	5319	1223	478
5 mm / 3 mm	11	0,13	0,812	765	444	19	286	846	4148	5128	5319	1223	478
5 mm / 5 mm	12	0,1	0,616	896	494	20	328	974	4521	5185	5372	1436	531
PTV Hacmi	Min	0,08	0,616	622	411	18	252	733	3723	5082	5319	1223	478
11,9 cc	Max	0,16	0,833	896	494	23	328	982	4680	5213	5372	1489	585
İzodozu	Median	0,135	0,681	727,5	440,5	21	277	818,5	4042	5134	5319	1223	478
94%	STD	0,03	0,09	99,05	33,40	1,80	28,01	95,52	361,55	45,86	19,75	113,93	40,81
13 Ark	Mean	0,13	0,71	753,00	448,33	20,67	286,17	851,17	4130,67	5141,00	5327,83	1302,83	504,67

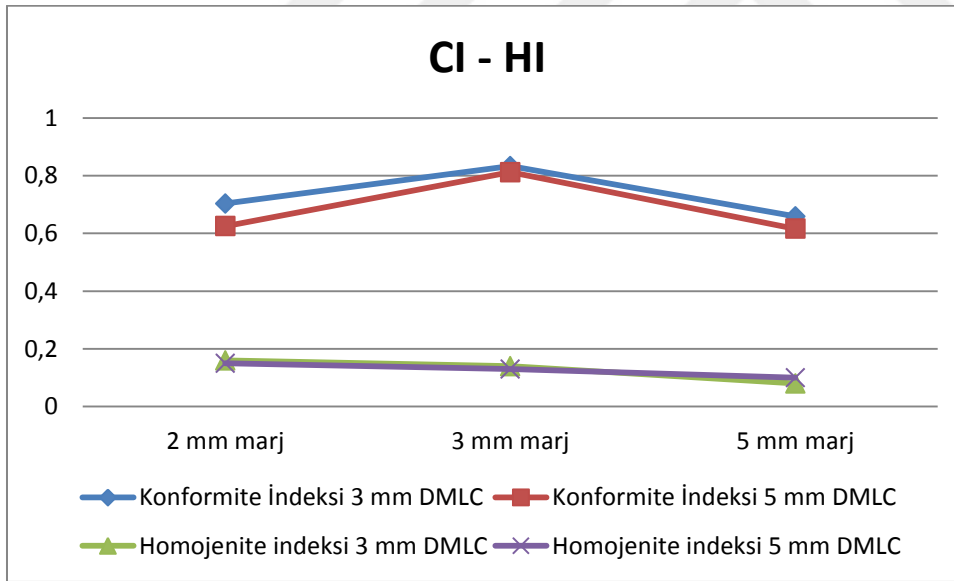
Hasta 1 tedaviye girdiği fraksiyonasyon şemasına göre 50 Gy doz almış olup, yapılan 3 mm ve 5 mm DMLC farklılıkları ve bu iki farklı DMLC genişliği için verilen +2 mm, +3 mm, +5 mm PTV marjlarıyla beraber oluşan planlamalar sonucunda hasta 1'e ait oluşan dozimetrik veri Çizelge 4.1'de verildiği gibidir.

$PTV_{min}$ ; maksimum değerini, tanımlanan dozun %93,6'sını, 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjında plan 9'da, minimum değerini ise tanımlanan dozun %74,7'ini, 3 mm DMLC genişliği ve +2 mm PTV marjında plan 7'de almıştır.  $PTV_{min}$  değeri ortalaması ise  $4130 \pm 361,55$  cGy'dir.  $PTV_{mean}$ , medyan değeri tanımlanan dozun %102,7'sidir.

Yapılan planlarda  $GTV_{maks}$ , değerinde ilk beş planda bir değişiklik gözlenmemiş olmakla beraber, en yüksek değeri 5 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjında tanımlanan dozun %107,4'üyle aldığı tespit edilmiştir.

Hasta 1' e ait kritik organların dozları; Özafagus, nokta doz olarak maksimum değerini, tanımlanan dozun %29,8'ini plan 9'da, spinal kord, nokta doz olarak maksimum değerini, tanımlanan dozun %11,7'sini yine plan 9'da, toplam akciğer, ortalama "mean" doz olarak maksimum değerini, tanımlanan dozun %6,6'sını plan 12'de almış olup, sağlıklı olan karşı akciğer ortalama "mean" dozunda cGy olarak önemsiz sayılabilecek kadar az değişim gözlenmiştir. Karaciğer ortalama "mean" doz olarak maksimum değerini, tanımlanan dozun %19,6'sını 3 mm DMLC, +5 mm PTV marjı kombinasyonunda yani plan 9'da almıştır. Buna göre, kritik organ dozlarının PTV sarımının yüksek olduğu 3 mm DMLC, +5 mm PTV marjı kombinasyonunda yüksek olduğu görülmüştür.

**Şekil 4.1 Hasta 1'e ait Konformite ve Homojenite İndeksleri**



Homojenite İndeksi (HI) en düşük, yani referans olarak 0,00(sıfır) değerine en yakın değere, plan 9'daki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır. Konformite İndeksi ( $CI_{paddick}$ ) değerine ise referans olarak 1.00(bir)'e en yakın değere ise plan 8'deki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır. Plan kombinasyonları arasında DMLC genişliği açısından HI ve  $CI_{paddick}$  değerleri karşılaştırıldığında ise; 3 mm DMLC'nin  $CI_{paddick}$ 'te 5 mm DMLC'ye göre üstünlüğü, HI değerleri açısından ise kayda değer bir fark olmadığı anlaşılmaktadır.

**Çizelge 4.2 Hasta 2'ye ait dozimetrik veri**

Hasta 2	ELEKTA - ERGO++ SBRT *Dozlar cGy cinsinden verilmiştir											
DMLC Genişliği / PTV'ye verilen Marjlar	Plan No	HI	CI (Paddick)	Heart/ Pericardium <15cc	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Opposite Lung Avg.	Total Lungs Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Heart/ Pericardium (max point)	Spinal Cord and Medulla (max point)
3 mm / 2mm	6	0,19	0,692	628	303	20	250	3336	5113	5319	1117	372
3 mm / 3mm	5	0,13	0,787	867	329	20	283	4202	5193	5319	1170	372
3 mm / 5 mm	7	0,06	0,407	1052	373	21	341	4840	5242	5372	1223	425
5 mm / 2 mm	8	0,23	0,593	797	296	15	238	3670	4997	5319	1063	372
5 mm / 3 mm	9	0,11	0,721	856	334	17	296	4414	5140	5319	1117	372
5 mm / 5 mm	10	0,08	0,42	1045	381	19	357	4734	5201	5319	1223	425
PTV Hacmi	Min	0,06	0,407	628	296	15	238	3336	4997	5319	1063	372
7,4 cc	Max	0,23	0,787	1052	381	21	357	4840	5242	5372	1223	425
İzodozu	Median	0,12	0,6425	861,5	331,5	19,5	289,5	4308	5166,5	5319	1143,5	372
94%	STD	0,06	0,15	145,91	31,98	2,05	43,54	542,82	79,33	19,75	58,85	24,98
11 Ark	Mean	0,13	0,60	874,17	336,00	18,67	294,17	4199,33	5147,67	5327,83	1152,17	389,67

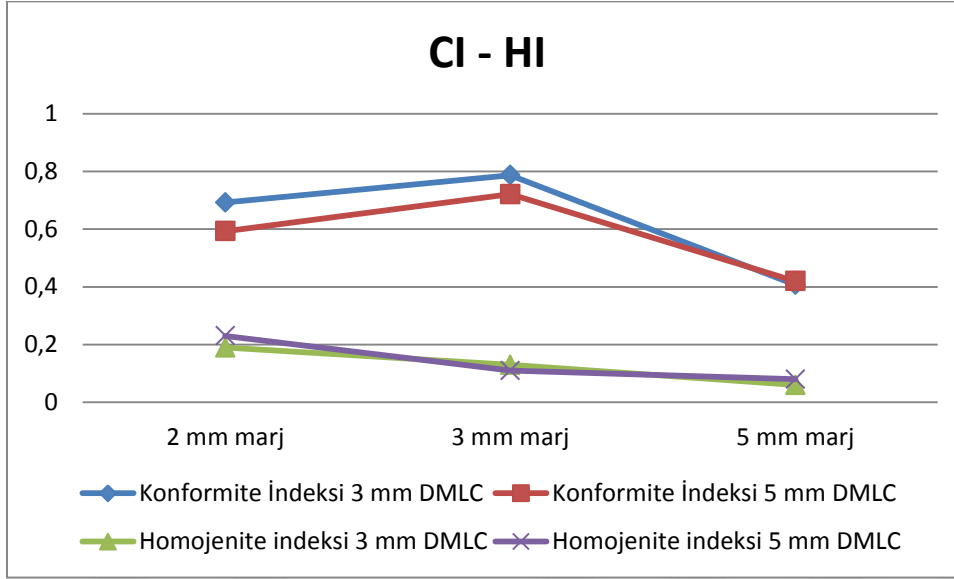
Hasta 2, tedaviye girdiği fraksiyonasyon şemasına göre 50 Gy doz almış olup, yapılan 3 mm ve 5 mm DMLC farklılıkları ve bu iki farklı DMLC genişliği için verilen +2 mm, +3 mm, +5 mm PTV marjlarıyla beraber oluşan planlamalar sonucunda hasta 2'ye ait oluşan dozimetrik veri Çizelge 4.2'de verildiği gibidir.

$PTV_{min}$ ; maksimum değerini, tanımlanan dozun %96,8'ini, 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjında plan 7'de, minimum değerini ise tanımlanan dozun %66,7'sini, 3 mm DMLC genişliği ve +2 mm PTV marjında plan 6'da almıştır.  $PTV_{min}$  değeri ortalaması ise  $4199,33 \pm 542,82$  cGy'dir.  $PTV_{mean}$ , medyan değeri tanımlanan dozun %103,3'üdür.

Yapılan planlarda  $GTV_{maks}$ , değerinde plan 7 haricinde bir değişiklik gözlenmemiş olmakla beraber, en yüksek değeri 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjında tanımlanan dozun %107,4'üyle aldığı görülmüştür.

Hasta 2'ye ait kritik organların dozları; Spinal kord, nokta doz olarak maksimum değerini, tanımlanan dozun %8,5'ini plan 7 ve 10'da, kalp nokta doz olarak maksimum değerini, tanımlanan dozun %24,5'ini plan 8'de, tüm akciğer, ortalama "mean" doz olarak maksimum değerini, tanımlanan dozun %7,1'ini plan 10'da, sağlıklı olan karşı akciğer ortalama "mean" dozunda cGy olarak önemsiz sayılabilecek kadar az değişim gözlenmiştir. Kalp ortalama <15 cc eşik hacim dozu olarak maksimum değerini, tanımlanan dozun %21'ini 3 mm DMLC, +5 mm PTV marjı kombinasyonunda, plan 7'de almıştır. Buna göre, çoğunluk kritik organ dozlarının PTV sarımının yüksek olduğu 3 mm DMLC, +5 mm PTV marjı kombinasyonunda yüksek olduğu görülmüştür.

**Şekil 4.2 Hasta 2'ye ait Konformite ve Homojenite İndeksleri**



Homojenite İndeksi (HI) en düşük değere, plan 7'deki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır. Konformite İndeksi ( $CI_{paddick}$ ) 1.00'e en yakın değere ise plan 5'deki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır. Plan kombinasyonları arasında DMLC genişliği açısından HI ve  $CI_{paddick}$  değerleri karşılaştırıldığında ise; 3 mm DMLC'nin  $CI_{paddick}$ 'te 5 mm DMLC'ye göre üstünlüğü, HI değerleri açısından ise kayda değer bir fark olmadığı anlaşılmaktadır.

**Çizelge 4.3 Hasta 3'e ait dozimetrik veri**

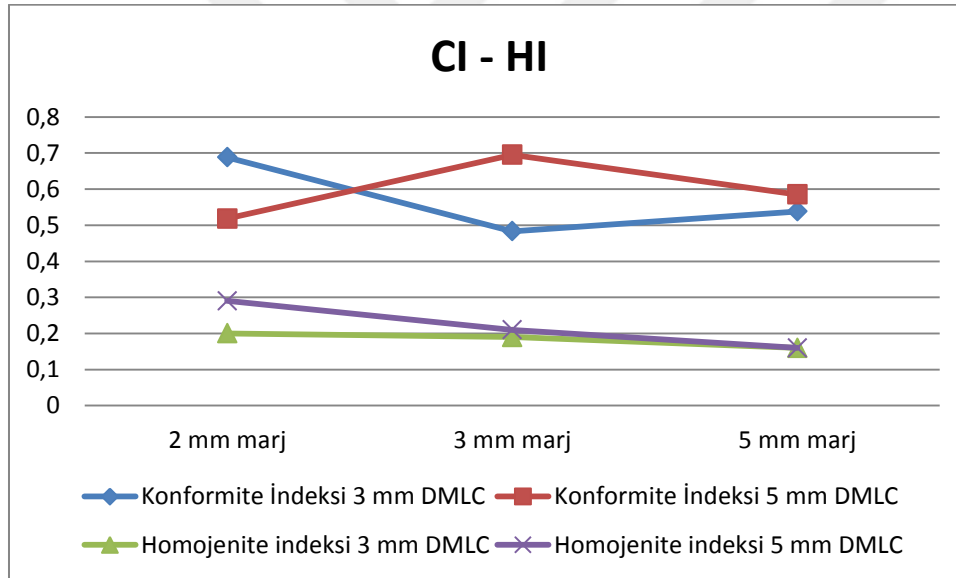
Hasta 3	ELEKTA - ERGO++ SBRT *Dozlar cGy cinsinden verilmiştir												
DMLC Genişliği / PTV'ye verilen Marjlar	Plan No	HI	CI (Paddick)	Heart/ Pericardium <15cc	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Total Lungs Avg.	Liver Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Heart/ Pericardium (max point)	Spinal Cord and Medulla (max point)	
3 mm / 2mm	7	0,2	0,688	368	161	524	52	3804	5173	5597	543	163	
3 mm / 3mm	6	0,19	0,483	387	180	558	55	4076	5196	5597	543	163	
3 mm / 5 mm	13	0,16	0,538	445	201	675	70	4510	5247	5652	597	217	
5 mm / 2 mm	10	0,29	0,518	372	153	520	82	3260	5050	5543	543	163	
5 mm / 3 mm	11	0,21	0,695	405	161	582	95	3858	5156	5597	597	163	
5 mm / 5 mm	12	0,16	0,585	572	199	686	103	4402	5223	5597	652	163	
<b>PTV Hacmi</b>	<b>Min</b>	0,16	0,483	368	153	520	52	3260	5050	5543	543	163	
29,6 cc	<b>Max</b>	0,29	0,695	572	201	686	103	4510	5247	5652	652	217	
<b>İzodozu</b>	<b>Median</b>	0,195	0,5615	396	170,5	570	76	3967	5184,5	5597	570	163	
92%	<b>STD</b>	0,04	0,08	70,61	18,92	66,81	19,06	414,79	63,13	31,47	40,55	20,12	
12 Ark	<b>Mean</b>	0,20	0,58	424,83	175,83	590,83	76,17	3985,00	5174,17	5597,17	579,17	172,00	

Hasta 3, tedaviye girdiği fraksiyonasyon şemasına göre 50 Gy doz almış olup, yapılan 3 mm ve 5 mm DMLC farklılıkları ve bu iki farklı DMLC genişliği için verilen +2 mm, +3 mm, +5 mm PTV marjlarıyla beraber oluşan planlamalar sonucunda hasta 3'e ait oluşan dozimetrik veri Çizelge 4.3'te verildiği gibidir.

PTV<sub>min</sub>; maksimum değerini, tanımlanan dozun %90,2'sini, 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjında plan 13'te, minimum değerini ise tanımlanan dozun %65,2'sini, 5 mm DMLC genişliği ve +2 mm PTV marjında plan 10'da almıştır. PTV<sub>min</sub> değeri ortalaması ise 3985±414,79 cGy'dir. PTV<sub>mean</sub>, medyan değeri tanımlanan dozun %103,7'dir. Yapılan planlarda GTV<sub>maks</sub>, en yüksek değeri 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjında, plan 13'te tanımlanan dozun %113,04'üyle aldığı görülmüştür.

Hasta 3' e ait kritik organların dozları; Spinal kord, nokta doz olarak maksimum değerini, tanımlanan dozun %4,3'ünü plan 13'te, kalp nokta doz olarak maksimum değerini, tanımlanan dozun %13,04'ünü plan 12'de, tüm akciğer, ortalama "mean" doz olarak maksimum değerini, tanımlanan dozun %13,7'sini plan 12'de, karaciğer ortalama "mean" doz olarak maksimum değerini ise tanımlanan dozun %2,06'sı ile aldığı görülmüştür. Kalp ortalama <15 cc eşik hacim dozu olarak maksimum değerini, tanımlanan dozun %11,4'ünü 5 mm DMLC, +5 mm PTV marjı kombinasyonunda plan 12'de almıştır. Buna göre, kritik organ dozlarının, PTV sarımının yüksek olduğu, plan 13 ve plan 12 DMLC genişliği ve PTV marjı kombinasyonunda yüksek olduğu görülmüştür.

**Şekil 4.3 Hasta 3'e ait Konformite ve Homojenite İndeksleri**



Homojenite İndeksi (HI) en düşük değere, plan 13 ve plan 12'deki DMLC-PTV marjı kombinasyonlarında ulaşılmıştır. Konformite İndeksi (CI<sub>paddick</sub>) 1.00'e en yakın değere ise plan 11'deki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır. Plan kombinasyonları arasında DMLC genişliği açısından HI ve CI<sub>paddick</sub> değerleri karşılaştırıldığında ise; 3 mm DMLC'nin CI<sub>paddick</sub>'te 5 mm DMLC'ye göre üstünlüğü, HI değerleri açısından ise 3 mm DMLC'nin +2 mm PTV marjı kombinasyonunda (plan 7), 5 mm DMLC +2 mm marj (plan 10) kombinasyonuna göre homojenitede daha üstün sonuç vermiştir.

