

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
NÜKLEER BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BÖBREK ÜSTÜ BEZİ METASTAZLARINDA
STEREOTAKTİK BEDEN RADYOTERAPİSİNİN
HEDEF HACİM DOZ HOMOJENİTESİNE ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hamza TATLI

MEDİKAL FİZİK ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. Bahar DİRİCAN

ANKARA

2012

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Hamza TATLI tarafından hazırlanan "Böbrek Üstü Bezi Metastazlarında Stereotaktik Beden Radyoterapisinin Hedef Hacim Doz Homojenitesine Etkisinin Değerlendirilmesi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Ankara Üniversitesi Medikal Fizik Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Bahar DİRİCAN

Jüri Üyeleri :

Doç. Dr. Bahar DİRİCAN
(GATA Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı)

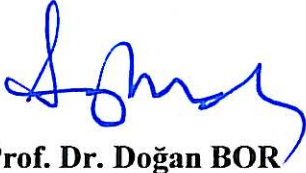
Prof. Dr. Haluk YÜCEL
Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü

Doç. Dr. Kaan OYSUL
(GATA Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı)

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım



Prof. Dr. Doğan BOR

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BÖBREK ÜSTÜ BEZİ METASTAZLARINDA STEREOTAKTİK BEDEN RADYOTERAPİSİNİN HEDEF HACİM DOZ HOMOJENİTESİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hamza TATLI

Ankara Üniversitesi
Nükleer Bilimler Enstitüsü
Medikal Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Bahar DİRİCAN

Bu tez çalışmasında, böbrek üstü bezi metastazı olan 9 hastanın 12 adet lezyonu için tedavi öncesi çekilen bilgisayarlı tomografi kesit görüntüleri kullanılarak, dinamik konformal arkl (DCA) ve sabit gantri açılı konformal demet (FBC) teknikleri ile stereotaktik beden radyoterapisi (SBRT) tedavi planları yapılmıştır. Elde edilen veriler hedef hacim doz homojeniteleri ile kritik organ dozları açısından değerlendirilmiştir.

DCA tekniği ile yapılan planlarda 20°'lik 12 ile 14 adet arasında arklar, FBC tekniği ile yapılan tedavi planlarında ise 10° aralıklarla yerleştirilmiş 24 ile 27 adet arasında demet kullanılmıştır.

Her iki planlama tekniği için de günlük fraksiyon dozu 10 Gy olup, hedef hacim için planlanan tedavi dozu 30 Gy'dir. Üç fraksiyonluk tedavi şeması için kritik organların tolerans dozları, spinal kord için maksimum 18 Gy, böbrek için eşik doz 15 Gy (en az 200cc böbrek hacmi eşik doz altında kalmalı) ve karaciğer için eşik doz 15 Gy (en az 700cc karaciğer hacmi eşik doz altında kalmalı) olarak belirlenmiştir.

Hedef hacim doz homojeniteleri açısından DCA tekniği FBC tekniğinden % 0,3 daha iyi sonuç vermiştir. DCA tekniği spinal kord için, maksimum dozu % 4,3 azaltmıştır. FBC tekniğine göre DCA tekniğinin ipsilateral böbrek için ortalama dozu % 1,3 ve V15 hacmini % 8,8 azalttığı, kontralateral böbrek için ise ortalama dozu % 0,8 azalttığı bulunmuştur. FBC tekniğine göre DCA tekniğinin ipsilateral karaciğer için ortalama dozu % 1,1 ve V15 hacmini % 1,2 azalttığı, kontralateral karaciğerin için ise maksimum dozu % 4,3 azaltıp, ortalama dozu % 9,3 arttırdığı görülmüştür.

Çalışma sonucunda hedef hacim doz homojenitelerinin daha iyi, kritik organ dozlarının daha düşük olmasına neden olan DCA tekniğinin, SBRT planlarında uygulanmasının FBC tekniğinden daha uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

2012. 63 sayfa

Anahtar Kelimeler: Stereotaktik Beden Radyoterapisi, Böbrek Üstü Bezi Metastazları

ABSTRACT

Master Thesis

EVALUATION OF THE TARGET VOLUME DOSE HOMOGENEITY OF STEREOTACTIC BODY RADIOTHERAPY IN ADRENAL GLAND METASTASIS

Hamza TATLI

Ankara University
Graduate School of Nuclear Sciences
Department of Medical Physics

Supervisor: Doç. Dr. Bahar DİRİCAN

In this thesis, stereotactic body radiation therapy treatment plans were done for 9 patients having 12 adrenal gland lesions, with dynamic conformal arc (DCA) and fixed beam conformal (FBC) planning techniques, using cross-sectional computed tomography images. Plans were evaluated in respect to target volume dose homogeneities and critical organ doses.