**Çizelge 4.4 Hasta 4'e ait dozimetrik veri**

Hasta 4	ELEKTA - ERGO++ SBRT			*Dozlar cGy cinsinden verilmiştir						
DMLC Genişliği / PTV'ye verilen Marjlar	Plan No	HI	CI (Paddick)	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Opposite Lung Avg.	Total Lungs Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Spinal Cord and Medulla (max point)
3 mm / 2mm	5	0,22	0,829	347	40	253	3817	5151	5430	376
3 mm / 3mm	4	0,15	0,779	366	44	281	4086	5235	5430	430
3 mm / 5 mm	6	0,08	0,574	409	50	331	4838	5293	5430	430
5 mm / 2 mm	8	0,16	0,707	346	39	265	4193	5128	5376	376
5 mm / 3 mm	9	0,14	0,679	365	43	284	4784	5217	5376	376
5 mm / 5 mm	10	0,13	0,737	411	47	318	4569	5194	5376	430
PTV Hacmi	Min	0,08	0,574	346	39	253	3817	5128	5376	376
11,3 cc	Max	0,22	0,829	411	50	331	4838	5293	5430	430
İzodozu	Median	0,145	0,722	365,5	43,5	282,5	4381	5205,5	5403	403
93%	STD	0,04	0,08	26,62	3,80	27,58	375,74	54,36	27,00	27,00
13 Ark	Mean	0,15	0,72	374,00	43,83	288,67	4381,17	5203,00	5403,00	403,00

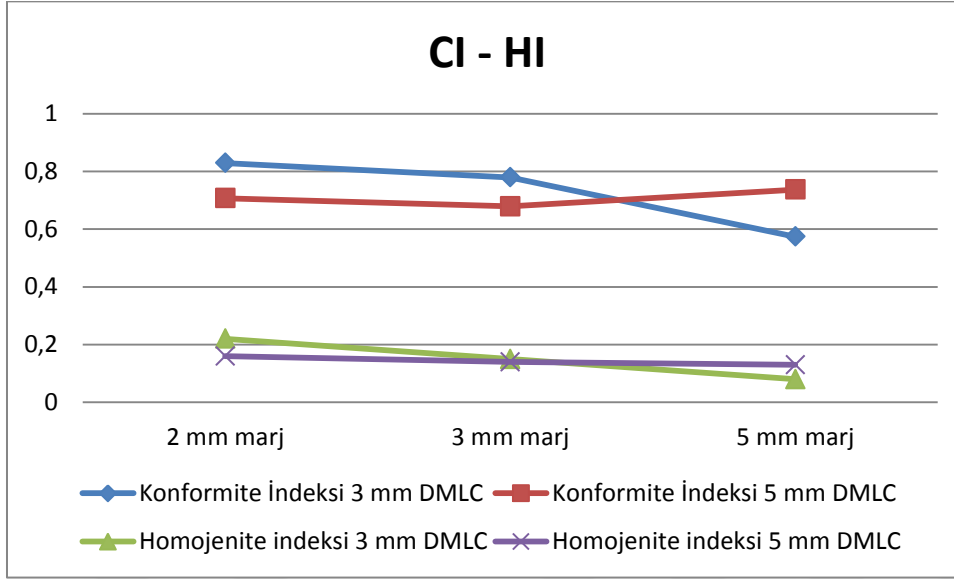
Hasta 4, tedaviye girdiği fraksiyonasyon şemasına göre 50 Gy doz almış olup, yapılan 3 mm ve 5 mm DMLC farklılıkları ve bu iki farklı DMLC genişliği için verilen +2 mm, +3 mm, +5 mm PTV marjlarıyla beraber oluşan planlamalar sonucunda hasta 4'e ait oluşan dozimetrik veri Çizelge 4.4'te verildiği gibidir.

$PTV_{min}$ ; maksimum değerini, tanımlanan dozun %96,8'ini, 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjında plan 6'da, minimum değerini ise tanımlanan dozun %76,3'sini, 3 mm DMLC genişliği ve +2 mm PTV marjında plan 5'de almıştır.  $PTV_{min}$  değeri ortalaması ise  $4381,17 \pm 375,74$  cGy'dir.  $PTV_{mean}$ , medyan değeri tanımlanan dozun %104,1'dir.

Yapılan planlarda  $GTV_{maks}$ , en yüksek değeri marjlar farketmeksizin 3 mm DMLC genişliğindeki planlarda, tanımlanan dozun %108,6'sıyla ve minimum değeri yine marjlar farketmeksizin 5 mm DMLC genişliğindeki planlarda, tanımlanan dozun %107,5'iyle aldığı görülmüştür.

Hasta 4' e ait kritik organların dozları; Spinal kord, nokta doz olarak maksimum değeri, tanımlanan dozun %8,6'sı ile plan 4, plan 6 ve plan 9'da almıştır. Tüm akciğer, ortalama "mean" doz olarak maksimum değeri için tanımlanan dozun %6,6'sını plan 6'da, sağlıklı akciğer eşik hacim ortalama "mean" dozunda ise cGy seviyesinde önemsiz sayılacak dozlar tespit edilmiştir.

**Şekil 4.4 Hasta 4'e ait Konformite ve Homojenite İndeksleri**



Homojenite İndeksi (HI) en düşük değere, plan 6'daki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır. Konformite İndeksi ( $CI_{paddock}$ ) 1.00'e en yakın değere ise plan 5'deki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır.

Plan kombinasyonları arasında DMLC genişliği açısından HI ve  $CI_{paddock}$  değerleri karşılaştırıldığında ise; 3 mm DMLC'nin +2 ve +3 mm marjlarında  $CI_{paddock}$ 'te aynı marjlardaki 5 mm DMLC'ye göre üstünlüğü, HI değerleri açısından ise 3 mm DMLC'nin +5 mm PTV marjı kombinasyonunda yani plan 6'da, 5 mm DMLC +5 mm marj plan 10'daki kombinasyonuna göre homojenitede daha üstün sonuç vermiştir.

**Çizelge 4.5 Hasta 5'e ait dozimetrik veri**

Hasta 5	ELEKTA - ERGO++ SBRT *Dozlar cGy cinsinden verilmiştir													
DMLC Genişliği / PTV'ye verilen Marjlar	Plan No	HI	CI (Paddock)	Esophagus <5cc	Trachea& Large Bronchus <4cc	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Opposite Lung Avg.	Total Lungs Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Esophagus (max point)	Trachea& Large Bronchus (max point)	Spinal Cord and Medulla (max point)
3 mm / 2mm	8	0,25	0,522	177	290	132	49	270	3457	5014	5372	319	372	159
3 mm / 3mm	14	0,12	0,678	218	312	140	55	321	4361	5175	5372	319	372	159
3 mm / 5 mm	15	0,09	0,591	267	359	148	61	383	4627	5242	5425	372	425	159
5 mm / 2 mm	16	0,17	0,586	200	288	134	46	293	4042	5032	5319	319	372	159
5 mm / 3 mm	12	0,15	0,737	217	306	136	48	318	4202	5090	5319	319	372	159
5 mm / 5 mm	17	0,13	0,529	260	355	144	54	367	4308	5157	5372	372	425	159
PTV Hacmi	Min	0,09	0,522	177	288	132	46	270	3457	5014	5319	319	372	159
4 cc	Max	0,25	0,737	267	359	148	61	383	4627	5242	5425	372	425	159
İzodozu	Median	0,14	0,5885	217,5	309	138	51,5	319,5	4255	5123,5	5372	319	372	159
94%	STD	0,05	0,08	31,65	28,62	5,63	5,08	39,25	362,87	80,77	36,42	24,98	24,98	0,00
12 Ark	Mean	0,15	0,61	223,17	318,33	139,00	52,17	325,33	4166,17	5118,33	5363,17	336,67	389,67	159,00

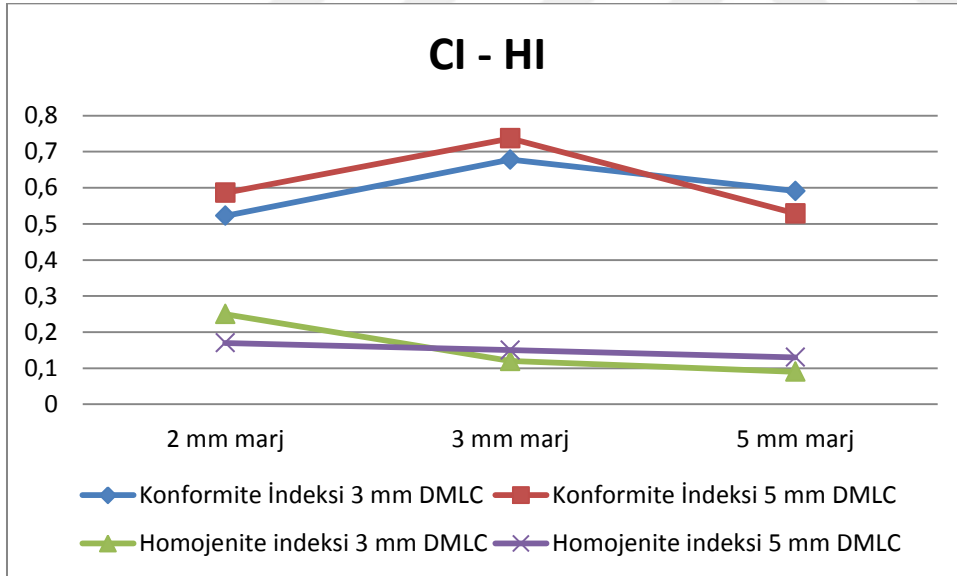
Hasta 5, tedaviye girdiği fraksiyonasyon şemasına göre 50 Gy doz almış olup, yapılan 3 mm ve 5 mm DMLC farklılıkları ve bu iki farklı DMLC genişliği için verilen +2 mm, +3 mm, +5 mm PTV marjlarıyla beraber oluşan planlamalar sonucunda hasta 5'e ait oluşan dozimetrik veri Çizelge 4.5'te verildiği gibidir.

PTV<sub>min</sub>; maksimum değerini, tanımlanan dozun %92,5'sini, 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjında plan 15'te, minimum değerini ise tanımlanan dozun %69,1'ini, 3 mm DMLC genişliği ve +2 mm PTV marjında plan 8'de almıştır. PTV<sub>min</sub> değeri ortalaması ise 4166,17±362,87 cGy'dir. PTV<sub>mean</sub>, medyan değeri tanımlanan dozun %102,5'dir.

Yapılan planlarda GTV<sub>maks</sub>, en yüksek değeri 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjında, plan 15'te tanımlanan dozun %108,5'yle aldığı tespit edilmiştir.

Hasta 5' e ait kritik organların dozları; Trakea ve büyük bronşlar, nokta doz olarak maksimum değeri, tanımlanan dozun %8,5'ini plan 15 ve plan 17'de; Özafagus, nokta doz olarak maksimum değeri, tanımlanan dozun %7,4'ünü yine plan 15 ve plan 17'de almıştır. Spinal kord nokta dozu ise tüm planlarda, tanımlanan dozun %3,2'si olup, planlar arasında bir değişiklik göstermemiştir. Spinal kord'un eşik hacim dozu (<1,2 cc) ise tanımlanan dozun ~%3'üdür. Tüm akciğer, ortalama "mean" doz olarak maksimum değerini, tanımlanan dozun %7,7'sini plan 15'de, sağlıklı akciğer olan karşı akciğer ortalama "mean" doz olarak cGy olarak önemsiz dozlar aldığı görülmüştür. Trakea ve büyük bronşlar ortalama <4 cc eşik hacim dozu olarak maksimum değeri, tanımlanan dozun %7,2'sini 3 mm DMLC, +5 mm PTV marjı kombinasyonunda plan 15'de almıştır. Buna göre, çoğunluk kritik organ dozlarının PTV sarımının yüksek olduğu 3 mm DMLC, +5 mm PTV marjı kombinasyonunda yani plan 15'de yüksek olduğu görülmüştür.

**Şekil 4.5 Hasta 5'e ait Konformite ve Homojenite İndeksleri**



Homojenite İndeksi (HI) en düşük değere, plan 15'deki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır. Konformite İndeksi (CI<sub>paddick</sub>) 1.00'e en yakın değere ise plan 12'deki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır.

Plan kombinasyonları arasında DMLC genişliği açısından HI ve  $CI_{\text{paddick}}$  değerleri karşılaştırıldığında ise; 5 mm DMLC'nin +2 ve +3 mm marjlarında  $CI_{\text{paddick}}$ 'te aynı marjlardaki 3 mm DMLC'ye göre üstünlüğü, HI değerleri açısından ise 3 mm DMLC'nin +3 ve +5 mm PTV marjı kombinasyonunda yani plan 14 ve 15'de, aynı marjlarda 5 mm DMLC genişliğindeki HI değerine göre üstün geldiği görülmüştür. Plan 15'deki DMLC genişliği ve PTV marjının diğer tüm kombinasyonlara göre homojenitede daha üstün sonuç verdiği görülmüştür.

**Çizelge 4.6 Hasta 6'ya ait dozimetrik veri**

Hasta 6	ELEKTA - ERGO++ SBRT			*Dozlar cGy cinsinden verilmiştir										
DMLC Genişliği / PTV'ye verilen Marjlar	Plan No	HI	CI (Paddick)	Esophagus <5cc	Heart/ Pericardium <15cc	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Opposite Lung Avg.	Total Lungs Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Esophagus (max point)	Heart/ Pericardium (max point)	Spinal Cord (max point)
3 mm / 2mm	5	0,19	0,675	301	996	268	23	37	3804	5224	5543	489	1576	271
3 mm / 3mm	6	0,18	0,597	324	1046	291	25	39	3913	5262	5543	489	1630	326
3 mm / 5 mm	7	0,13	0,457	384	1204	316	29	53	4673	5338	5597	597	1793	380
5 mm / 2 mm	9	0,27	0,479	306	964	264	22	36	3206	5106	5489	489	1521	271
5 mm / 3 mm	10	0,19	0,679	338	1086	292	24	45	4510	5254	5543	543	1630	326
5 mm / 5 mm	8	0,14	0,45	394	1213	326	29	57	4365	5308	5543	597	1793	380
PTV Hacmi	Min	0,13	0,45	301	964	264	22	36	3206	5106	5489	489	1521	271
11,9 cc	Max	0,27	0,679	394	1213	326	29	57	4673	5338	5597	597	1793	380
İzodozu	Median	0,185	0,538	331	1066	291,5	24,5	42	4139	5258	5543	516	1630	326
92%	STD	0,05	0,10	36,01	95,42	22,69	2,75	8,04	497,61	73,79	31,18	48,47	102,88	44,50
12 Ark	Mean	0,18	0,56	341,17	1084,83	292,83	25,33	44,50	4078,50	5248,67	5543,00	534,00	1657,17	325,67

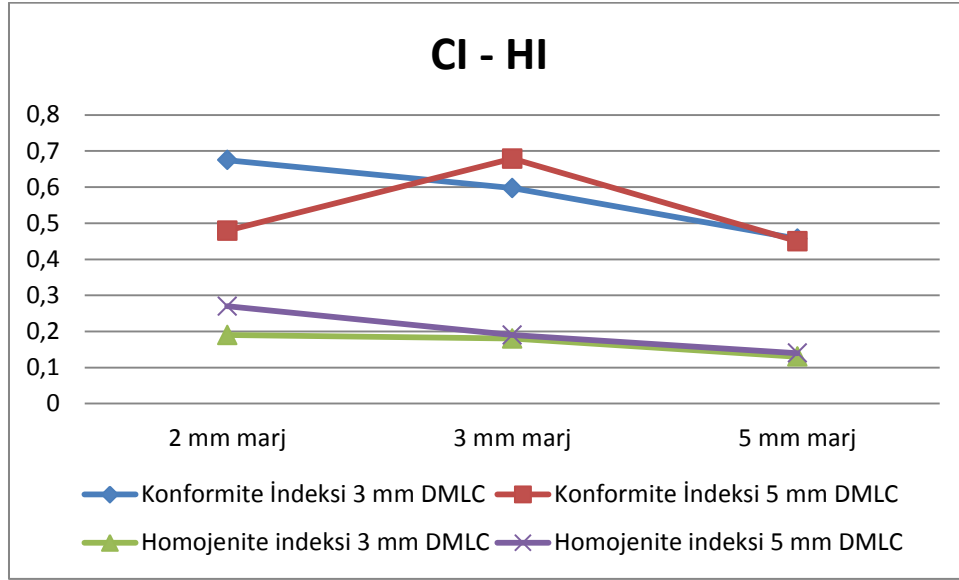
Hasta 6, tedaviye girdiği fraksiyonasyon şemasına göre 50 Gy doz almış olup, yapılan 3 mm ve 5 mm DMLC farklılıkları ve bu iki farklı DMLC genişliği için verilen +2 mm, +3 mm, +5 mm PTV marjlarıyla beraber oluşan planlamalar sonucunda hasta 6'ya ait oluşan dozimetrik veri Çizelge 4.6'de verildiği gibidir.

$PTV_{\text{min}}$ ; maksimum değeri, tanımlanan dozun %93,5'ini, 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjında plan 7'de almıştır. Minimum değerini ise tanımlanan dozun %64,1'iyle, 5 mm DMLC genişliği ve +2 mm PTV marjında yani plan 9'da almıştır.  $PTV_{\text{min}}$  değeri ortalaması ise  $4078,5 \pm 497,61$  cGy'dir.  $PTV_{\text{mean}}$ , medyan değeri tanımlanan dozun %105,2'sidir.

Yapılan planlarda  $GTV_{\text{maks}}$ , en yüksek değeri plan 7'de, 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjında tanımlanan dozun %111,9'uyla aldığı tespit edilmiştir.  $GTV_{\text{maks}}$ , minimum dozu ise plan 9'da almıştır. Diğer tüm planlarda ise sabit tanımlanan dozun %110,9'udur ve bu değer medyan ve ortalama değerle aynıdır.

Hasta 6'ya ait kritik organların dozları; Spinal kord, nokta doz olarak maksimum değerini, tanımlanan dozun %7,6'sını plan 7 ve 8'de; kalp nokta doz olarak maksimum değerini, tanımlanan dozun %35,9'u ile plan 7 ve plan 8'de; özafagus, nokta doz olarak minimum değerini, tanımlanan dozun %11,9'u ile yine aynı planlarda; Tüm akciğer ve sağlıklı akciğer olan karşı akciğer ortalama "mean" doz olarak cGy olarak önemsiz dozlar aldığı görülmüştür. Kalp ortalama <15 cc eşik hacim dozu olarak maksimum değerini, tanımlanan dozun %24,3'üyle, 5 mm DMLC, +5 mm PTV marjı kombinasyonunda, plan 8'de almıştır. Buna göre, çoğunluk kritik organ dozlarının PTV sarımının yüksek olduğu 3 mm ve 5 mm DMLC, +5 mm PTV marjı ve kombinasyonunda yüksek olduğu görülmüştür.

Şekil 4.6 Hasta 6'ya ait Konformite ve Homojenite İndeksleri



Homojenite İndeksi (HI) en düşük değere, plan 7'deki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır. Konformite İndeksi ( $CI_{paddock}$ ) 1.00'e en yakın değere ise plan 10'daki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır.

Plan kombinasyonları arasında DMLC genişliği açısından HI ve  $CI_{paddock}$  değerleri karşılaştırıldığında ise; 3 mm DMLC'nin +2 mm marjdaki kombininin  $CI_{paddock}$ 'te aynı marjdaki 5 mm DMLC'ye göre üstünlüğü grafikte görülmektedir. HI değerlerine bakıldığında ise her iki DMLC genişliğinin de +5 mm marjlarda yakın ve diğer planlara göre üstünlüğü görülmüştür. Plan 5 ve plan 10'daki  $CI_{paddock}$  değerleri diğer planlara göre 1.00'e daha yakın olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.7 Hasta 7'ye ait dozimetrik veri

Hasta 7	ELEKTA - ERGO++ SBRT		*Dozlar cGy cinsinden verilmiştir											
DMLC Genişliği / PTV'ye verilen Marjlar	Plan No	HI	CI (Paddock)	Esophagus <5cc	Heart/ Pericardium <15cc	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Opposite Lung Avg.	Total Lungs Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Esophagus (max point)	Heart/ Pericardium (max point)	Spinal Cord and Medulla (max point)
3 mm / 2mm	6	0,23	0,784	58	288	394	46	249	3586	5184	5489	1358	869	489
3 mm / 3mm	4	0,1	0,604	68	470	424	50	286	4510	5313	5489	1413	978	489
3 mm / 5 mm	7	0,08	0,571	74	597	487	55	333	4945	5360	5489	1521	1086	597
5 mm / 2 mm	8	0,15	0,754	73	426	389	42	260	4076	5181	5434	1304	923	489
5 mm / 3 mm	9	0,13	0,708	78	489	417	44	279	4402	5234	5434	1358	978	489
5 mm / 5 mm	10	0,11	0,486	85	610	482	50	326	4619	5288	5489	1521	1086	597
PTV Hacmi	Min	0,08	0,486	58	288	389	42	249	3586	5181	5434	1304	869	489
5,4 cc	Max	0,23	0,784	85	610	487	55	333	4945	5360	5489	1521	1086	597
İzodozu	Median	0,12	0,656	73,5	479,5	420,5	48	282,5	4456	5261	5489	1385,5	978	489
92%	STD	0,05	0,11	8,36	108,44	38,96	4,34	31,24	430,74	66,19	25,93	82,92	79,36	50,91
12 Ark	Mean	0,13	0,65	72,67	480,00	432,17	47,83	288,83	4356,33	5260,00	5470,67	1412,50	986,67	525,00

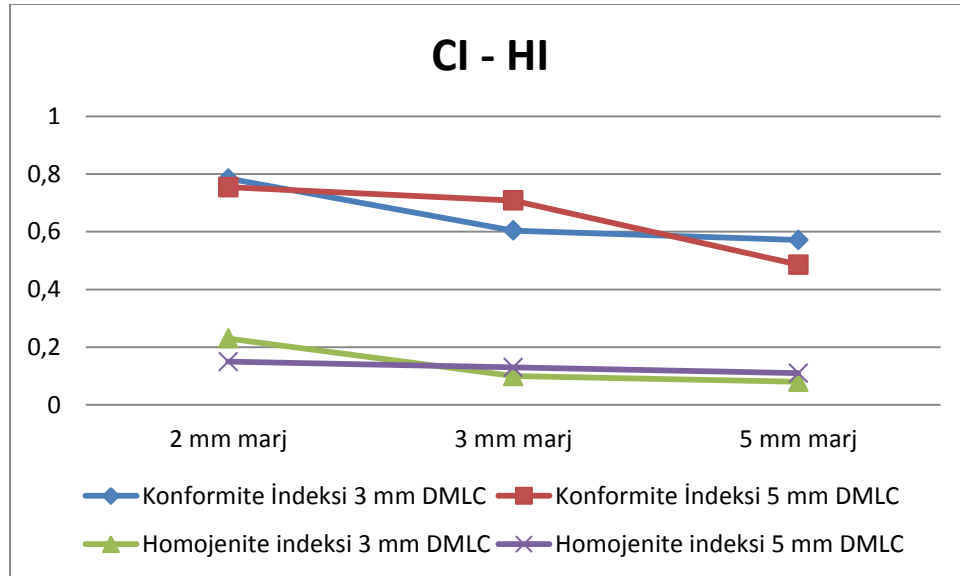
Hasta 7, tedaviye girdiği fraksiyonasyon şemasına göre 50 Gy doz almış olup, yapılan 3 mm ve 5 mm DMLC farklılıkları ve bu iki farklı DMLC genişliği için verilen +2 mm, +3 mm, +5 mm PTV marjlarıyla beraber oluşan planlamalar sonucunda hasta 7'ye ait oluşan dozimetrik veri Çizelge 4.7'de verildiği gibidir.

$PTV_{min}$ ; maksimum değeri, tanımlanan dozun %98,9'unu, 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjında plan 7'de almıştır. Minimum değerini ise tanımlanan dozun %71,7'si ile, 3 mm DMLC genişliği ve +2 mm PTV marjında yani plan 6'da almıştır.  $PTV_{min}$  değeri ortalaması ise  $4356,33 \pm 430,74 \text{ cGy}$ 'dir.  $PTV_{mean}$ , medyan değeri tanımlanan dozun %105,2'sidir. Yapılan planlarda  $GTV_{maks}$ , en düşük değeri plan 8 ve 9'daki DMLC genişliği ve PTV marjı kombinasyonlarında almış olup, diğer tüm planlarda maksimum değeri tanımlanan dozun %109,8'i ile aldığı görülmüştür.

Hasta 7'ye ait kritik organların dozları; Spinal kord, nokta doz olarak maksimum değeri, tanımlanan dozun %11,9'unu plan 7 ve 10'da; kalp nokta doz olarak maksimum değeri, tanımlanan dozun %21,7'si ile plan 7 ve plan 10'da; özafagus, nokta doz olarak maksimum değeri, tanımlanan dozun %30,4'ü ile yine aynı planlarda; Sağlıklı akciğer olan karşı akciğer ortalama "mean" doz olarak cGy olarak önemsiz dozlar aldığı görülmüştür.

Tüm akciğer ortalama "mean" doz olarak, maksimum değeri, tanımlanan dozun %6,7'sini; Özafagus eşik hacim dozunun ise değerlendirme bakımından oldukça düşük cGy değerleri aldığı tespit edilmiştir. Buna göre, çoğunluk kritik organ dozlarının PTV sarımının yüksek olduğu 3 mm ve 5 mm DMLC, +5 mm PTV marjı ve kombinasyonunda yüksek olduğu görülmüştür.

#### Şekil 4.7 Hasta 7'ye ait Konformite ve Homojenite İndeksleri



Homojenite İndeksi (HI) en düşük değere, plan 7'deki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır. Konformite İndeksi ( $CI_{paddick}$ ) 1.00'e en yakın değere ise plan 6'daki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır.

Plan kombinasyonları arasında DMLC genişliği açısından HI ve  $CI_{paddock}$  değerleri karşılaştırıldığında ise; 3 mm DMLC'nin +2 mm marjdaki kombininin  $CI_{paddock}$ 'te aynı marjdaki 5 mm DMLC'ye göre üstünlüğü grafikte görülmektedir. Fakat 5 mm DMLC +3 mm marj'da konformite açısından göre aynı marjdaki 3 mm DMLC'ye göre oldukça fark açılmıştır. HI değerlerine bakıldığında ise 3 mm DMLC yalnızca +2 mm PTV marjında 5 mm DMLC'ye göre homojenite sağlayamamış, diğer planlarda ise üstünlüğü görülmüştür.

#### 4.2.2 PTV <50 Gy Reçetelenen Hastalar

**Çizelge 4.8 Hasta 8'e ait dozimetrik veri**

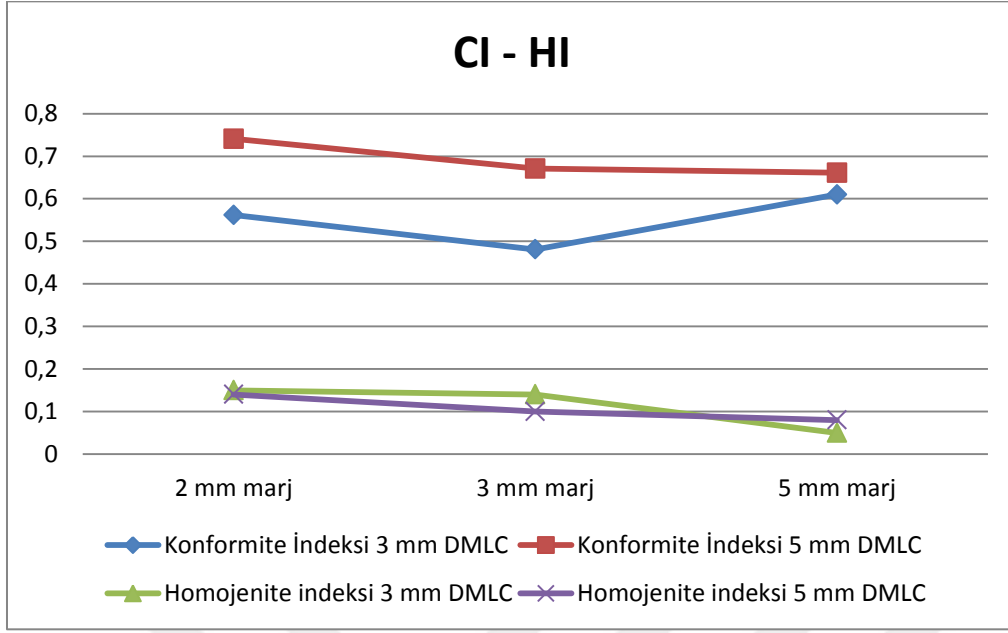
Hasta 8	ELEKTA - ERGO++ SBRT			*Dozlar cGy cinsinden verilmiştir												
DMLC Genişliği / PTV'ye verilen Marjlar	Plan No	HI	CI (Paddock)	Esophagus <5cc	Heart/ Pericardium <15cc	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Opposite Lung Avg.	Total Lungs Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Esophagus (max point)	Heart/ Pericardium (max point)	Spinal Cord and Medulla (max point)		
3 mm / 2mm	6	0,15	0,562	314	21	432	37	37	3319	4064	4255	1191	42	553		
3 mm / 3mm	7	0,14	0,481	332	42	461	38	38	3446	4105	4255	1276	42	595		
3 mm / 5 mm	8	0,05	0,61	577	72	554	46	46	3957	4199	4255	1446	42	723		
5 mm / 2 mm	9	0,14	0,741	428	74	431	36	36	3361	4042	4255	1148	42	553		
5 mm / 3 mm	10	0,1	0,671	457	77	462	38	38	3872	4094	4212	1234	42	595		
5 mm / 5 mm	11	0,08	0,661	553	80	545	44	43	3787	4145	4255	1404	42	680		
PTV Hacmi	Min	0,05	0,481	314	21	431	36	36	3319	4042	4212	1148	42	553		
4 cc	Max	0,15	0,741	577	80	554	46	46	3957	4199	4255	1446	42	723		
İzodozu	Median	0,12	0,6355	442,5	73	461,5	38	38	3616,5	4099,5	4255	1255	42	595		
94%	STD	0,04	0,08	99,53	21,86	50,14	3,76	3,59	255,88	51,88	16,03	108,28	0,00	63,72		
14 Ark	Mean	0,11	0,62	443,50	61,00	480,83	39,83	39,67	3623,67	4108,17	4247,83	1283,17	42,00	616,50		

Hasta 8, tedaviye girdiği fraksiyonasyon şemasına göre 40 Gy doz almış olup, yapılan 3 mm ve 5 mm DMLC farklılıkları ve bu iki farklı DMLC genişliği için verilen +2 mm, +3 mm, +5 mm PTV marjlarıyla beraber oluşan planlamalar sonucunda hasta 8'e ait oluşan dozimetrik veri Çizelge 4.8'de verildiği gibidir.

$PTV_{min}$ ; maksimum değeri, tanımlanan dozun %98,9'unu, 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjında plan 8'de almıştır. Minimum değerini ise, tanımlanan dozun %82,9'u ile, 3 mm DMLC genişliği ve +2 mm PTV marjında yani plan 6'da almıştır.  $PTV_{min}$  değeri ortalaması ise  $3623,67 \pm 255,88 cGy$ 'dir.  $PTV_{mean}$ , medyan değeri tanımlanan dozun %105,5'idir. Yapılan planlarda  $GTV_{maks}$ , en düşük değeri plan 10'da, DMLC genişliği ve PTV marjı kombinasyonlarında almış olup, diğer tüm planlarda maksimum değeri tanımlanan dozun %106,38'i ile aldığı görülmüştür.

Hasta 8'e ait kritik organların dozları; Spinal kord, nokta doz olarak maksimum değeri, tanımlanan dozun %18,07'sini plan 7'de; özafagus nokta doz olarak maksimum değeri, tanımlanan dozun %36,15'i ile plan 8'de; kalp ise nokta doz olarak cGy olarak oldukça düşük değerler almış olup göz ardı edilebilir. Yapılan planlarda tüm akciğer ve sağlıklı akciğer olan karşı akciğer ortalama "mean" doz olarak cGy olarak önemli görülmecek değişimde dozlar aldığı görülmüştür. Özafagus ise eşik hacim dozunun (<5 cc) maksimum aldığı değer, tanımlanan dozun %14,4'ünü plan 8'deki DMLC ve PTV marjı kombinasyonunda almıştır. Buna göre, çoğunluk kritik organ dozlarının PTV sarımının yüksek olduğu 3 mm DMLC, +5 mm PTV marjı ve kombinasyonunda yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 4.8 Hasta 8'e ait Konformite ve Homojenite İndeksleri



Homojenite İndeksi (HI) en düşük değere, plan 8'deki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır. Konformite İndeksi ( $CI_{paddock}$ ) 1.00'e en yakın değere ise plan 9'daki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır.

Plan kombinasyonları arasında DMLC genişliği açısından HI ve  $CI_{paddock}$  değerleri karşılaştırıldığında ise; 5 mm DMLC'nin tüm PTV marjlarındaki kombinasyonlarında  $CI_{paddock}$  için üstünlük göstermiştir.

HI değerlerine bakıldığında ise 5 mm DMLC +2 mm ve +3 mm PTV marjında 3 mm DMLC'ye göre daha iyi homojenite sağlamış olmasına rağmen, +5 mm PTV marjında 3 mm DMLC kombinasyonunda yani plan 8'de diğer planlara göre üstün homojenite indeksine sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.9 Hasta 9'a ait dozimetrik veri

Hasta 9	ELEKTA - ERGO++ SBRT			*Dozlar cGy cinsinden verilmiştir								
DMLC Genişliği / PTV'ye verilen Marjlar	Plan No	HI	CI (Paddock)	Heart/ Pericardium <15cc	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Opposite Lung Avg.	Total Lungs Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Heart/ Pericardium (max point)	Spinal Cord and Medulla (max point)
3 mm / 2mm	4	0,14	0,854	11	195	24	29	2730	3390	3535	35	280
3 mm / 3mm	5	0,11	0,719	13	218	25	30	2905	3422	3535	35	280
3 mm / 5 mm	6	0,07	0,557	35	259	28	34	3220	3463	3570	35	280
5 mm / 2 mm	7	0,17	0,733	40	183	21	27	2555	3303	3500	35	245
5 mm / 3 mm	8	0,14	0,699	49	219	23	30	2730	3368	3535	35	280
5 mm / 5 mm	9	0,08	0,706	57	255	27	34	3080	3422	3535	35	280
<b>PTV Hacmi</b>	<b>Min</b>	0,07	0,557	11	183	21	27	2555	3303	3500	35	245
7,4 cc	<b>Max</b>	0,17	0,854	57	259	28	34	3220	3463	3570	35	280
<b>İzodozu</b>	<b>Median</b>	0,125	0,7125	37,5	218,5	24,5	30	2817,5	3406	3535	35	280
94%	<b>STD</b>	0,04	0,09	17,13	28,08	2,36	2,56	225,92	50,50	20,21	0,00	13,04
13 Ark	<b>Mean</b>	0,12	0,71	34,17	221,50	24,67	30,67	2870,00	3394,67	3535,00	35,00	274,17

Hasta 9, tedaviye girdiği fraksiyonasyon şemasına göre 35 Gy doz almış olup, yapılan 3 mm ve 5 mm DMLC farklılıkları ve bu iki farklı DMLC genişliği için verilen +2 mm, +3 mm, +5 mm PTV marjlarıyla beraber oluşan planlamalar sonucunda hasta 9'a ait oluşan dozimetrik veri Çizelge 4.9'da verildiği gibidir.

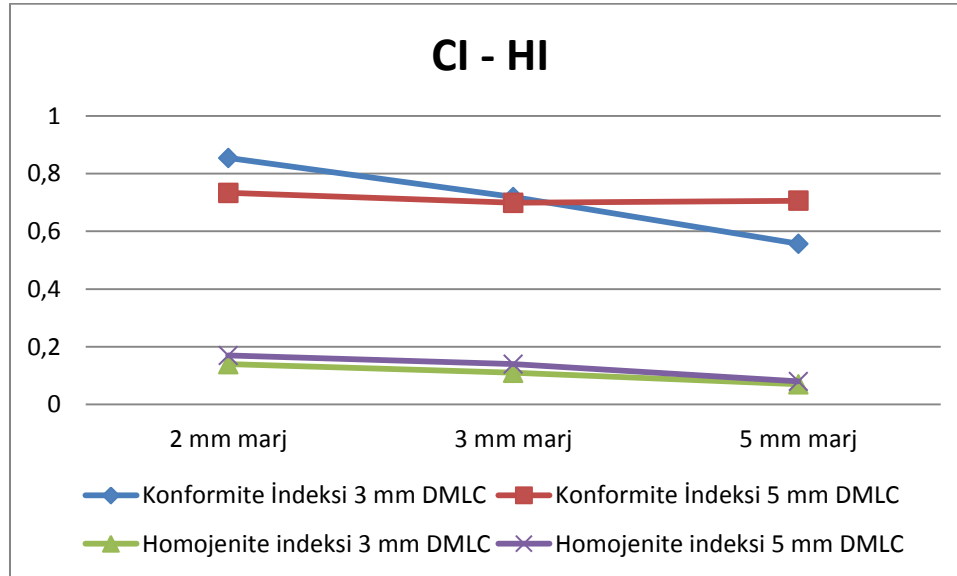
$PTV_{min}$ ; maksimum değeri, tanımlanan dozun %92'sini, 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjında plan 6'da almıştır. Minimum değerini ise, tanımlanan dozun %73'ü ile, 5 mm DMLC genişliği ve +2 mm PTV marjında yani plan 7'de almıştır.  $PTV_{min}$  değeri ortalaması ise  $2870 \pm 225,92$  cGy'dir.  $PTV_{mean}$ , medyan değeri tanımlanan dozun %97,3'üdür.

Yapılan planlarda  $GTV_{maks}$ , en düşük değeri plan 7'deki DMLC genişliği ve PTV marjı kombinasyonlarında almış olup, maksimum değeri ise tanımlanan dozun %102'sinde plan 6'da 3 mm DMLC, +5 mm PTV marjında görülmüştür.

Hasta 9'a ait kritik organların dozları; Spinal kord, nokta doz olarak tüm planlarda tanımlanan dozun %7'sini almıştır. Kalp nokta doz olarak maksimum değeri, tanımlanan dozun %1'i seviyesinde olduğundan ve diğer planlarda cGy olarak bir değişim göstermediğinden ihmal edilebilir seviyededir. Aynı zamanda kalp belirlenen eşik hacim <15 cc dozu olarak cGy olarak oldukça düşük değerler almış olup göz ardı edilebilir olduğu söylenebilir.

Yapılan planlarda tüm akciğer ve sağlıklı akciğer olan karşı akciğer ortalama "mean" doz olarak cGy olarak önemli görülmeyecek değişimde dozlar aldığı görülmüştür. Buna göre, çoğunluk kritik organ dozlarının, PTV ve GTV sarımının yüksek olduğu 3 mm DMLC, +5 mm PTV marjı ve kombinasyonunda yüksek olduğu görülmüştür.

**Şekil 4.9 Hasta 9'a ait Konformite ve Homojenite İndeksleri**



Homojenite İndeksi (HI) en düşük değere, plan 6'daki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır. Konformite İndeksi ( $CI_{paddick}$ ) 1.00'e en yakın değere ise plan 4'deki 3 mm DMLC +2 mm PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır.

Plan kombinasyonları arasında DMLC genişliği açısından HI ve  $CI_{paddock}$  değerleri karşılaştırıldığında ise; 3 mm DMLC +2 mm PTV marjında  $CI_{paddock}$  için diğer planlara üstünlüğü görülmüştür. HI değerlerine bakıldığında ise 3 mm DMLC tüm PTV marjlarında 5 mm DMLC'ye göre daha iyi homojenite sağladığı görülmüştür.

**Çizelge 4.10 Hasta 10'a ait dozimetrik veri**

Hasta 10	ELEKTA - ERGO++ SBRT			*Dozlar cGy cinsinden verilmiştir										
DMLC Genişliği / PTV'ye verilen Marjlar	Plan No	HI	CI (Paddock)	Esophagus <5cc	Heart/ Pericardium <15cc	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Opposite Lung Avg.	Total Lungs Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Esophagus (max point)	Heart/ Pericardium (max point)	Spinal Cord and Medulla (max point)
3 mm / 2mm	7	0,2	0,753	350	67	427	75	215	2494	3602	3797	819	111	484
3 mm / 3mm	6	0,15	0,625	381	69	444	82	228	2680	3636	3797	856	111	521
3 mm / 5 mm	8	0,11	0,59	466	81	491	95	270	3239	3663	3797	930	223	558
5 mm / 2 mm	9	0,21	0,663	373	80	442	78	225	2457	3575	3760	819	148	484
5 mm / 3 mm	10	0,19	0,713	410	90	460	84	240	2531	3601	3760	856	186	521
5 mm / 5 mm	11	0,1	0,542	506	122	508	102	293	3239	3662	3797	968	446	595
PTV Hacmi	Min	0,1	0,542	350	67	427	75	215	2457	3575	3760	819	111	484
22,9 cc	Max	0,21	0,753	506	122	508	102	293	3239	3663	3797	968	446	595
İzodozu	Median	0,17	0,644	395,5	80,5	452	83	234	2605,5	3619	3797	856	167	521
94%	STD	0,04	0,07	54,85	18,32	28,61	9,50	27,52	336,46	32,96	17,44	55,78	115,24	39,49
12 Ark	Mean	0,16	0,65	414,33	84,83	462,00	86,00	245,17	2773,33	3623,17	3784,67	874,67	204,17	527,17

Hasta 10, tedaviye girdiği fraksiyonasyon şemasına göre 35 Gy doz almış olup, yapılan 3 mm ve 5 mm DMLC farklılıkları ve bu iki farklı DMLC genişliği için verilen +2 mm, +3 mm, +5 mm PTV marjlarıyla beraber oluşan planlamalar sonucunda hasta 10'a ait oluşan dozimetrik veri Çizelge 4.10'da verildiği gibidir.