In DCA plans, 20° arcs were used in the number of 12 to 14, and in FBC plans, 24 to 27 beams with 10° separations were used. For each planning techniques, total prescribed dose for target volume is 30 Gy with three fractions of 10 Gy. Dose constraints for critical organs were determined as 18 Gy maximum for spinal cord, 15 Gy threshold for kidney (at least 200cc kidney volume should remain below threshold), 15 Gy threshold for liver (at least 700cc liver volume should remain below threshold).

DCA technique provided % 0,3 better target volume dose homogeneity than FBC. In DCA plans, maximum spinal cord dose decreased by % 4,3 with respect to FBC plans. By comparison with FBC techniques, DCA techniques resulted in %1,3, lower mean dose and % 8,8 lower V15 volume for ipsilateral kidney and % 0,8 lower mean dose for contralateral kidney. For ipsilateral liver % 1,1 lower mean dose, and % 1,2 lower V15 volume; and for contralateral liver % 4,3 lower maximum dose and % 9,3 higher mean dose obtained in DCA plans in comparison to FBC plans.

It is found that DCA technique, which provides better target volume dose homogeneity and lower critical organ doses, is more appropriate in SBRT treatment plans than FBC technique.

2012. 63 pages

Keywords: Stereotactic Body Radiation Therapy, Adrenal Gland Metastases

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması sırasında bilgilerini sevgiyle bana aktaran hep yanımda olan, yol gösteren ve yüksek lisans yapmama destek olan danışmanım Doç. Dr. Bahar DİRİCAN'a (GATA Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı),

Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Medikal Fizik Anabilim Dalı'nda yüksek lisans yapma, bu alana yönelik kapsamlı dersleri alma ve medikal fizik alanında kendimi geliştirme imkanı sağladığı için Prof. Dr. Doğan BOR'a (Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü),

Tez çalışmam sırasında bilgilerini benimle paylaşan ve tedavi planlama sistemi ile ilgili her sorunumda bana yardımcı olan Dr. Hakan GAMSIZ'a ve Dr. Ferhat DİNÇOĞLAN'a (GATA Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı),

Çalışmanın her safhasında yakın ilgi, bilgi, birikim ve önerileri ile beni her zaman destekleyen GATA Radyasyon Onkolojisi medikal fizik ekibine,

Tezimin hazırlanması sırasında sürekli bilgi alış verişi yaptığımız arkadaşlarım ve meslektaşlarım Salih GÖRÜR, Cansu ÖZTÜRK ve Gamze KAYA'ya

Tüm yaşamım boyunca hep yanımda olan ve attığım her adımda beni destekleyen çok sevgili aileme,

En içten duygularıyla teşekkürlerimi sunarım.

Hamza TATLI

Ankara, Şubat 2012

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|-----|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| TEŞEKKÜR | iii |
| SİMGELER DİZİNİ | vi |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | vii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | ix |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1 Böbrek Üstü Bezlerinin Anatomisi | 1 |
| 1.2 Böbrek Üstü Bezlerinin Fizyolojisi | 2 |
| 1.3 Böbrek Üstü Bezi Tümörleri | 3 |
| 1.4 Böbrek Üstü Bezi Metastazlarının Köken Aldığı Primer Kanserler | 3 |
| 1.5 Böbrek Üstü Bezi Metastazlarının Tedavisi | 4 |
| 2. KURAMSAL TEMELLER | 6 |
| 2.1 Stereotaktik Beden Radyoterapisi (SBRT) | 6 |
| 2.2 SBRT'nin Tarihsel Gelişimi | 7 |
| 2.3 SBRT'nin karakteristik özellikleri | 8 |
| 2.3.1 Sağlam ve güvenilir immobilizasyon | 8 |
| 2.3.2 Organ hareketlerinin titizlikle hesaba katılması | 8 |
| 2.3.3 Hedef hacmin stereotaktik olarak kayıt edilmesi | 9 |
| 2.3.4. Simülasyondan tedaviye kadar tam ve kesin tekrar pozisyonlama | 9 |
| 2.3.5 Normal doku ışınlamasının azaltılması | 9 |
| 2.3.6 Tümöre ablatif doz fraksiyonunun uygulanması | 9 |
| 2.4 Güncel SBRT Cihazları | 10 |
| 2.5 SBRT'nin Radyobiyolojik Temelleri | 11 |
| 2.6 SBRT Uygulama Alanları ve Uygulama Teknikleri | 13 |
| 3. MATERYAL ve YÖNTEM | 15 |
| 3.1 Materyaller | 15 |
| 3.1.1 Lineer Hızlandırıcı | 15 |
| 3.1.2 Dinamik Mikro Çok Yapraklı Kolimatörler | 16 |
| 3.1.3 BodyFIX® Hasta Sabitleme Sistemi | 17 |
| 3.1.4 Bilgisayarlı Tomografi | 18 |
| 3.1.5 Active Breathing Coordinator™ | 19 |
| 3.1.6 ERGO++ Tedavi Planlama Sistemi | 20 |
| 3.2 Yöntem | 21 |