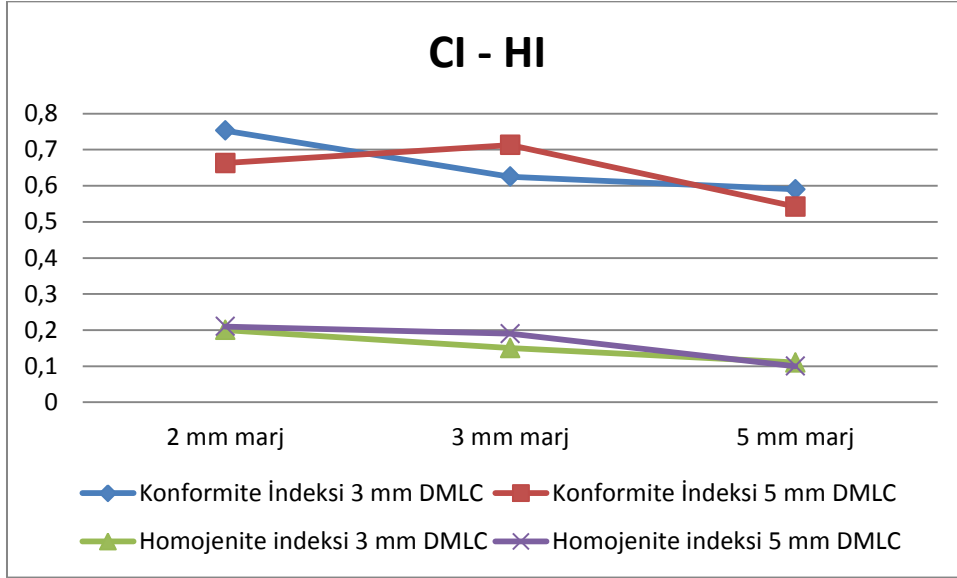
$PTV_{min}$ ; maksimum değeri, tanımlanan dozun %92,5'ini, çalışmada kullanılan her iki DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjında plan 8 ve 11'de almıştır. Minimum değerini ise, tanımlanan dozun %70,2'si ile, 5 mm DMLC genişliği ve +2 mm PTV marjında yani plan 9'da almıştır.  $PTV_{min}$  değeri ortalaması ise 2773,33±336,46 cGy'dir.  $PTV_{mean}$ , medyan değeri tanımlanan dozun %103,4'üdür.

Yapılan planlarda  $GTV_{maks}$ , en düşük değeri plan 9 ve 10'daki DMLC genişliği ve PTV marjı kombinasyonlarında almış olup, diğer tüm planlarda ise maksimum değeri tanımlanan dozun %108,5'i olduğu görülmüştür.

Hasta 10'a ait kritik organların dozları; Spinal kord, nokta doz olarak plan 11'de tanımlanan dozun %17'sini almıştır. Kalp nokta doz olarak maksimum değeri, tanımlanan dozun %12,7'si seviyesinde olup, eşik hacim (<15 cc) dozu ihmal edilebilir olmakla beraber iki maksimum değeri de plan 11'de 5 mm DMLC ve +5 mm PTV marjında almıştır. Özafagus, nokta doz olarak maksimum değeri, tanımlanan dozun %27,7'si ile, eşik hacim <5cc dozu maksimum değeri, tanımlanan dozun %14,4'si ile plan 11'deki DMLC genişliği ve PTV marjı kombinasyonunda almıştır. Spinal kord eşik hacim dozunun (<1,2cc) en yüksek değere ulaştığı nokta ise tanımlanan dozun %14,5'si ile yine plan 11'deki DMLC genişliği ve PTV marjı kombasyonudur. Yapılan planlarda sağlıklı akciğer olan karşı akciğer ortalama "mean" doz olarak cGy olarak önemli görülmeyecek değişimde dozlar aldığı görülmüştür.

Tüm akciğer ise ortalama “mean” doz olarak maksimum değeri tanımlanan dozun %8,4’ünü yine plan 11’de almıştır. Buna göre, çoğunluk kritik organ dozlarının, PTV ve GTV sarımının yüksek olduğu 5 mm DMLC, +5 mm PTV marjı kombininde, yani plan 11’de yüksek olduğu görülmüştür.

**Şekil 4.10 Hasta 10’a ait Konformite ve Homojenite İndeksleri**



Homojenite İndeksi (HI) en düşük değere, plan 8 ve plan 11’deki DMLC-PTV marjı kombinasyonlarında ulaşılmıştır. Konformite İndeksi ( $CI_{\text{paddick}}$ ) 1.00’e en yakın değere ise plan 7’deki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır.

Plan kombinasyonları arasında DMLC genişliği açısından HI ve  $CI_{\text{paddick}}$  değerleri karşılaştırıldığında ise;  $CI_{\text{paddick}}$  için 5 mm DMLC’nin yalnızca +3 mm PTV marjında 3 mm DMLC’ye üstünlük gösterebildiği açıktır. HI değerlerine bakıldığında ise 3 mm DMLC ile 5 mm DMLC’den daha iyi değerler elde edilmiştir.

**Çizelge 4.11 Hasta 11’e ait dozimetrik veri**

Hasta 11	ELEKTA - ERGO++ SBRT *Dozlar cGy cinsinden verilmiştir													
DMLC Genişliği / PTV’ye verilen Marjlar	Plan No	HI	CI (Paddick)	Esophagus <5cc	Trachea& Large Bronchus <4cc	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Total Lungs Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Esophagus (max point)	Trachea& Large Bronchus (max point)	Spinal Cord and Medulla (max point)	
3 mm / 2mm	8	0,19	0,39	380	1682	488	92	2714	3437	3607	3392	3500	571	
3 mm / 3mm	9	0,11	0,514	761	1838	512	101	2892	3488	3607	3392	3500	607	
3 mm / 5 mm	10	0,08	0,441	1535	2088	563	117	3178	3516	3642	3428	3535	642	
5 mm / 2 mm	12	0,27	0,276	308	1613	487	87	2142	3354	3607	3321	3464	571	
5 mm / 3 mm	13	0,11	0,405	1273	1861	524	111	2892	3477	3607	3392	3500	607	
5 mm / 5 mm	11	0,09	0,462	1553	2105	573	123	3107	3506	3642	3392	3500	678	
PTV Hacmi	Min	0,08	0,276	308	1613	487	87	2142	3354	3607	3321	3464	571	
18 cc	Max	0,27	0,514	1553	2105	573	123	3178	3516	3642	3428	3535	678	
İzodozu	Median	0,11	0,423	1017	1849,5	518	106	2892	3482,5	3607	3392	3500	607	
98%	STD	0,07	0,07	513,31	184,87	33,49	12,99	339,56	54,83	16,50	31,97	20,50	38,00	
13 Ark	Mean	0,14	0,41	968,33	1864,50	524,50	105,17	2820,83	3463,00	3618,67	3386,17	3499,83	612,67	

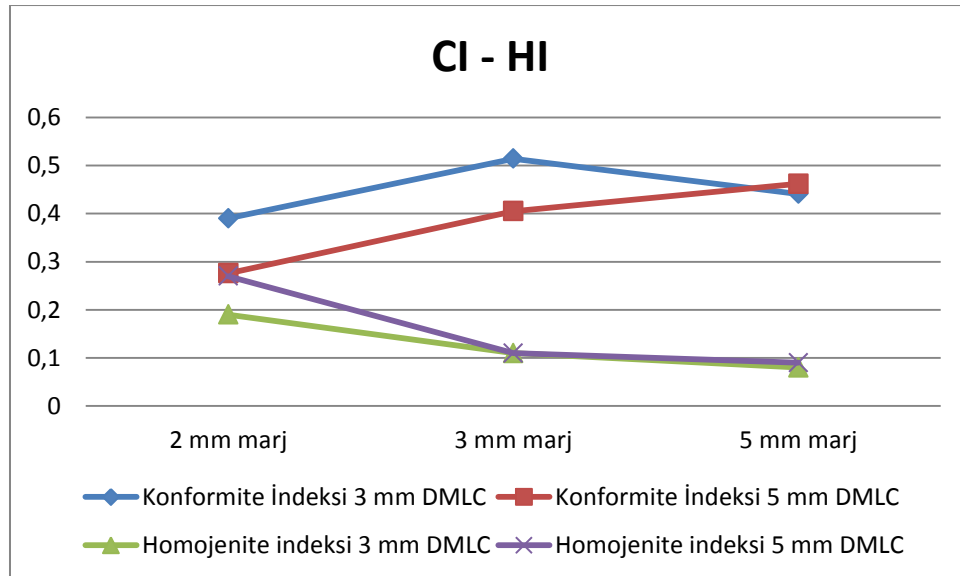
Hasta 11, tedaviye girdiği fraksiyonasyon şemasına göre 35 Gy doz almış olup, yapılan 3 mm ve 5 mm DMLC farklılıkları ve bu iki farklı DMLC genişliği için verilen +2 mm, +3 mm, +5 mm PTV marjlarıyla beraber oluşan planlamalar sonucunda hasta 11'e ait oluşan dozimetrik veri Çizelge 4.11'de verildiği gibidir.

$PTV_{min}$ ; maksimum değeri, tanımlanan dozun %90,8'ini, 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjında plan 10'da almıştır. Minimum değerini ise, tanımlanan dozun %61,2'si ile, 5 mm DMLC genişliği ve +2 mm PTV marjında yani plan 12'de almıştır.  $PTV_{min}$  değeri ortalaması ise  $2820,83 \pm 339,56$  cGy'dir.  $PTV_{mean}$ , medyan değeri tanımlanan dozun %99,5'idir.

Yapılan planlarda  $GTV_{maks}$ , en yüksek değeri tanımlanan dozun %104'ü ile plan 10 ve 11'deki DMLC genişliği ve PTV marjı kombinasyonlarında almış olup, diğer tüm planlarda ise değeri aynıdır ve tanımlanan dozun %103'ü olduğu gözlemlenmiştir.

Hasta 11'e ait kritik organların dozları; Spinal kord, nokta doz olarak maksimum değerini plan 11'de tanımlanan dozun %19,4'ünü almıştır. Özafagus, nokta doz olarak maksimum değeri, tanımlanan dozun %97,9'u seviyesinde olup, eşik hacim (<15 cc) dozu maksimum değeri tanımlanan dozun %44,3'üdür ve her iki yüksek değeri sırasıyla plan 10 ve plan 11'de her iki DMLC genişliğinin ve +5 mm PTV marjında almıştır. Trakea ve büyük bronşlar, nokta doz olarak maksimum değeri, tanımlanan dozun %101'i ile, eşik hacim <4cc dozu maksimum değeri, tanımlanan dozun %60,14'ü ile sırasıyla plan 10 ve 11'deki DMLC genişliği ve PTV marjı kombinasyonlarında almıştır. Yapılan planlarda, tüm akciğer ise ortalama "mean" doz olarak maksimum değeri tanımlanan dozun %3,5'i gibi diğer kritiklere göre küçük bir değeri yine plan 11'de almıştır. Buna göre, çoğunluk kritik organ dozlarının, PTV ve GTV sarımının yüksek olduğu 3 mm ve 5 mm DMLC, +5 mm PTV marjı kombininde, yani plan 10 ve plan 11'de yüksek olduğu görülmüştür.

**Şekil 4.11 Hasta 11'e ait Konformite ve Homojenite İndeksleri**



Homojenite İndeksi (HI) en düşük değere, her iki DMLC genişliği için +5 mm PTV marjına sahip olan, plan 10 ve plan 11’de ulaşılmıştır. Bu planlardaki değerlere bakarak her iki DMLC genişliğinin +2 mm PTV marjlarında HI değerleri yüksek çıkmıştır. Konformite İndeksi ( $CI_{paddick}$ ) 1.00’e en yakın değere ise plan 9’daki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır. Plan kombinasyonları arasında DMLC genişliği açısından HI ve  $CI_{paddick}$  değerleri kıyaslandığında ise;  $CI_{paddick}$  için 5 mm DMLC’nin +2 mm ve +3 mm PTV marjında 3 mm DMLC’ye üstünlük gösterebildiği gözlemlenmiştir. HI değerlerine bakıldığında ise 3 mm DMLC, 5 mm DMLC’den daha iyi homojenite indeksi değeri vermiştir.

**Çizelge 4.12 Hasta 12’ye ait dozimetrik veri**

Hasta 12	ELEKTA - ERGO++ SBRT			*Dozlar cGy cinsinden verilmiştir									
DMLC Genişliği / PTV’ye verilen Marjlar	Plan No	HI	CI (Paddick)	Esophagus <5cc	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Opposite Lung Avg.	Total Lungs Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Esophagus (max point)	Spinal Cord and Medulla (max point)	
3 mm / 2mm	5	0,24	0,442	1786	542	58	58	2385	3231	3595	3284	656	
3 mm / 3mm	4	0,19	0,355	1959	570	65	64	2593	3356	3630	3284	691	
3 mm / 5 mm	6	0,17	0,33	2316	632	70	70	2904	3382	3630	3319	795	
5 mm / 2 mm	7	0,27	0,338	1740	547	58	58	2247	3390	3595	3250	656	
5 mm / 3 mm	8	0,21	0,361	2005	600	63	64	2454	3336	3630	3284	726	
5 mm / 5 mm	9	0,19	0,301	2385	669	73	72	2800	3381	3630	3319	829	
<b>PTV Hacmi</b>	<b>Min</b>	0,17	0,301	1740	542	58	58	2247	3231	3595	3250	656	
32,9 cc	<b>Max</b>	0,27	0,442	2385	669	73	72	2904	3390	3630	3319	829	
<b>İzodozu</b>	<b>Median</b>	0,2	0,3465	1982	585	64	64	2523,5	3368,5	3630	3284	708,5	
94%	<b>STD</b>	0,03	0,04	243,96	45,81	5,62	5,34	229,77	54,59	16,50	23,77	66,32	
12 Ark	<b>Mean</b>	0,21	0,35	2031,83	593,33	64,50	64,33	2563,83	3346,00	3618,33	3290,00	725,50	

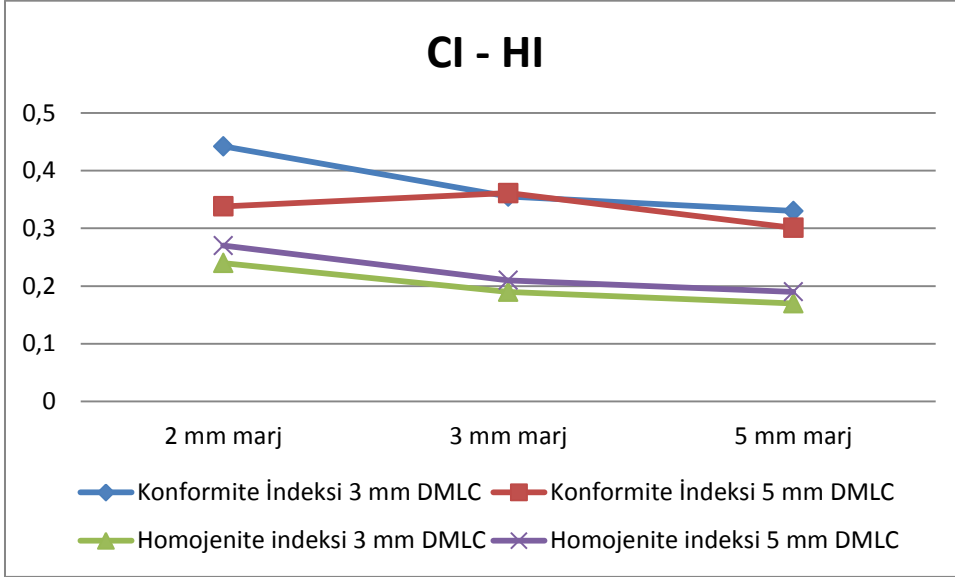
Hasta 12, tedaviye girdiği fraksiyonasyon şemasına göre 32,5 Gy doz almış olup, yapılan 3 mm ve 5 mm DMLC farklılıkları ve bu iki farklı DMLC genişliği için verilen +2 mm, +3 mm, +5 mm PTV marjlarıyla beraber oluşan planlamalar sonucunda hasta 12’ye ait oluşan dozimetrik veri Çizelge 4.12’de verildiği gibidir.

$PTV_{min}$ ; maksimum değeri, tanımlanan dozun %89,3’ünü, 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjında plan 6’da almıştır. Minimum değerini ise, tanımlanan dozun %69,1’i ile, 5 mm DMLC genişliği ve +2 mm PTV marjında yani plan 7’de almıştır.  $PTV_{min}$  değeri ortalaması ise  $2563,83 \pm 229,77$  cGy’dir.  $PTV_{mean}$ , medyan değeri tanımlanan dozun %103,6’sıdır. Yapılan planlarda  $GTV_{maks}$ , en yüksek değeri tanımlanan dozun %111,7’si ile +2 mm PTV marjı ve iki DMLC genişliği hariç tüm planlarda aldığı gözlemlenmiştir. +2 mm PTV marjı ve iki ayrı DMLC genişliğinde ise minimum değerleri aynı olup, tanımlanan dozun %110,6’sıdır.

Hasta 12’ye ait kritik organların dozları; Spinal kord, nokta doz olarak maksimum değerini plan 9’da tanımlanan dozun %25,5’iyle almıştır. Plan 6 ve plan 8’de ise nokta doz değeri tanımlanan dozun sırasıyla %24,4 ve %22,3’üdür. Özafagus, nokta doz olarak maksimum değeri, tanımlanan dozun %102,1’i seviyesinde olup, eşik hacim (<15 cc) dozu maksimum değeri tanımlanan dozun %73,4’üdür ve her iki yüksek değeri sırasıyla plan 6 ve plan 9’da her iki DMLC genişliğinin ve +5 mm PTV marjında almıştır.

Yapılan planlarda, tüm akciğer ve sağlıklı karşı akciğer ise ortalama “mean” doz olarak cGy olarak oldukça küçüktür ve planlar arası sapmaları ihmal edilebilir düzeydedir. Buna göre, çoğunluk kritik organ dozlarının, PTV ve GTV sarımının yüksek olduğu 3 mm ve 5 mm DMLC, +5 mm PTV marjı kombinasyonunda, yani plan 6 ve plan 9’da yüksek olduğu görülmüştür.

**Şekil 4.12 Hasta 12’ye ait Konformite ve Homojenite İndeksleri**



Homojenite İndeksi (HI) en düşük değere, 3 mm DMLC genişliği için +5 mm PTV marjına sahip olan, plan 6’da ulaşılmıştır. Konformite İndeksi ( $CI_{paddock}$ ) 1.00’e en yakın değere ise 3 mm DMLC +2 mm PTV marjı kombinasyonunda, plan 5’de ulaşılmıştır.

Plan kombinasyonları arasında DMLC genişliği açısından HI ve  $CI_{paddock}$  değerleri karşılaştırıldığında ise;  $CI_{paddock}$  için 3 mm DMLC’nin +2 mm ve +5 mm PTV marjında 5 mm DMLC’ye üstünlük sağladığı gözlemlenmiştir. HI değerlerine bakıldığında ise 3 mm DMLC, 5 mm DMLC’den tüm PTV marjlarında daha iyi homojenite indeksi değeri vermiştir.

**Çizelge 4.13 Hasta 13’e ait dozimetrik veri**

Hasta 13	ELEKTA - ERGO++ SBRT			*Dozlar cGy cinsinden verilmiştir								
DMLC Genişliği / PTV’ye verilen Marjlar	Plan No	HI	CI (Paddock)	Esophagus <5cc	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Opposite Lung Avg.	Total Lungs Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Esophagus (max point)	Spinal Cord and Medulla (max point)
3 mm / 2mm	10	0,16	0,702	63	451	31	116	2210	3060	3189	1168	663
3 mm / 3mm	9	0,13	0,676	63	488	33	126	2526	3091	3221	1231	757
3 mm / 5 mm	11	0,09	0,586	157	586	38	144	2810	3124	3221	1294	915
5 mm / 2 mm	12	0,2	0,607	63	438	29	117	2084	3010	3189	1168	631
5 mm / 3 mm	13	0,17	0,547	94	499	32	125	2368	3066	3221	1231	757
5 mm / 5 mm	14	0,11	0,556	157	600	38	149	2684	3108	3221	1326	915
PTV Hacmi	Min	0,09	0,547	63	438	29	116	2084	3010	3189	1168	631
16,5 cc	Max	0,2	0,702	157	600	38	149	2810	3124	3221	1326	915
İzodozu	Median	0,145	0,5965	78,5	493,5	32,5	125,5	2447	3078,5	3221	1231	757
95%	STD	0,04	0,06	42,11	62,11	3,40	12,66	254,41	37,11	15,08	58,82	110,38
14 Ark	Mean	0,14	0,61	99,50	510,33	33,50	129,50	2447,00	3076,50	3210,33	1236,33	773,00

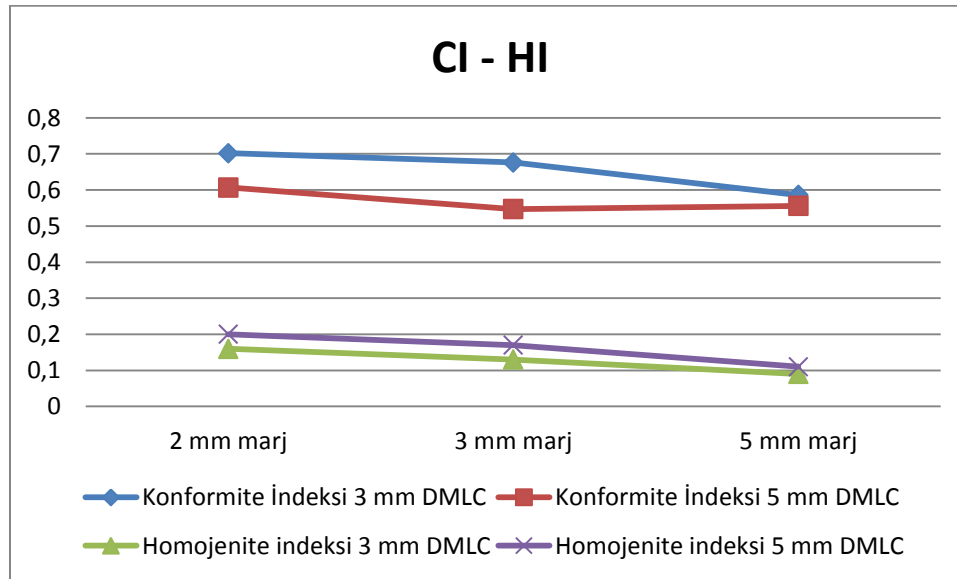
Hasta 13, tedaviye girdiği fraksiyonasyon şemasına göre 30 Gy doz almış olup, yapılan 3 mm ve 5 mm DMLC farklılıkları ve bu iki farklı DMLC genişliği için verilen +2 mm, +3 mm, +5 mm PTV marjlarıyla beraber oluşan planlamalar sonucunda hasta 13'e ait oluşan dozimetrik veri Çizelge 4.13'te verildiği gibidir.

$PTV_{min}$ ; maksimum değeri, tanımlanan dozun %93,7'sini, çalışmada kullanılan 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjında plan 11'de almıştır. Minimum değerini ise, tanımlanan dozun %69,5'i ile, 5 mm DMLC genişliği ve +2 mm PTV marjında yani plan 12'de almıştır.  $PTV_{min}$  değeri ortalaması ise  $2447,00 \pm 254,41$  cGy'dir.  $PTV_{mean}$ , medyan değeri tanımlanan dozun %102,6'sıdır.

Yapılan planlarda  $GTV_{maks}$ , en düşük değeri plan 10 ve 12'deki DMLC genişliği ve PTV marjı kombinasyonlarında almış olup, diğer tüm planlarda ise maksimum değeri tanımlanan dozun %107,3'ü olduğu görülmüştür.

Hasta 13'e ait kritik organların dozları; Spinal kord, nokta doz olarak her iki DMLC'nin +5 mm PTV marjında yani plan 11 ve plan 14'te tanımlanan dozun %30,5'ini almıştır. Özafagus nokta doz olarak maksimum değeri, tanımlanan dozun %44,2'si seviyesinde olup, eşik hacim (<5 cc) dozu ihmal edilebilir olmakla beraber iki maksimum değeri de plan 11 ve 14'te +5 mm PTV marjındaki DMLC kombinasyonlarında almıştır. Yapılan planlarda sağlıklı akciğer olan karşı akciğer ortalama "mean" doz olarak cGy olarak önemli görülmeyecek değişimde dozlar aldığı görülmüştür. Tüm akciğer ise ortalama "mean" doz olarak maksimum değeri tanımlanan dozun %5'ini plan 14'te almıştır. Buna göre, çoğunluk kritik organ dozlarının, PTV ve GTV sarımının yüksek olduğu her iki DMLC genişliğindeki +5 mm PTV marjı kombininde, yani plan 11 ve plan 14'te yüksek olduğu görülmüştür.

**Şekil 4.13 Hasta 13'e ait Konformite ve Homojenite İndeksleri**



Homojenite İndeksi (HI) en düşük değere, plan 11'deki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır. Konformite İndeksi ( $CI_{paddick}$ ) 1.00'e en yakın değere ise plan 10'daki DMLC-PTV marjı kombinasyonunda ulaşılmıştır.

Plan kombinasyonları arasında DMLC genişliği açısından HI ve  $CI_{paddick}$  değerleri karşılaştırıldığında ise;  $CI_{paddick}$  için 3 mm DMLC'nin tüm PTV marjlarında, 5 mm DMLC'ye üstünlük gösterebildiği açıktır. HI değerlerine bakıldığında ise yine 3 mm DMLC ile 5 mm DMLC'den daha iyi değerler elde edilmiştir.

### 4.3. Aynı Fraksiyonyona Sahip Hastaların Karşılaştırılması

#### 4.3.1 DMLC Genişliği ve Marjların İstatistiksel İncelemesi

Aynı fraksiyonyon şemasına sahip hastaların (n=7) dozimetrik verisi üzerinde karşılaştırmalı veri analizi yapılmıştır. Buna göre;  $PTV_{min}$ ,  $PTV_{mean}$ ,  $GTV_{maks}$ , hastalara ait ortak kritik organ dozları, Homojenite indeksi (HI) ve Konformite İndeksi ( $CI_{paddick}$ ) dozimetrik bulguları, karşılaştırabilmek açısından PTV marjları sabit tutularak ve yalnızca DMLC genişlikleri değiştirilerek ikişerli gruplar halinde, toplam 3 grupta istatistiksel olarak incelenmiş ve anlamlılık sonuçlarına göre (p<0,05) değerlendirilmiştir.

##### 4.3.1.1. +2 mm PTV marjında DMLC farkı

Çizelge 4.14 3 mm DMLC ve +2 mm PTV marjı

1000cGy/5 Fx	ELEKTA - ERGO++ SBRT			*Dozlar cGy cinsinden verilmiştir						
Hasta -Plan No	HI	CI (Paddick)	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Total Lungs Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Spinal Cord and Medulla (max point)	PTV (cc)	GTV (cc)
1. - 7	0,16	0,703	413	252	3723	5098	5319	478	11,9	3,6
2. - 6	0,19	0,692	303	250	3336	5113	5319	372	7,4	2,9
3.- 7	0,2	0,688	161	524	3804	5173	5597	163	29,6	18,5
4. - 7	0,22	0,829	347	253	3817	5151	5430	376	11,3	2,6
5. - 8	0,25	0,522	132	270	3457	5014	5372	159	4	1,4
6. - 5	0,19	0,675	268	37	3804	5224	5543	271	11,9	5,1
7. - 6	0,23	0,784	394	249	3586	5184	5489	489	5,4	2,1
Min	0,16	0,522	132	37	3336	5014	5319	159	4	1,4
Max	0,25	0,829	413	524	3817	5224	5597	489	29,6	18,5
Median	0,2	0,69	303,00	252,00	3723,00	5151,00	5430,00	372,00	11,30	2,90
STD	0,03	0,09	101,02	130,84	177,49	63,80	101,17	126,31	7,91	5,55
Mean	0,21	0,70	288,29	262,14	3646,71	5136,71	5438,43	329,71	11,64	5,17

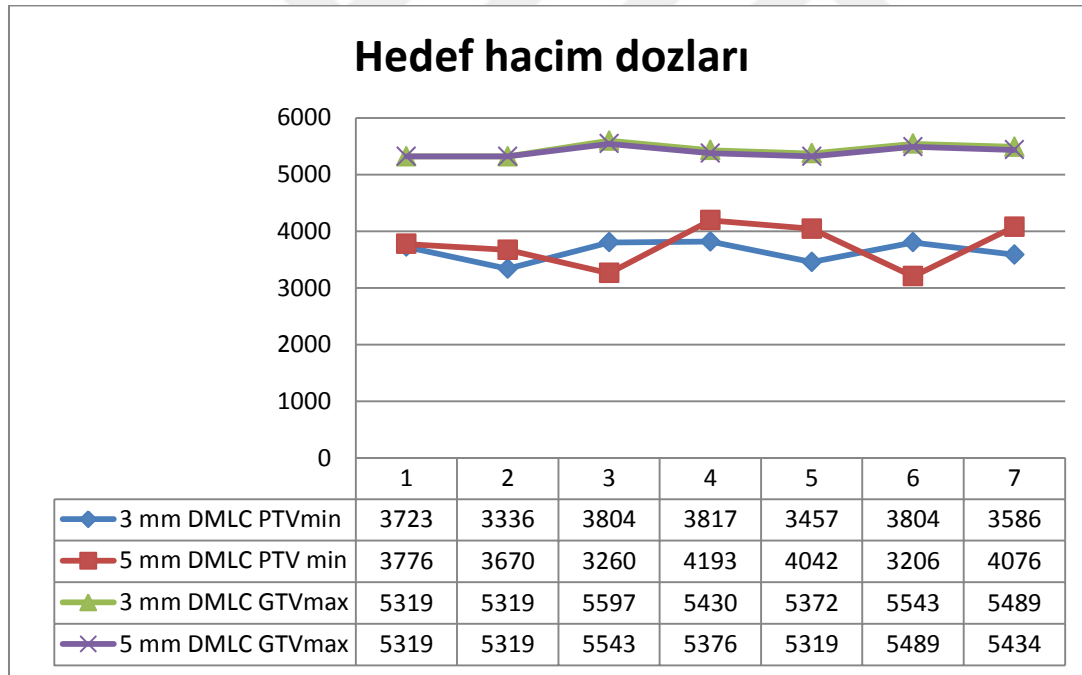
Yapılan istatistiksel çalışmada tedavisi değerlendirilen hastaların (n=7) 3 mm DMLC ve +2 mm PTV marjı verildiğinde oluşan dozimetrik bulguları ve tanımlayıcı istatistiksel metod verisi (standart sapma, medyan, minimum-maksimum değer) Çizelge 4.14'te gösterildiği gibidir.

**Çizelge 4.15 5 mm DMLC ve +2 mm PTV marjı**

1000cGy/5 Fx		ELEKTA - ERGO++ SBRT			*Dozlar cGy cinsinden verilmiştir						
Hasta -Plan No	HI	CI (Paddick)	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Total Lungs Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Spinal Cord and Medulla (max point)	PTV (cc)	GTV (cc)	
1. - 10	0,15	0,625	411	268	3776	5082	5319	478	11,9	3,6	
2. - 8	0,23	0,593	296	238	3670	4997	5319	372	7,4	2,9	
3.- 10	0,29	0,518	153	520	3260	5050	5543	163	29,6	18,5	
4. - 8	0,16	0,707	346	265	4193	5128	5376	376	11,3	2,6	
5. - 16	0,17	0,586	134	293	4042	5032	5319	159	4	1,4	
6. - 9	0,27	0,479	264	36	3206	5106	5489	271	11,9	5,1	
7. - 8	0,15	0,754	389	260	4076	5181	5434	489	5,4	2,1	
Min	0,15	0,479	134	36	3206	4997	5319	159	4	1,4	
Max	0,29	0,754	411	520	4193	5181	5543	489	29,6	18,5	
Median	0,17	0,59	296,00	265,00	3776,00	5082,00	5376	372,00	11,30	2,90	
STD	0,06	0,09	100,85	130,34	364,65	57,62	84,33	126,31	7,91	5,55	
Mean	0,20	0,61	284,71	268,57	3746,14	5082,29	5399,86	329,71	11,64	5,17	

Yapılan istatistiksel çalışmada tedavisi değerlendirilen hastaların (n=7) 5 mm DMLC ve +2 mm PTV marjı verildiğinde oluşan dozimetrik bulguları ve tanımlayıcı istatistiksel metod verisi (standart sapma, medyan, minimum-maksimum değer) Çizelge 4.15'te gösterildiği gibidir.

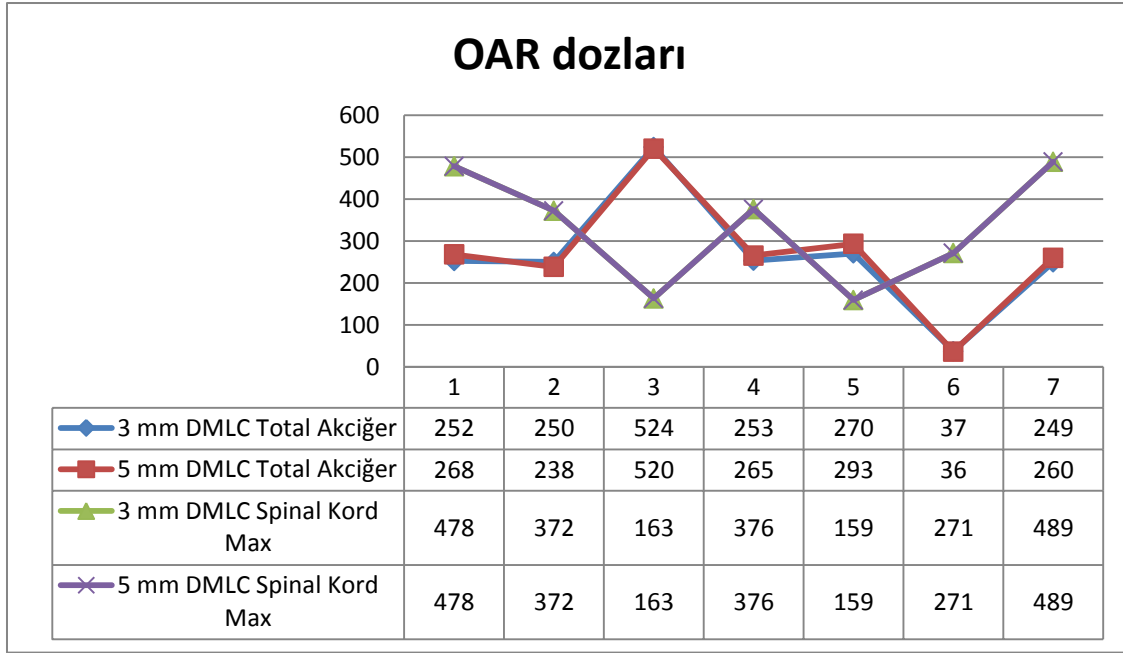
**Şekil 4.14 Seçilen planlarda hedef hacim dozları**



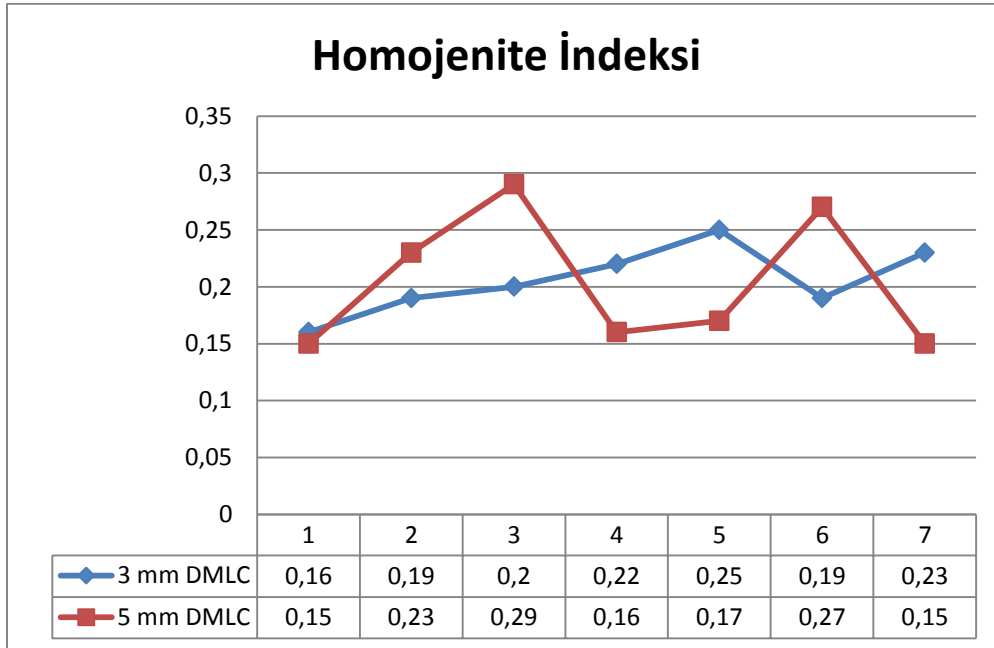
Seçilen hastaların (n=7) hedef hacim dozları Şekil 4.14'te gösterildiği gibidir. Verilen +2 mm PTV marjı sabit tutularak 3 mm ve 5 mm DMLC ile planlamalar yapılmış ve aynı fraksiyonasyona sahip hastalarda  $PTV_{min}$  dozları arasında "t test" uygulanmıştır. İki farklı DMLC için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p \geq 0,05$ ).  $GTV_{maks}$  dozları arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p \geq 0,05$ ).

Seçilen hastaların (n=7) kritik organ (OAR) dozları Şekil 4.15'te gösterildiği gibidir. Verilen +2 mm PTV marjı sabit tutularak 3 mm ve 5 mm DMLC ile planlamalar yapılmış ve aynı fraksiyonasyona sahip hastalarda Spinal Kord maksimum nokta dozları arasında "t test" uygulanmıştır. İki farklı DMLC için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p \geq 0,05$ ). Test uygulanan tüm akciğer ortalama dozları arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p \geq 0,05$ ).