| | |
|--|----|
| 3.2.1 Hastaların özellikleri | 21 |
| 3.2.2 Tedavi planlama süresince yapılan işlemler | 22 |
| 4. BULGULAR | 24 |
| 4.1 Hedef hacimler için elde edilen veriler | 24 |
| 4.2 Kritik organlar için elde edilen veriler | 34 |
| 5. TARTIŞMA VE SONUÇ | 57 |
| KAYNAKÇA | 61 |
| ÖZGEÇMİŞ | 63 |

SİMGELER DİZİNİ

| | |
|-------|---|
| 3B | Üç Boyutlu |
| 3BKRT | Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi |
| AAPM | The American Association of Physicists in Medicine |
| AMOA | Arc Modulation Optimization Algorithm |
| BT | Bilgisayarlı Tomografi |
| CBCT | Cone Beam Computed Tomography |
| CTV | Klinik Hedef Hacim |
| DCA | Dynamic Conformal Arc |
| DICOM | Digital Imaging and Communications in Medicine |
| DMLC | Dynamic Micro Multileaf Collimator (Dinamik Mikro Çok Yapraklı Kolimatör) |
| DRR | Digitally Reconstructed Radiographs |
| DVH | Doz Hacim Histogramı |
| EPID | Elektronik Portal Görüntüleme Cihazı |
| FBC | Fixed Beams Conformal |
| GTV | Görüntülenebilir Tümör Hacmi |
| HI | Homojenite İndeksi |
| ICRU | International Commission on Radiation Units and Measurements |
| kV | Kilovolt |
| MeV | Milyon Elektron Volt |
| MV | Milyon Volt |
| PTV | Planlanan Hedef Hacim |
| RT | Radyoterapi |
| RTOG | Radiation Therapy Oncology Group |
| SBRT | Stereotaktik Beden Radyoterapisi |
| TPS | Tedavi Planlama Sistemi |
| V15 | Tanımlanan hacmin 15 Gy doz alan hacmi |
| V95 | Planlanan tedavi hacminin %95'inin aldığı doz |
| YART | Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi |
| cc | Cubic centimeter (Santimetre küp) |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Şekil 1.1 Böbrek üstü bezleri anatomisi..... | 1 |
| Şekil 1.2 Böbrek üstü bezlerinin transvers, koronal ve sagittal kesit BT görüntüleri..... | 2 |
| Şekil 1.3 Otopsi sonrası böbrekler ve böbrek üstü bezleri..... | 3 |
| Şekil 3.1 Elekta Synergy® lineer hızlandırıcı..... | 15 |
| Şekil 3.2 3mm lif genişliğine sahip DMLC | 16 |
| Şekil 3.3 5mm lif genişliğine sahip DMLC | 16 |
| Şekil 3.4 DMLC takılmış bir lineer hızlandırıcı | 17 |
| Şekil 3.5 BodyFIX® hasta sabitleme sistemi | 18 |
| Şekil 3.6 General Electric LightSpeed® BT simülatör..... | 18 |
| Şekil 3.7 ABC uygulaması..... | 19 |
| Şekil 4.1 Sağ böbrek üstü bezi metastazı hastası için (a)DCA ve (b) FBC seçenekleri kullanılarak yapılan planlarda transvers kesitteki doz dağılımları..... | 24 |
| Şekil 4.2 Sağ böbrek üstü bezi metastazı hastası için (a)DCA ve (b) FBC seçenekleri kullanılarak yapılan planlarda sagittal kesitteki doz dağılımları..... | 25 |
| Şekil 4.3 Sağ böbrek üstü bezi metastazı hastası için (a)DCA ve (b) FBC seçenekleri kullanılarak yapılan planlarda koronal kesitteki doz dağılımları..... | 25 |
| Şekil 4.4 Sol böbrek üstü bezi metastazı hastası için (a)DCA ve (b) FBC seçenekleri kullanılarak yapılan planlarda transvers kesitteki doz dağılımları..... | 25 |
| Şekil 4.5 Sol böbrek üstü bezi metastazı hastası için (a)DCA ve (b) FBC seçenekleri kullanılarak yapılan planlarda sagittal kesitteki doz dağılımları..... | 26 |
| Şekil 4.6 Sol böbrek üstü bezi metastazı hastası için (a)DCA ve (b) FBC seçenekleri kullanılarak yapılan planlarda koronal kesitteki doz dağılımları..... | 26 |
| Şekil 4.7 Sağ böbrek üstü bezi metastazı hastası için DCA tedavi planı DVH eğrisi | 27 |
| Şekil 4.8 Sağ böbrek üstü bezi metastazı hastası için FBC tedavi planı DVH eğrisi | 27 |
| Şekil 4.9 Sol böbrek üstü bezi metastazı hastası için DCA tedavi planı DVH eğrisi..... | 28 |
| Şekil 4.10 Sol böbrek üstü bezi metastazı hastası için FBC tedavi planı DVH eğrisi..... | 28 |
| Şekil 4.11 DCA ve FBC teknikleri ile PTV için HI değerlerinin karşılaştırılması..... | 32 |
| Şekil 4.12 Homojenite indeksinin PTV hacmine bağlı değişimi | 33 |
| Şekil 4.13 Maksimum spinal kord dozlarının ortalamalarının karşılaştırılması | 36 |
| Şekil 4.14 Ortalama spinal kord dozlarının ortalamalarının karşılaştırılması..... | 36 |
| Şekil 4.15 Sol adrenal bez ışınlamasında maksimum spinal kord dozunun PTV hacmine bağlı değişimi..... | 37 |
| Şekil 4.16 Sol adrenal bez ışınlamasında ortalama spinal kord dozunun PTV hacmine bağlı değişimi | 38 |
| Şekil 4.17 Sağ adrenal bez ışınlamasında maksimum spinal kord dozunun PTV hacmine bağlı değişimi..... | 39 |

| | |
|--|----|
| Şekil 4.18 Sağ adrenal bez ışınlamasında ortalama spinal kord dozunun PTV hacmine bağlı değişimi | 40 |
| Şekil 4.19 İpsilateral böbrek için V15 hacminin PTV hacmine bağlı değişimi..... | 46 |
| Şekil 4.20 İpsilateral karaciğer için V15 hacminin PTV hacmine bağlı değişimi..... | 53 |
| Şekil 4.21 Kritik organların maksimum dozlarının ortalamasının DCA ve FBC için karşılaştırılması | 55 |
| Şekil 4.22 Kritik organların ortalama dozlarının ortalamalarının DCA ve FBC için karşılaştırılması | 55 |
| Şekil 4.23 Böbreklerin ve karaciğerin V15 hacimlerinin ortalamalarının DCA ve FBC için karşılaştırılması | 56 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Çizelge 2.1 Adrenal SBRT tedavi şemaları için eşdeğer dozlar | 12 |
| Çizelge 2.2 SBRT uygulamaları ile 3BKRT/YART arasındaki temel farklar..... | 14 |
| Çizelge 3.1 Hastalara ait genel bilgiler | 21 |
| Çizelge 3.2 Tedavi edilen lezyonlara ait bilgiler ve tedavi şeması | 22 |
| Çizelge 4.1 PTV hacimlerine ait doz değerleri | 29 |
| Çizelge 4.2 Maksimum PTV dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdeler farkları . | 30 |
| Çizelge 4.3 Ortalama PTV dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdeler farkları | 30 |
| Çizelge 4.4 PTV için V95 dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdeler farkları | 31 |
| Çizelge 4.5 DCA ve FBC planları için homojenite indeksleri(HI)..... | 32 |
| Çizelge 4.7 Sol adrenal bez için yapılan tedavi planlarındaki spinal kord dozları | 35 |
| Çizelge 4.8 Sağ adrenal bez için yapılan tedavi planlarındaki spinal kord dozları..... | 35 |
| Çizelge 4.9 Sağ böbrek maksimum, ortalama dozları ile V15 hacimleri..... | 41 |
| Çizelge 4.10 Sol böbrek maksimum, ortalama dozları ile V15 hacimleri | 42 |
| Çizelge 4.11 İpsilateral böbrek için maksimum ve minimum doz ile V15 hacmi | 43 |
| Çizelge 4.12 Maksimum ipsilateral böbrek için dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdeler farkları | 44 |
| Çizelge 4.13 Ortalama ipsilateral böbrek dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdeler farkları | 44 |
| Çizelge 4.14 İpsilateral böbrek için V15 hacimlerinin DCA ve FBC planlarındaki yüzdeler farkları | 45 |
| Çizelge 4.15 Kontralateral böbrek için maksimum ve ortalama dozlar ile V15 hacmi .. | 47 |
| Çizelge 4.16 Maksimum kontralateral böbrek dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdeler farkları | 48 |
| Çizelge 4.17 Ortalama kontralateral böbrek dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdeler farkları | 49 |
| Çizelge 4.18 Maksimum ve ortalama karaciğer dozları ile V15 değerleri | 50 |
| Çizelge 4.19 İpsilateral karaciğer için maksimum ve ortalama dozlar ile V15 hacmi ... | 51 |
| Çizelge 4.20 Maksimum ipsilateral karaciğer dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdeler farkları | 51 |
| Çizelge 4.21 Ortalama ipsilateral karaciğer dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdeler farkları | 52 |
| Çizelge 4.22 İpsilateral karaciğer için V15 hacimlerinin DCA ve FBC planlarındaki yüzdeler farkları | 52 |
| Çizelge 4.23 Kontralateral böbrek için maksimum ve ortalama dozlar ile V15 hacmi .. | 53 |
| Çizelge 4.24 Maksimum kontralateral karaciğer dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdeler farkları | 54 |