Şekil 4.15 Seçilen planlarda OAR dozları



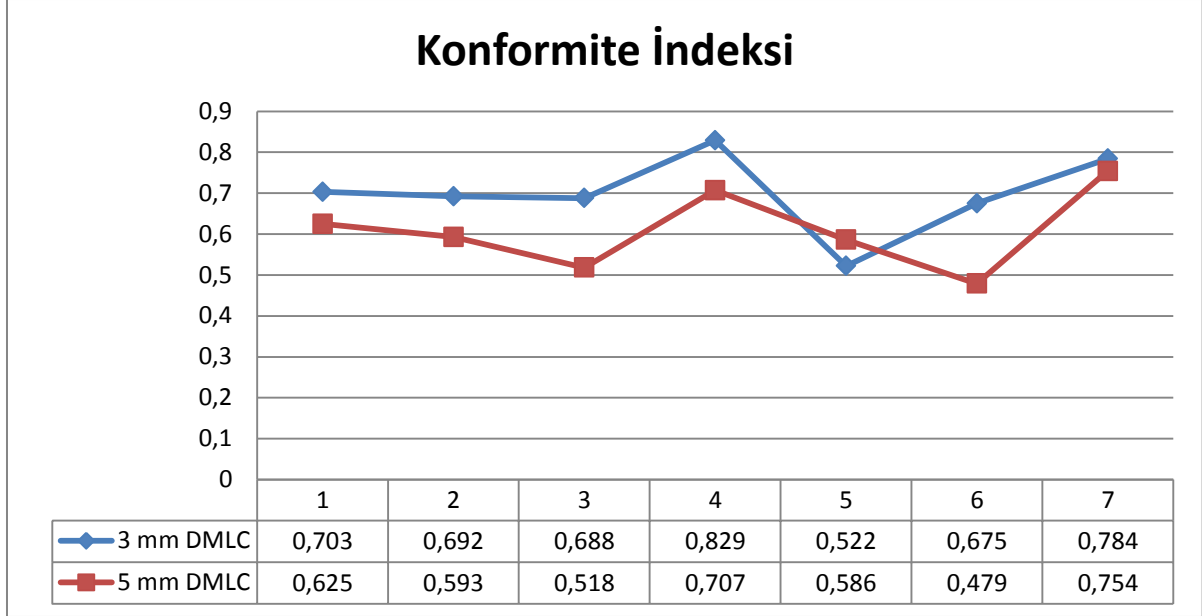
Şekil 4.16 Seçilen planlarda HI değerleri



Seçilen hastaların (n=7) homojenite indeksleri (HI) Şekil 4.16'da gösterildiği gibidir. Verilen +2 mm PTV marjı sabit tutularak 3 mm ve 5 mm DMLC ile planlamalar yapılmış ve aynı fraksiyonasyona sahip hastalarda HI değerleri arasında "t test" uygulanmıştır.

İki farklı DMLC için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p \geq 0,05$ ). Test uygulanan ve Şekil 4.17’de grafiği verilen konformite indeksi ( $CI_{paddick}$ ) değerleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p \geq 0,05$ ).

Şekil 4.17 Seçilen planlarda  $CI_{paddick}$  değerleri



#### 4.3.1.2. +3 mm PTV marjında DMLC farkı

Yapılan istatistiksel çalışmada tedavisi değerlendirilen hastaların (n=7) 3 mm DMLC ve +3 mm PTV marjı verildiğinde oluşan dozimetrik bulguları ve tanımlayıcı istatistiksel metod verisi (standart sapma, medyan, minimum-maksimum değer) Çizelge 4.16’da gösterildiği gibidir.

Çizelge 4.16 3 mm DMLC ve +3 mm PTV marjı

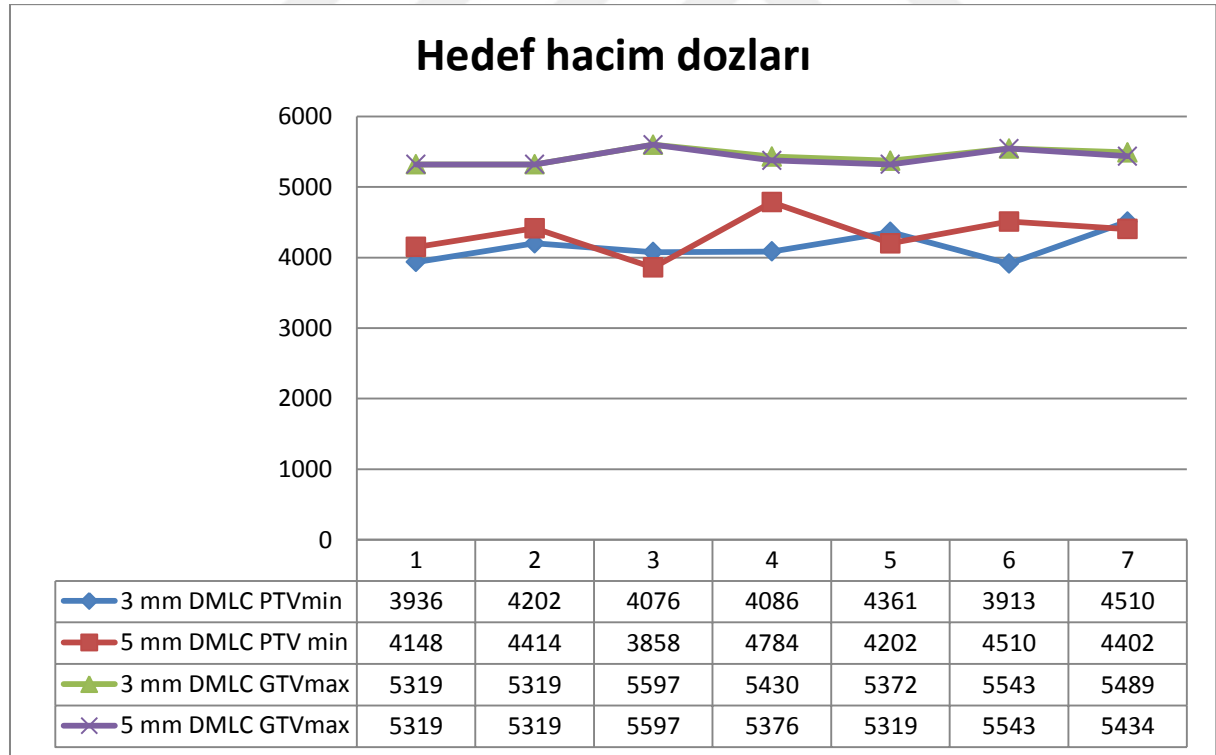
1000cGy/5 Fx	ELEKTA - ERGO++ SBRT			*Dozlar cGy cinsinden verilmiştir						
Hasta -Plan No	HII	CI (Paddick)	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Total Lungs Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Spinal Cord and Medulla (max point)	PTV (cc)	GTV (cc)
1. - 8	0,14	0,833	437	265	3936	5140	5319	478	11,9	3,6
2. - 5	0,13	0,787	329	283	4202	5193	5319	372	7,4	2,9
3. - 6	0,19	0,483	180	558	4076	5196	5597	163	29,6	18,5
4. - 4	0,15	0,779	366	281	4086	5235	5430	430	11,3	2,6
5. - 14	0,12	0,678	140	321	4361	5175	5372	159	4	1,4
6. - 6	0,18	0,597	291	39	3913	5262	5543	326	11,9	5,1
7. - 4	0,1	0,604	424	286	4510	5313	5489	489	5,4	2,1
Min	0,1	0,483	140	39	3913	5140	5319	159	4	1,4
Max	0,19	0,833	437	558	4510	5313	5597	489	29,6	18,5
Median	0,14	0,68	329,00	283,00	4086,00	5196,00	5430	372,00	11,30	2,90
STD	0,03	0,12	106,09	139,67	202,91	53,81	101,17	127,87	7,91	5,55
Mean	0,14	0,68	309,57	290,43	4154,86	5216,29	5438,43	345,29	11,64	5,17

Yapılan istatistiksel çalışmada tedavisi değerlendirilen hastaların (n=7) 5 mm DMLC ve +3 mm PTV marjı verildiğinde oluşan dozimetrik bulguları ve tanımlayıcı istatistiksel metod verisi (standart sapma, medyan, minimum-maksimum değer) Çizelge 4.17’de gösterildiği gibidir.

**Çizelge 4.17 5 mm DMLC ve +3 mm PTV marjı**

1000cGy/5 Fx	ELEKTA - ERGO++ SBRT			*Dozlar cGy cinsinden verilmiştir						
Hasta -Plan No	HI	CI (Paddick)	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Total Lungs Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Spinal Cord and Medulla (max point)	PTV (cc)	GTV (cc)
1. - 11	0,13	0,812	444	286	4148	5128	5319	478	11,9	3,6
2. - 9	0,11	0,721	334	296	4414	5140	5319	372	7,4	2,9
3. - 11	0,21	0,695	161	582	3858	5156	5597	163	29,6	18,5
4. - 9	0,14	0,679	365	284	4784	5217	5376	376	11,3	2,6
5. - 12	0,15	0,737	136	318	4202	5090	5319	159	4	1,4
6. - 10	0,19	0,679	292	45	4510	5254	5543	326	11,9	5,1
7. - 9	0,13	0,708	417	279	4402	5234	5434	489	5,4	2,1
Min	0,11	0,679	136	45	3858	5090	5319	159	4	1,4
Max	0,21	0,812	444	582	4784	5254	5597	489	29,6	18,5
Median	0,14	0,71	334,00	286,00	4402,00	5156,00	5376	372,00	11,30	2,90
STD	0,03	0,04	110,68	144,31	273,35	56,70	106,26	124,10	7,91	5,55
Mean	0,15	0,72	307,00	298,57	4331,14	5174,14	5415,29	337,57	11,64	5,17

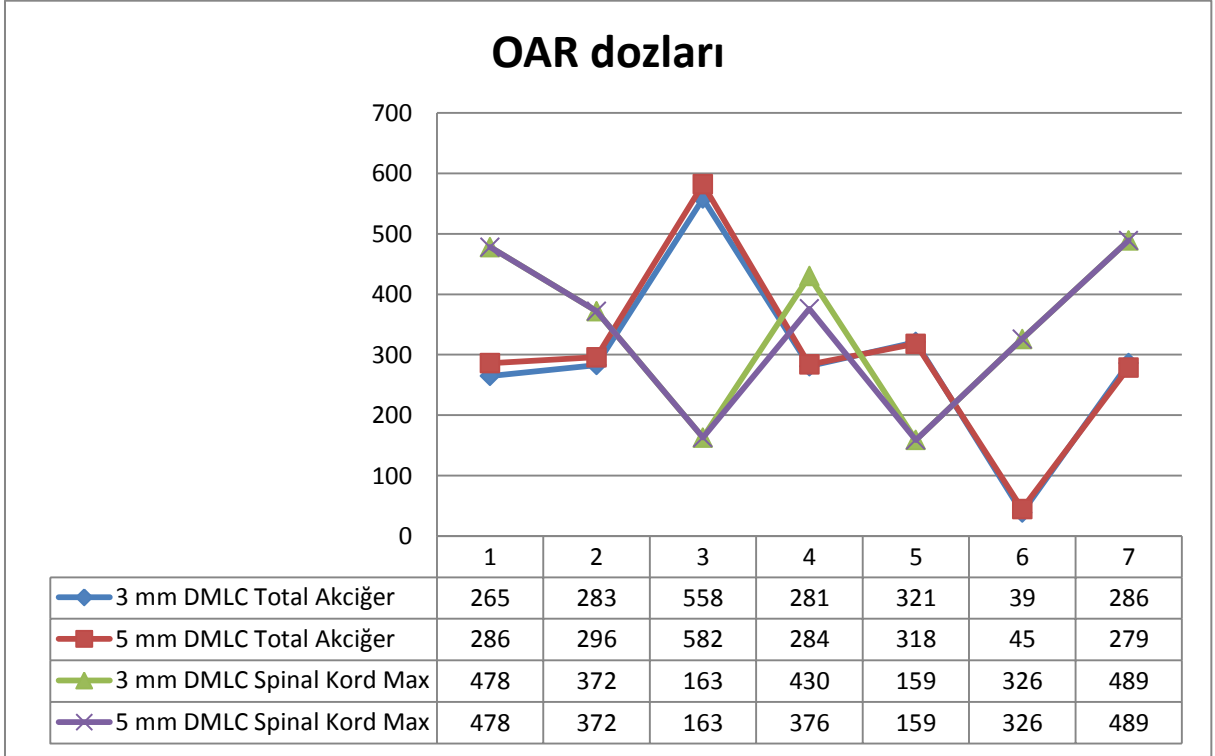
**Şekil 4.18 Seçilen planlarda hedef hacim dozları**



Seçilen hastaların (n=7) hedef hacim dozları Şekil 4.18’de gösterildiği gibidir. Verilen +3 mm PTV marjı sabit tutularak 3 mm ve 5 mm DMLC ile planlamalar yapılmış ve aynı fraksiyonasyona sahip hastalarda PTV<sub>min</sub> dozları arasında “t test” uygulanmıştır.

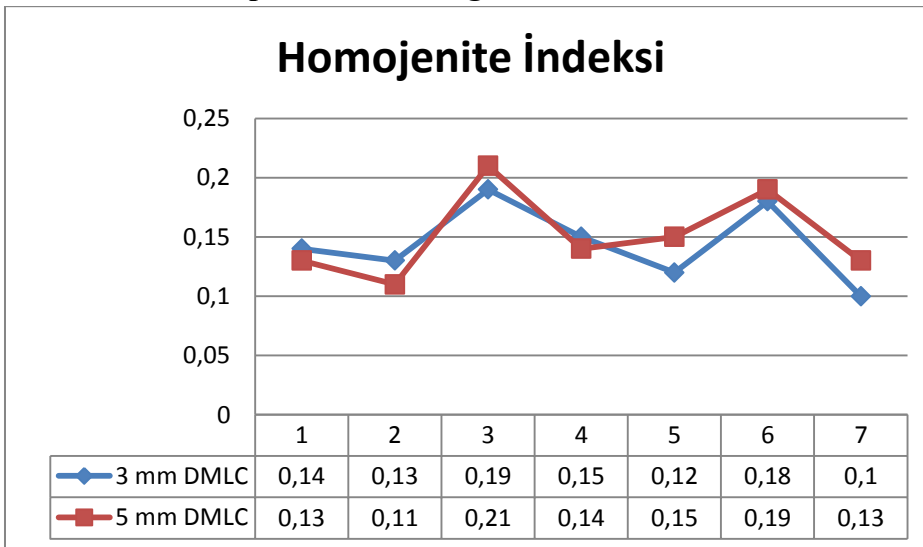
İki farklı DMLC için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p \geq 0,05$ ).  $GTV_{maks}$  dozları arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p \geq 0,05$ ).

**Şekil 4.19 Seçilen planlarda OAR dozları**



Seçilen hastaların ( $n=7$ ) kritik organ (OAR) dozları Şekil 4.19’da gösterildiği gibidir. Verilen +3 mm PTV marjı sabit tutularak 3 mm ve 5 mm DMLC ile planlamalar yapılmış ve aynı fraksiyonasyona sahip hastalarda Spinal Kord maksimum nokta dozları arasında “t test” uygulanmıştır. İki farklı DMLC için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p \geq 0,05$ ). Test uygulanan tüm akciğer ortalama dozları arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p \geq 0,05$ ).

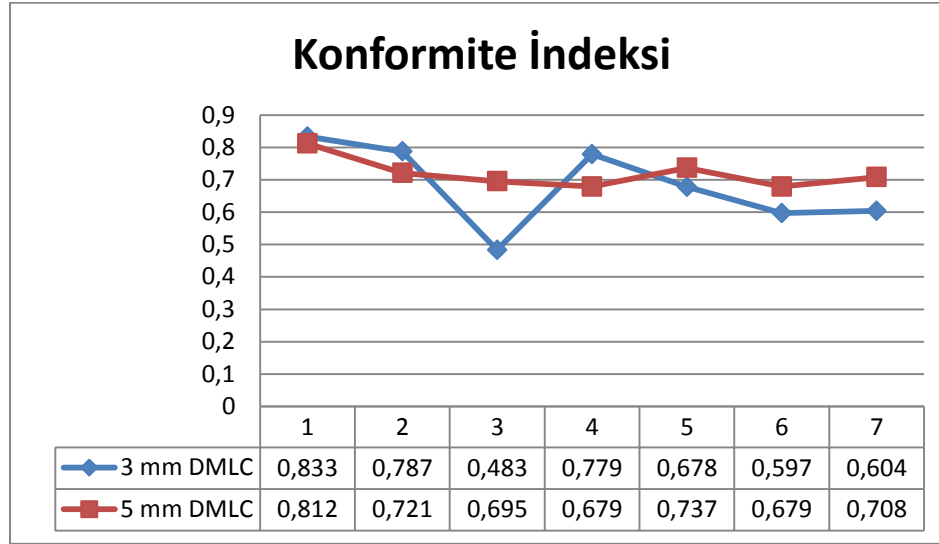
**Şekil 4.20 Seçilen planlarda HI değerleri**



Seçilen hastaların (n=7) homojenite indeksleri (HI) Şekil 4.20’de gösterildiği gibidir. Verilen +3 mm PTV marjı sabit tutularak 3 mm ve 5 mm DMLC ile planlamalar yapılmış ve aynı fraksiyasyona sahip hastalarda HI değerleri arasında “t test” uygulanmıştır.

İki farklı DMLC için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p \geq 0,05$ ). Test uygulanan ve Şekil 4.21’de grafiği verilen konformite indeksi ( $CI_{paddick}$ ) değerleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p \geq 0,05$ ).

Şekil 4.21 Seçilen planlarda  $CI_{paddick}$  değerleri



#### 4.3.1.3. +5 mm PTV marjında DMLC farkı

Çizelge 4.18 3 mm DMLC ve +5 mm PTV marjı

1000cGy/5 Fx	ELEKTA - ERGO++ SBRT			*Dozlar cGy cinsinden verilmiştir						
Hasta -Plan No	HI	CI (Paddick)	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Total Lungs Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Spinal Cord and Medulla (max point)	PTV (cc)	GTV (cc)
1. - 9	0,08	0,659	491	318	4680	5213	5319	585	11,9	3,6
2. - 7	0,06	0,407	373	341	4840	5242	5372	425	7,4	2,9
3. - 13	0,16	0,538	201	675	4510	5247	5652	217	29,6	18,5
4. - 6	0,08	0,574	409	331	4838	5293	5430	430	11,3	2,6
5. - 15	0,09	0,591	148	383	4627	5242	5425	159	4	1,4
6. - 7	0,13	0,457	316	53	4673	5338	5597	380	11,9	5,1
7. - 7	0,08	0,571	487	333	4945	5360	5489	597	5,4	2,1
Min	0,06	0,407	148	53	4510	5213	5319	159	4	1,4
Max	0,16	0,659	491	675	4945	5360	5652	597	29,6	18,5
Median	0,08	0,57	373,00	333,00	4680,00	5247,00	5430	425,00	11,30	2,90
STD	0,03	0,08	123,48	167,61	138,74	51,14	110,61	154,24	7,91	5,55
Mean	0,10	0,54	346,43	347,71	4730,43	5276,43	5469,14	399,00	11,64	5,17

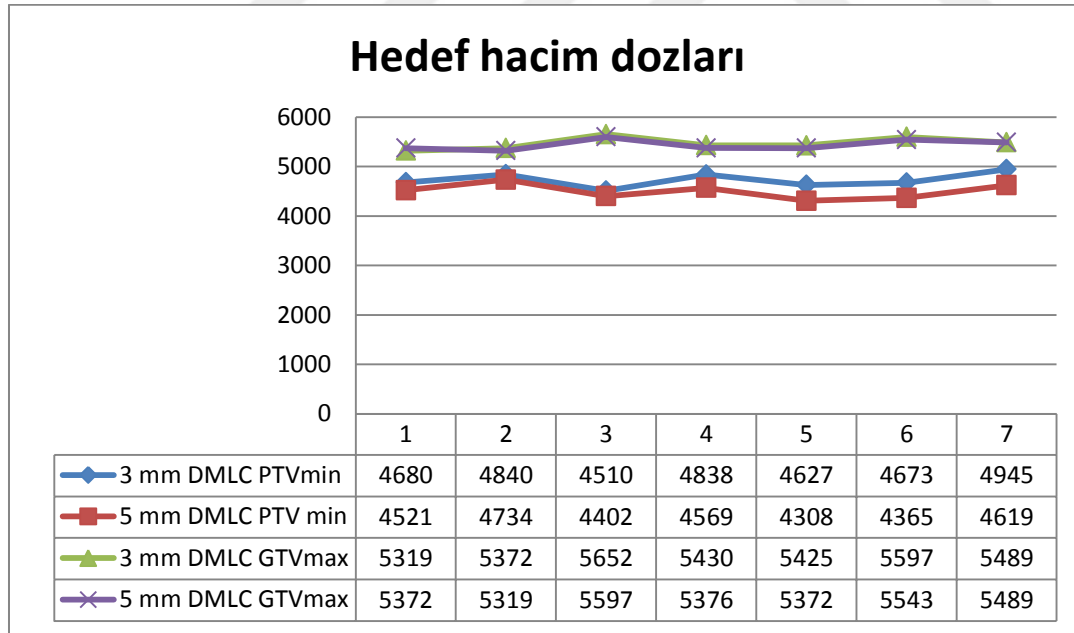
Yapılan istatistiksel çalışmada tedavisi değerlendirilen hastaların (n=7) 3 mm DMLC ve +5 mm PTV marjı verildiğinde oluşan dozimetrik bulguları ve tanımlayıcı istatistiksel metod verisi (standart sapma, medyan, minimum-maksimum değer) Çizelge 4.18’de gösterildiği gibidir.

**Çizelge 4.19 5 mm DMLC ve +5 mm PTV marjı**

100cGy/5 Fx	ELEKTA - ERGO++ SBRT			*Dozlar cGy cinsinden verilmiştir						
Hasta -Plan No	HI	CI (Paddick)	Spinal Cord and Medulla <1.2cc	Total Lungs Avg.	PTV (min)	PTV (mean)	GTV (max)	Spinal Cord and Medulla (max point)	PTV (cc)	GTV (cc)
1. - 12	0,1	0,616	494	328	4521	5185	5372	531	11,9	3,6
2. - 10	0,08	0,42	381	357	4734	5201	5319	425	7,4	2,9
3. - 12	0,16	0,585	199	686	4402	5223	5597	163	29,6	18,5
4. - 10	0,13	0,737	411	318	4569	5194	5376	430	11,3	2,6
5. - 17	0,13	0,529	144	367	4308	5157	5372	159	4	1,4
6. - 8	0,14	0,45	326	57	4365	5308	5543	380	11,9	5,1
7. - 10	0,11	0,486	482	326	4619	5288	5489	597	5,4	2,1
Min	0,08	0,42	144	57	4308	5157	5319	159	4	1,4
Max	0,16	0,737	494	686	4734	5308	5597	597	29,6	18,5
Median	0,13	0,51	381,00	328,00	4521,00	5201,00	5376	425,00	11,30	2,90
STD	0,02	0,11	124,57	169,52	140,80	51,51	96,82	155,96	7,91	5,55
Mean	0,12	0,53	348,14	348,43	4502,57	5222,29	5438,29	383,57	11,64	5,17

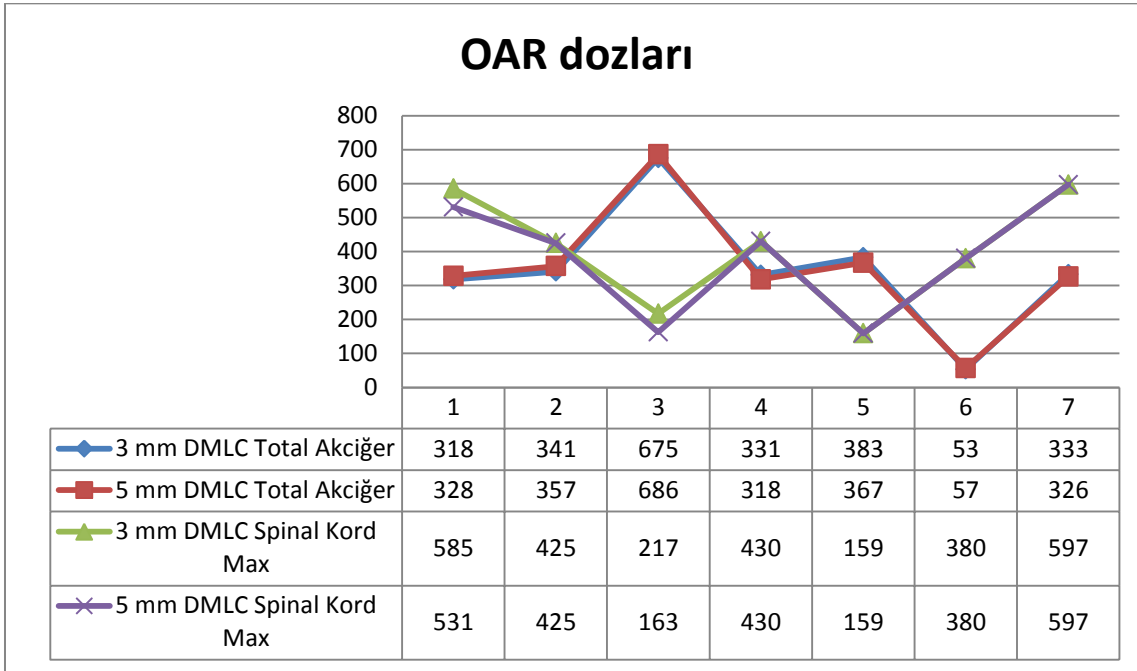
Yapılan istatistiksel çalışmada tedavisi değerlendirilen hastaların (n=7) 5 mm DMLC ve +5 mm PTV marjı verildiğinde oluşan dozimetrik bulguları ve tanımlayıcı istatistiksel metod verisi (standart sapma, medyan, minimum-maksimum değer) Çizelge 4.19’da gösterildiği gibidir.

**Şekil 4.22 Seçilen planlarda hedef hacim dozları**



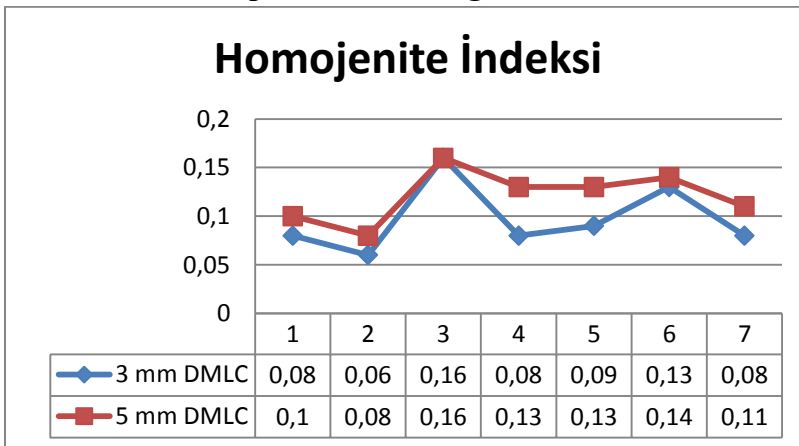
Seçilen hastaların (n=7) hedef hacim dozları Şekil 4.22’de gösterildiği gibidir. Verilen +5 mm PTV marjı sabit tutularak 3 mm ve 5 mm DMLC ile planlamalar yapılmış ve aynı fraksiyonasyona sahip hastalarda PTV<sub>min</sub> dozları arasında “t test” uygulanmıştır. İki farklı DMLC için istatistiksel olarak anlamlı fark oluşmuştur (p< 0,05). Buna göre, GTV<sub>maks</sub> dozları arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (p ≥ 0,05).

Şekil 4.23 Seçilen planlarda OAR dozları



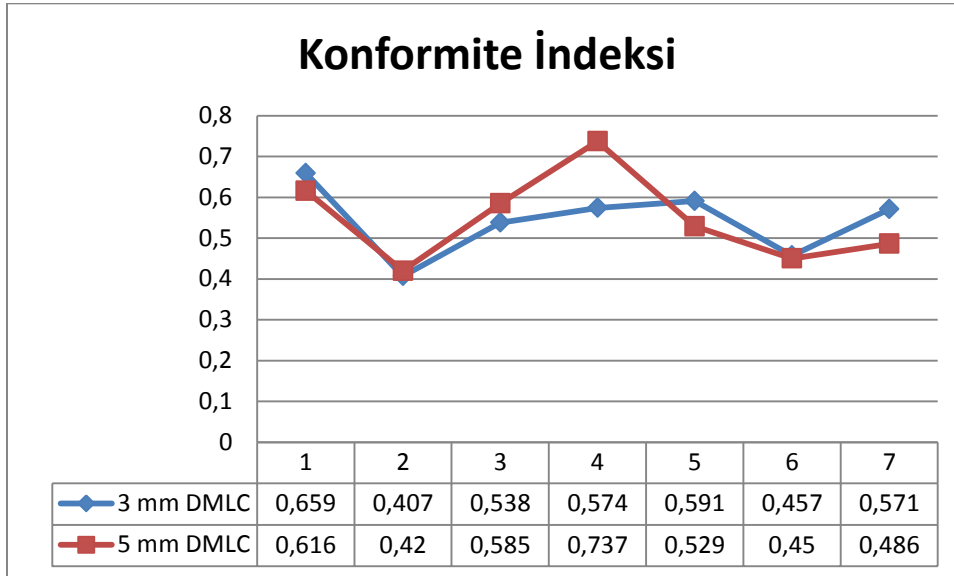
Seçilen hastaların (n=7) kritik organ (OAR) dozları Şekil 4.23’ de gösterildiği gibidir. Verilen +5 mm PTV marjı sabit tutularak 3 mm ve 5 mm DMLC ile planlamalar yapılmış ve aynı fraksiyonasyona sahip hastalarda Spinal Kord maksimum nokta dozları arasında “t test” uygulanmıştır. İki farklı DMLC için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p \geq 0,05$ ). Test uygulanan tüm akciğer ortalama dozları arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p \geq 0,05$ ).

Şekil 4.24 Seçilen planlarda HI değerleri



Seçilen hastaların (n=7) homojenite indeksleri (HI) Şekil 4.24’de gösterildiği gibidir. Verilen +5 mm PTV marjı sabit tutularak 3 mm ve 5 mm DMLC ile planlamalar yapılmış ve aynı fraksiyonasyona sahip hastalarda HI değerleri arasında “t test” uygulanmıştır. İki farklı DMLC için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p \geq 0,05$ ). Test uygulanan ve Şekil 4.25’de grafiği verilen konformite indeksi ( $CI_{paddick}$ ) değerleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p \geq 0,05$ ).

Şekil 4.25 Seçilen planlarda  $CI_{paddick}$  değerleri



Seçilen hastaların PTV ve GTV büyüklükleri Çizelge 4.20’de gösterildiği gibidir;

**Çizelge 4.20 Metastatik Akciğer SBRT uygulanan 13 hastanın PTV ve GTV büyüklükleri**

Hasta No	PTV (cc)	GTV (cc)
Hasta 1	11,9	3,6
Hasta 2	7,4	2,9
Hasta 3	29,6	18,5
Hasta 4	11,3	2,6
Hasta 5	4	1,4
Hasta 6	11,9	5,1
Hasta 7	5,4	2,1
Hasta 8	4	1,3
Hasta 9	7,4	1,4
Hasta 10	22,9	5,7
Hasta 11	18	9,9
Hasta 12	32,9	6,9
Hasta 13	16,5	6,2

## 5. TARTIŞMA

SBRT, ekstrakraniyal bölgede bulunan karaciğer, adrenal bezler ve akciğerler gibi farklı bölgelerde tümör yapıların tedavisinde kullanılan ve halen gelişmekte olan bir radyoterapi tekniğidir. SBRT kullanımının son 10 yılda yaygınlaşmasıyla beraber kullanılan tedavi cihazlarının teknik özellikleri de ön plana çıkmıştır. SBRT, tanımının gereği hipofraksiyone olarak yüksek doz verilmesi ve radyoterapinin temel gerekliliği olarak normal dokuların korunması ve tümör hacminin reçete edilen dozu alması bu çalışmanın önemli iki mihenk taşıdır. SBRT literatüründe hacimsel belirsizliklerin azalması ve tedavi marjlarındaki konvansiyonel radyoterapiye göre daha küçük hedef hacim marjları verilmesi, araştırmanın nedenselliğini de ortaya koymaktadır. SBRT literatüründe doz fraksiyonasyon şemalarının ve tedavi tekniklerinin çeşitliliği göz önüne alındığında, akciğer metastazlarının stereotaktik ışınlanması konusunda çalışmalar halen devam etmekte olup, sonuçları beklenen birçok çalışma fazı mevcuttur. SBRT kullanımı ile literatürde yüksek lokal kontrol oranları bildirilmektedir, ancak bu tedavi yönteminin sağ kalım üzerindeki etkisi randomize çalışmalarda henüz tanımlanmamıştır. Metastatik Akciğer Kanseri vakalarına yönelik SBRT uygulamalarında toraks içindeki kritik organların fazlalığı ve SBRT tekniğinde kullanılan fraksiyon başına yüksek doz nedeniyle hedef hacmin lokalizasyonu, boyutları, sınırlarının şekli, organ hareketliliği ve bunlara bağlı olarak tedavi için PTV'ye verilen marjlar ve ÇYK genişliği değiştirilerek kombinasyon planları oluşturulup hastaların (n=13) toplamda 78 adet planı yapılmış ve dozimetrik bulguları ortaya konmuştur. Buna göre;

Hasta 1'de lezyonun yerleşimi *Sağ- Inferior lob Posterobazal* olduğu için karaciğere yakınlığı kritiktir. Dozimetrik açıdan bu yakınlık tedavinin sarım dozunu yüzde olarak etkileyeceğinden, incelemede plan 11'deki karaciğer dozu ortalama değere yakın görülmüştür. Buna dayanarak, 5 mm DMLC, +3 mm PTV marjı kombinasyonunun tercih edilebilmesi mümkün görülmüştür.

Hasta 2'de lezyonun yerleşimi *Sol- Inferior lob Superior bazal* olduğu için kalbe yakınlığı kritiktir. Dozimetrik açıdan bu yakınlık tedavinin sarım dozunu yüzde olarak etkileyeceğinden, araştırmada plan 6 ya da 8'deki kalp dozu ortalama değerden daha düşük görülmüştür. Buna ilaveten, plan 6'daki PTV<sub>min</sub> değeri düşük olduğundan, plan 8'deki DMLC genişliği ve PTV marjı kombinasyonlarının tercih edilebilmesi olağandır.

Hasta 3'te lezyonun yerleşimi *Sağ- Inferior lob Anterobazal*'dir. Karaciğer ve spinal dozu oldukça düşük, kalp dozu ise  $\pm 0,7$  Gy standart sapmayla plan 12'de diğer planlara nazaran yüksek görünse de, belirlenen doz toleransı içindedir. Araştırmada PTV ve GTV sınırlarının ve kritik organ dozlarının bulgularına göre plan 13'deki, 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjı kombinasyonunun optimum olarak tercih edilmesi uygundur.

Hasta 4'te lezyonun yerleşimi *Sağ- Middle lob Lateral*'dir. Kritik organ dozlarının, bu hasta özelinde DMLC genişliği ve PTV marjları planları seçiminde etkinliği düşüktür. Bu nedenle, PTV ve GTV dozimetrik verinin doz sarımı ve HI ve CI<sub>paddick</sub> bulgularına göre plan 6'daki, 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjı kombinasyonunun tercih edilmesi olasıdır.

Hasta 5 için lezyonun yerleşimi *Sol- Superior lob Anterior*'dur. Spinal dozu değişim göstermemiş olup, Trakea ve büyük bronşlar doz toleransı içindedir. Araştırmada PTV ve GTV sınırlarının ve kritik organ dozlarının bulgularına göre plan 15'deki, 3 mm DMLC genişliği ve +5 mm PTV marjı kombinasyonunun tercih edilmesi olağandır.

Hasta 6 için; Lezyonun yerleşimi *Sol- Superior lob Apicoposterior*'dur. Tüm OAR dozları, tolerans içindedir. Ancak kalp eşik hacim tolerans dozu yüksek değerlere ulaşmıştır. Yapılan planlarda PTV ve GTV doz sınırlarının ve kritik organ dozlarının bulgularına göre konformite indeksinin değeri de göz önüne alındığında plan 10'daki, 5 mm DMLC genişliği ve +3 mm PTV marjı kombinasyonunun optimum seviyede kabul edilebilirliği açıktır.

Hasta 7 için; Lezyonun yerleşimi *Sol- Inferior lob Posterobazal*'dır. Tüm OAR dozları, tolerans içindedir. Ancak özafagus nokta dozu oldukça yüksek değerlere ulaşmıştır. Yapılan planlarda PTV ve GTV doz sınırlarının ve kritik organ dozlarının bulgularına göre tüm dozimetrik plan değerlendirmeler de göz önüne alındığında plan 4'deki, 3 mm DMLC genişliği ve +3 mm PTV marjı kombinasyonunun optimum seviyede kabul edilebilirliği düşünülebilir.

Hasta 8 için; Lezyonun yerleşimi *Sol- Inferior lob Superior bazal*'dır. Tüm OAR dozları, tolerans içindedir. Ancak özafagus nokta dozu oldukça yüksek değerlere ulaşmıştır. Kalp dozu yerleşim yerine göre oldukça düşük bulunmuştur. Yapılan planlarda PTV ve GTV doz sınırlarının ve kritik organ dozlarının bulgularına göre tüm dozimetrik plan değerlendirmeler de göz önüne alındığında plan 8 ve 11'deki, DMLC genişliği ve PTV marjı kombinasyonunun optimum seviyede görülmesi ve fakat konformite indeksi de göz önüne alındığında plan 11'deki 5 mm DMLC ve +5 mm PTV marjı kombinasyonunun seçilmesi tercih edilebilir.

Hasta 9 için; Lezyonun yerleşimi *Sağ- Superior lob Posterior*'dır. Tüm OAR dozları, tolerans içindedir ve kritik organ dozlarının plan kombinasyonlarında değişimi minimum düzeydedir. Yapılan planlarda PTV ve GTV doz sınırlarının ve kritik organ dozlarının bulgularına göre tüm dozimetrik plan değerlendirmeler de göz önüne alındığında plan 9'daki DMLC genişliği ve PTV marjı kombinasyonunun seçilmesi öngörülebilir.

Hasta 10 için; Lezyonun yerleşimi *Sağ- Middle lob Anterior*'dur. Tüm OAR dozları, tolerans içindedir. Yapılan planlarda PTV ve GTV doz sınırlarının ve kritik organ dozlarının bulgularına göre tüm dozimetrik plan değerlendirmeler de göz önüne alındığında plan 8'deki, DMLC genişliği ve PTV marjı kombinasyonunun seçilmesinin uygunluğu öngörülebilir.

Hasta 11 için; Lezyonun yerleşimi *Sol- Superior lob Anterior*'dur. OAR dozları, oldukça yüksek olup, Trakea ve büyük bronşlar kritik yapısında eşik hacim <4cc tolerans dozu plan 12 hariç tüm planlarda aşılmıştır. Yapılan planlarda homojenite ve konformite uygunluğu oldukça düşük olup, PTV doz sınırının da seçilebilmesi muhtemel tek plan olan 5 mm DMLC ve +2 mm PTV marjında düşük olduğu görülmüştür. GTV sınırı ise plan 12'de seçilebilir düzeydedir. Bu veri ve kritik organ dozlarının bulgularına göre tüm dozimetrik plan değerlendirmeler de göz önüne alındığında plan 12'deki DMLC genişliği ve PTV marjı kombinasyonunun seçilmesi uygundur.