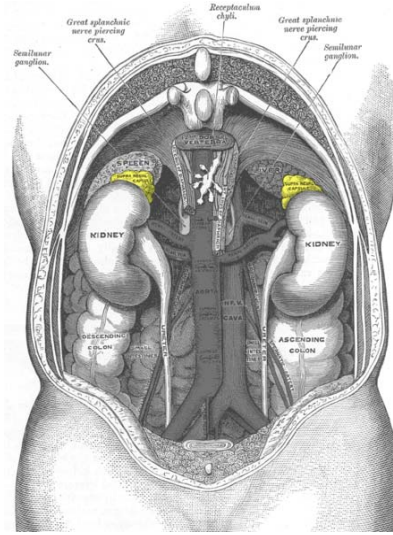
| | |
|---|----|
| Çizelge 4.25 Ortalama kontralateral karaciğer dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdelik farkları | 54 |
|---|----|

1. GİRİŞ

1.1 Böbrek Üstü Bezlerinin Anatomisi

Memelilerde, adrenal, suprarenal, surrenal bezler olarak da bilinen böbrek üstü bezleri, böbreklerin hemen üstlerinde bulunan iç salgı bezleridir.

Böbrek üstü bezleri retroperitoneal olarak böbreklerin üst iç yanında bulunurlar. Perirenal fasya ve perirenal yağ dokusu ile çevrilmiş olarak kolumna vertebralisin her iki yanında 11. torakal ve 1. lomber vertebranın laterallerinde yerleşirler. Her bezin ortalama kütlesi 4 ila 6 gr, eni 1,5 ila 4 cm. ve uzunluğu 3,5 ila 7,3 cm'dir. Sağ böbrek üstü bezi, sola nazaran daha yüksekte ve daha dış tarafta bulunur. Vena Cava Inferior'a (alt ana toplardamar) yakın yerleşimli ve karaciğerin çıplak alanı ile daha sıkı temas halinde olup, şekil olarak üçgene benzer (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2). Sol böbrek üstü bezi ise, sağdakine nazaran biraz daha uzun ve geniş olup, şekil olarak yarım aya benzer ve abdominal aortaya çok yakındır (Kaya 2005).