Hasta 12 için; Lezyonun yerleşimi *Sol- Superior lob Lingular*'dır. OAR dozları içinde özafagus eşik hacim <5 cc dozları oldukça yüksek olup, tolerans dozu plan 5 ve 7 hariç tüm planlarda aşılmıştır. Yapılan planlarda homojenite ve konformite uygunluğu oldukça düşük olup, PTV ve GTV sarımı, OAR tolerans dozlarının aşımı ve HI, CI<sub>paddick</sub> bulgularına göre tüm dozimetrik plan değerlendirmeler de göz önüne alındığında plan 5'deki DMLC genişliği ve PTV marjı kombinasyonunun seçilmesi uygun görülebilir.

Hasta 13 için; Lezyonun yerleşimi *Sağ- Superior lob Anterior*'dur. Tüm OAR dozları, tolerans içindedir. Yapılan planlarda PTV ve GTV doz sınırlarının ve kritik organ dozlarının bulgularına göre tüm dozimetrik plan değerlendirmeleri de göz önüne alındığında plan 9'daki, DMLC genişliği ve PTV marjı kombinasyonunun seçilmesinin uygunluğu belirtilebilir.

Tüm hastaların kendi içinde planlarının değerlendirilmesi sonucunda kritik organların aldığı doz, PTV<sub>min</sub>, GTV<sub>maks</sub>, konformite indeksi ve homojenite indeksi değerlerine bakarak seçilen planlarda; %30,8 oranında 3 mm DMLC ve +5 mm PTV marjı kullanıldığı görülmüştür. Diğer kombinasyonların kullanımı ise aynı oranda bulunmuştur. Bu genel yaklaşımla beraber, ince yaprak genişliği kullanımının kritik organları korumada etkin olduğu söylenebilir ve bu sonuç; Jin ve ark. yaptığı 3 mm, 5 mm ve 10 mm ÇYK genişliklerinde 34 hastada Dinamik Konformal Ark tekniği ile uygulanan çalışmada, küçük hacimli kritik organların korunması bakımından küçük genişlikteki yaprağın daha etkili olduğu sonucu ile paralellik taşımaktadır<sup>(42)</sup>.

Hasta planlarının kendi içinde değerlendirildiği gruplandırmada CI<sub>paddick</sub> değeri, 3 mm DMLC +2 mm PTV marjında %84,6 oranında 1,00 değerine daha yakın olduğu görülmüş, aynı DMLC genişliğinin +5 mm PTV marjında ise diğer tüm kombinasyonlardan daha iyi PTV sarımı gerçekleşmiştir. Bu durum, hedef hacmin sarımında da kritik organların korunmasında da konformite ve homojenite açısından da 3 mm DMLC tercihinin uygunluğunu ve klinik olarak anlamlılığını göstermiştir. Hong ve ark. yaptığı baş boyun çalışmasında da 2,5 mm ve 5 mm ÇYK kullanımının karşılaştırılmasında, 2,5 mm olarak seçilen ÇYK genişliğinin PTV sarımı, omurilik koruması, yüksek ve orta düzeyde doz saçılımlarının hacimsel küçüklüğü ve konformite indeksi açısından üstün olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı farkların oluşması sonucuyla beraber bu çalışma ile pozitif uyumluluk göstermiştir<sup>(43)</sup>.

SBRT çalışmamızda ışınlanan tedavi bölgesi metastatik akciğer tümörleri olsa da akciğerde oksijenlenmenin radyasyon etkisini artırması ve yüksek dozun az fraksiyonda verilmesine bağlı olarak oluşabilecek fibrotik etkiler, pnömoni ve akciğer yetmezliklerini engellemek için korunması gereken kritik bir organdır. Bütün bunlara dayanılarak, yine aynı gruplandırmada; GTV büyüklüğünün artması ile hava hacmi yükselen PTV hacminin de artışı anlamına geleceğinden, PTV içinde "hot spot" olarak bilinen sıcak bölgelerin artışı planlarda görülmüştür. Ortalama PTV büyüklüğü 11,9 olarak tespit edilmiş olan 13 hasta içinde beş hastanın (3, 10, 11, 12, 13) PTV'si büyük olarak sınıflandırılmıştır. Bu hastaların PTV'si içinde sıcak bölgelerin hacimsel boyutunun fazlalığı nedeniyle kritik organ dozları artmış olup, hasta 11 ve 12'de değerlendirilen planların çoğunluğunda tolerans limitlerinin dışına çıkmıştır.

PTV değeri büyük olarak sınıflandırılan hastaların 5 mm DMLC +2 mm PTV marjında “hot spot” bölgeleri azalmış olsa da homojenite ve konformite indeksleri açısından tercih edilemeyecek düzeydedir. Yalnızca 11 numaralı hastada santral yerleşime yakın ve trakea&büyük bronşlar kritik organında tolerans dozu diğer tüm planlarda aşıldığı için 5 mm DMLC +2 mm PTV marjında tercih edilmiştir. PTV değeri büyük olanların geri kalanında ise 3 mm DMLC'nin çeşitli marjları homojenite ve konformite indeks değerlerine göre tercih edilmiştir. Wu ve ark. beyin, spinal kord ve karaciğer hastalarında 2,5 mm ve 5 mm'lik ÇYK genişliklerinde yaptıkları çalışmada, kritik organların korunmasında 2,5 mm ÇYK'da etkin sonuçlar almış fakat PTV büyüklüğü arttıkça kritik organların korunmasında ÇYK genişliğinin küçük seçilmesinin etkinliğinin giderek azaldığı görülmüştür<sup>(44)</sup>. Bu durumda, yüksek PTV hacimsel değerlerinde ÇYK genişliğinin etkinliği tartışılabilir fakat seçilen PTV marjlarının homojenite ve konformite indeksi üzerinde etkisi olduğu söylenebilir.

Aynı fraksiyonasyon şemasına sahip olan hastaların (n=7) değerlendirilmesinde ise; HI, CI<sub>paddick</sub>, GTV<sub>maks</sub>, PTV<sub>min</sub>, OAR dozlarının dozimetrik değerlerinin karşılaştırılmasında istatistiksel olarak ‘t test’ analizine tabi tutulmuş ve sadece +5 mm PTV marjında 3 mm ve 5 mm DMLC genişliğindeki iki kombinasyonun PTV<sub>min</sub> değerinde anlamlı bir fark bulunmuştur (p<0, 05). Bu sonuç 3 mm DMLC kullanımının 5 mm DMLC kullanımına göre +5 mm PTV marjında PTV sarımında daha etkili olduğunu ortaya koymuştur. 3 mm DMLC'de tanımlanan dozun %94,8'ini alan PTV<sub>min</sub> değeri daha iyi sarım yakalamıştır. +2 mm ve +3 mm PTV marjlarında ise her iki DMLC genişliği için OAR, HI, CI<sub>paddick</sub>, GTV<sub>maks</sub>, PTV<sub>min</sub> analizlerinde herhangi bir fark bulunamamıştır. GTV sarımında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmasa da, PTV sarımının 3 mm DMLC seçiminde arttığı Şekil 4.14, 4.18, 4.22'de görülebilir. 3 mm DMLC seçiminin üç PTV marjı varyasyonunda da OAR korumasının 5 mm DMLC'ye göre daha iyi olması, bu karşılaştırma grubu için de Hong ve ark. yaptığı çalışmaya paralel sonuçlar göstermiştir.

## 6. SONUÇ

Bu çalışmada, SBRT almış 13 metastatik akciğer kanserli hastanın farklı DMLC genişliği ve farklı PTV marjlarında dinamik konformal ark tekniği kullanılarak hesaplanmış 78 adet plandan elde edilen verinin dozimetrik değerlendirmesi yapılmış ve istatistiksel açıdan incelenmiştir. İncelenen konformite ve homojenite indeksi,  $PTV_{min}$ ,  $GTV_{maks}$  gibi hedef hacmi ilgilendiren dozimetrik veride, kritik organların korunmasına yönelik dozimetrik karşılaştırmalarda, 3 mm ve 5 mm DMLC kullanımı arasında istatistiksel anlamda küçük farklılıklar olsa da genel olarak dozimetrik sonuçlar benzerlik taşımaktadır ( $p>0,05$ ). Fakat 3 mm DMLC kullanımında klinik açıdan daha anlamlı sonuçlar alındığı görülmüştür. 3 mm DMLC ve +5 mm DMLC kombinasyonunun, tüm hastaların kendine ait yarım düzine planları kendi içinde karşılaştırıldığında, tüm dozimetrik verinin incelenmesi sonucunda üstünlüğü açıkça görülmektedir. Ek olarak, aynı fraksiyonasyona sahip hastaların ( $n=7$ ) +5 mm PTV marjında 3 mm DMLC seçiminin PTV sarımında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmuştur( $p<0,05$ ). Elde edilen bu sonuçlar, metastatik akciğer kanserinde SBRT tedavisi kararı alınmış hastalarda, hastanın tedavisi açısından avantaj ve dezavantajlarını değerlendirmede hangi marjları ve DMLC genişliğini kullanmanın daha etkin planlar oluşturabileceği konusunda tercihlere yardımcı olabilecek niteliktedir.

## KAYNAKLAR

1. Rebecca L. S., Kimberly D. M., Ahmedin J., *Cancer statistics*, CA A Cancer J Clin. 2020; page 4 doi: 10.3322/caac.21590.
2. Dosoretz DE, Katin MJ, Blitzer PH, et al. *Medically inoperable lung carcinoma: the role of radiation therapy*. Semin Radiat Oncol 1996; 6(2):98-104.
3. Armstrong JG, Minsky BD. *Radiation therapy for medically inoperable stage I and II non-small cell lung cancer*. Cancer Treat Rev 1989; 16(4):247-255.
4. Benedict, et al. *Stereotactic body radiation therapy: The report of TG101*. Med Phys 2010;37:4078–101.
5. Nagata Y, Takayama K, Matsuo Y, et al. *Clinical outcomes of a phase I/II study of 48 Gy of stereotactic body radiotherapy in 4 fractions for primary lung cancer using a stereotactic body frame*. Int J Radiat. Oncol Biol Phys 2005;63:1427–31. doi:10.1016/j.ijrobp.2005.05.034
6. PDQ Adult Treatment Editorial Board. *Non-Small Cell Lung Cancer Treatment (PDQ®): Patient Version*. 2021 Apr 8. In: PDQ Cancer Information Summaries [Internet]. Bethesda (MD): National Cancer Institute (US); 2002-. [Internet] [cited 2021 Jun 3];66(3):[about 1-3-18 p.] Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK65917/?report=reader#!po=2.27273> .
7. Beyzadeoğlu M. M., Ebruli C. C. *Temel Radyasyon Onkolojisi* kitabı 320-333S ISBN:978-605-82872-6-6, (2018).
8. Mujoomdar A, Austin JH, Malhotra R, et al. *Clinical predictors of Metastatic Disease to the brain from NSCLC: primary tumor size, cell type, and lymph node metastases*. Radiology 2001;242:882.
9. Toloza EM, Harpole L, McCrory DC. *Noninvasive staging of NSCLC: a review of the current evidence*. Chest 2003; 123:137S.
10. Karakoca Y., Akciğer Kanseri Lazer, “ Akciğer kanserinde cerrahi işlemler ” , [Internet] 2021 Jul 27, web site link: [http://www.akcigerkanserilazer.com/tedavi/akciger-kanserinde-cerrahi-islemler\\_42.html](http://www.akcigerkanserilazer.com/tedavi/akciger-kanserinde-cerrahi-islemler_42.html) .
11. Pastorino U, Buyse M, Friedel G, Ginsberg RJ, Girard P, Goldstraw P, Johnston M, McCormack P, Pass H, Putnam JB: *Long-term results of lung metastasectomy: prognostic analyses based on 5206 cases*. J Thorac Cardiovasc Surg, 113: 37-49, 1997.
12. Senti S, Haasbeek CJ, Slotman BJ et al., *Outcomes of stereotactic ablative radiotherapy for central lung tumours: a systematic review*. Radiotherapy Onc. 2013;106(3):276-82
13. Kirkpatrick JP, Meyer JJ, Marks B. *The Linear-Quadratic Model Is Inappropriate to Model High Dose per Fraction Effects in Radiosurgery*. Seminars in Radiation Onc., 2008; 18, 4,240-243.
14. Timmerman R, Papiez L, McGarry R, et al. *Extracranial stereotactic radioablation: results of a phase I study in medically inoperable stage I nonsmall cell lung cancer*. Chest. 2003;124(5):1946-55.
15. Kim DW, Straka C, Cho LC, et al. *Stereotactic Body Radiation Therapy for Prostate Cancer: Review of Experience of a Multicenter Phase I/II Dose Escalation Study*. Front Oncol. 2014; 26;4:319.
16. M. Guckenberger, *Stereotactic Body Radiotherapy for Stage I NSCLC: The Challenge of Evidence-Based Medicine*. Journal of Thoracic Oncology. 2014;9;2; e17-e18.
17. Chang JY, Li QQ, Xu QY, et al. *Stereotactic ablative radiation therapy for centrally located early stage or isolated parenchymal recurrences of nonsmall cell lung cancer: How to fly in a “no fly zone”*. Int J Radiat Oncol Biol. Phys 2014; 88: 1120–28.
18. Li QQ, Swanick CW, Allen PK, et al. *Stereotactic ablative radiotherapy (SABR) using 70 Gy in 10 fractions for non-small cell lung cancer: Exploration of clinical indications*. Radiother Oncol 2014; 112: 256–261.
19. Chaudhuri. *Stereotactic ablative radiotherapy (SABR) for treatment of central and ultra-central lung tumors*. Lung cancer 2015; 89: 50-6.
20. Timmerman, R., et al., *Excessive toxicity when treating central tumors in a phase II study of stereotactic body radiation therapy for medically inoperable early-stage lung cancer*. J Clin Oncol, 2006; 24(30): 4833-9.
21. Corradetti MN, Haas AR, Rengan R. *Central-airway necrosis after stereotactic body-radiation therapy*. N Engl J Med. 2012; 366(24): 2327-9.
22. Borst, G.R., et al., *Radiation pneumonitis in patients treated for malignant pulmonary lesions with hypofractionated radiation therapy*. Radioth. Oncol, 2009; 91(3): 307-13.
23. Guckenberger, M., et al., *Dose-response relationship for radiation-induced pneumonitis after pulmonary stereotactic body radiotherapy*. Radioth. Oncol, 2010.

24. Rauschenbach, B. M., Mackowiak, L., & Malhotra, H. K. (2014). A dosimetric comparison of three-dimensional conformal radiotherapy, volumetric-modulated arc therapy, and dynamic conformal arc therapy in the treatment of non-small cell lung cancer using stereotactic body radiotherapy. doi:10.1120/jacmp.v15i5.4898 , *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 15(5), 147–161.
25. McGrath SD, Matuszak MM, Yan D, Kastin LL, Martinez AA, Grills IS. Volumetric modulated arc therapy for delivery of hypofractionated stereotactic lung radiotherapy: A dosimetric and treatment efficiency analysis. *Radiother Oncol.* 2010;95(2):153–57.
26. Lee TF, Chao PJ, Wang CY, et al. Dosimetric comparison of helical tomotherapy and dynamic conformal arc therapy in stereotactic radiosurgery for vestibular schwannomas. *Med Dosim.* 2011;36(1):62–70.
27. Bezjak A, et al. Seamless phase I/II study of stereotactic lung radiotherapy (SBRT) for early stage, centrally located, non-small cell lung cancer (NSCLC) in medically inoperable patients. *RTOG.* 2012;0813:1–75.
28. Videtic G, et al. A randomized phase II study comparing 2 stereotactic body radiation therapy (SBRT) schedules for medically inoperable patients with stage I peripheral non-small cell lung cancer. *RTOG.* 2012;0915:915.
29. Shen J. et al., “SBRT Treatment Planning: Practical Considerations” , [Internet] 2021 May 14 web site link: <http://amos3.aapm.org/abstracts/pdf/68-19774-234349-85603.pdf> .
30. Becerir H. Bilge, Alkaya F., Dirican B. Olacak N., Çakır A., Yaray K. ve ark. *Medikal Fizik Derneği, “Radyoterapi Fiziği” kitabı, Bölüm D, 415-416 S.*
31. Dirican B., *Radyoterapi Fiziği Ders Notları, 2011.*
32. International Commission on Radiation Units and Measurements: ICRU Report 62. Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy (Supplement to ICRU report 50). Bethesda, MD: ICRU, 1999.
33. Linskey ME, Johnstone PAS: Radiation tolerance of normal temporal bone structures: implications for gamma knife stereotactic radiosurgery. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 57:196– 200, 2003.
34. Definition of volumes. *J ICRU* 10:41–53, 2010.
35. Bortfeld T, Oelfke U, Nill S, “What is the optimum leaf width of a multileaf collimator” *Med Phys* 27(11):2494-502 (2000).
36. Fischer M, Todorovic M, Drud E, and Cremers F, “Commissioning of a double-focused micro multileaf collimator ( $\mu$ MLC)” . *J Appl Clin Med Phys* 11(2):81–91 (2010).
37. AAPM Report No. 72: Basic Applications of Multileaf Collimators, Report of Task Group 50 (2001).
38. Meeks SL, Bova FJ, Kim S, Tome WA, and Buatti JM, Dosimetric characteristics of a double-focused miniature multileaf collimator. *Med Phys* 26(5):729–733 (1999).
39. Galal MM, Keogh S, and Khalil S, Dosimetric and mechanical characteristics of a commercial dynamic  $\mu$ MLC used in SRS *Med Phys* 38(7):4225 (2011).
40. Que, W., Kung, J., & Dai, J. (2004). Tongue-and-groove effect in intensity modulated radiotherapy with static multileaf collimator fields. *Physics in Medicine and Biology*, 49(3), 399–405.
41. M. Saiful H. , Indra J Das , Todd S. and James M. G. ‘A dosimetric comparison of various multileaf collimators’ *Phys. Med. Biol.* 47 (2002) N159–N170.
42. Jin J.Y., Yin F.F., Ryu S., Ajlouni M., Kim J.H., Dosimetric study using different leaf-width MLCs for treatment planning of dynamic conformal arcs and intensity modulated radiosurgery., *Med Phys* 2005, 32: 405-411.10.1118/1.1842911.
43. Hong, C.-S., Ju, S. G., Kim, M., Kim, J., Kim, J. M., Suh, T.-S., ... Park, H. C. (2014). Dosimetric effects of multileaf collimator leaf width on intensity-modulated radiot. for head and neck cancer. *Medical Physics*, 41(2), 021712, doi: 10.1118/1.4860155 .
44. Wu Q.J., Wang Z., Kirkpatrick J.P., Impact of collimator leaf width and treatment technique on stereotactic radiosurgery and radiotherapy plans for intra-andextracranial lesions., *Radiat. Oncol* 2009; 4: pp.3.

## **ÖZGEÇMİŞ VE İLETİŞİM**

### **Bireysel Bilgiler**

Adı-Soyadı: Ferhat ÇETİNEL

Doğum yeri ve tarihi: ANKARA 27.08.1991

Uyruğu: TC

Askerlik durumu: Yaptı

Yabancı dili: İngilizce

### **Eğitimi**

Lisans: Gaziantep Üniversitesi Fizik Müh. – 2014

Lise: Şevket Pozcu Lisesi – 2009

İlkokul-Ortaokul: Jülide Akça İlköğretim Okulu - 2005

**Ünvanları:** Fizik Mühendisi