Şekil 1.1 Böbrek üstü bezleri anatomisi



Şekil 1.2 Böbrek üstü bezlerinin transvers, koronal ve sagittal kesit BT görüntüleri

Böbrek üstü bezleri korteks(kabuk) ve medulla(öz) olmak üzere iki kısımdan ibarettir. Korteks parlak sarı, medulla ise kırmızı-kahve renklidir. Adrenal bezler de tiroit bezi gibi çok fazla kanlanan organlarımızdandır (Kaya 2005). Bu durum akciğer kanserinin yaygın olarak böbreküstü bezi metastazı yapmasının nedenlerinden biri olabilir.

1.2 Böbrek Üstü Bezlerinin Fizyolojisi

Bezlerin temel işlevi fizyolojik stres karşısında kortikosteroid (kortekste) ve katekolamin (medullada) sentezleyip kana salgılamaktır.

Başlıca böbrek üstü bezi hormonları;

- Korteks: kortizol, aldosteron, androjenler
- Medulla: Adrenalin(epinefrin) ve noradrenalin(norepinefrin)

Salgıladığı bu hormonlar aracılığı ile böbrek üstü bezleri;

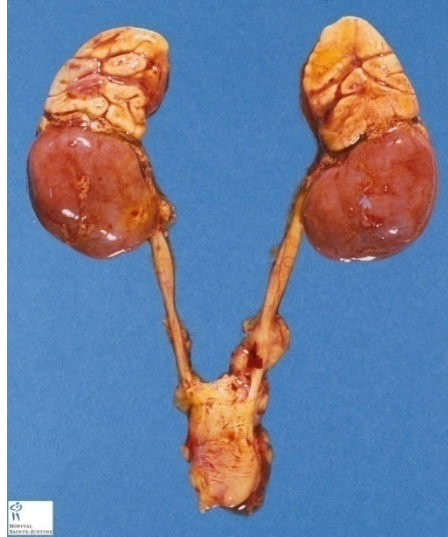
- Karbonhidrat ve protein metabolizması
- Böbrek fonksiyonları
- Organizmanın büyümesi
- Kan basıncının düzenlenmesi

vb. görevleri yerine getirir (Kaya 2005).

1.3 Böbrek Üstü Bezi Tümörleri

Incidentaloma: Herhangi bir klinik şikâyet ya da şüphe olmaksızın tesadüfen bulunan tümörlere verilen isimdir. Obezite, hipertansiyon gibi potansiyel olarak adrenal bezlerle ilgili olabilecek bir hastalık araştırılırken veya tamamen tesadüfen tespit edilen adrenal tümörler incidentaloma başlığı altında incelenir (Kaya 2005).

Yapılan otopsi serilerine göre adrenal tümörler insanda en sık karşılaşılan tümörlerdir (Şekil 1.3). Orta yaş döneminde %3, ileri yaşta ise %10'a varan bir oranla, adrenal tümör görülme sıklığı saptanmıştır. Tespit edilen tümörlerin pek çoğu benign olmakla beraber %19'u adrenal metastaz, %10'u ise primer adrenal kortikal karsinomlardır (McLean vd. 2011).



Şekil 1.3 Otopsi sonrası böbrekler ve böbrek üstü bezleri

Hastalarda genel olarak, bacaklarda ödem, bel ağrısı, çarpıntı, uyku bozuklukları gibi şikâyetler görülmektedir (Zeng vd. 2005).

1.4 Böbrek Üstü Bezi Metastazlarının Köken Aldığı Primer Kanserler

Adrenal metastaz yapan kanser türleri aşağıda verilmiştir.

- Akciğer
- Meme

- Malign melanom
- Böbrek
- Karaciğer
- Kolon
- Pankreas
- Mide
- Baş-boyun
- Bilinmeyen

Yukarıda adı geçen adrenal metastazı yapan kanser türleri arasında akciğer kanseri %39 ve meme kanseri %35'lik oranlarla ilk sırada yer alırlar. Malign melanom ve böbrek kanserlerinin geç evrelerinde %40-50 oranında adrenal metastaz görülür (McLean vd. 2011).

1.5 Böbrek Üstü Bezi Metastazlarının Tedavisi

Böbrek üstü bezi primer tümör veya metastazlarının tedavisinde kullanılan başlıca tedavi yöntemleri cerrahi, arteriyel embolizasyon, kimyasal ablasyon, radyofrekans ablasyon ve radyoterapidir (McLean vd. 2011). Her bir böbrek üstü bezine 60'a yakın arteriyolun girmesi, cerrahi yaklaşımları zorlaştırmaktadır. Ayrıca bu durum arteriyel embolizasyon uygulamalarının da önündeki en büyük engellerdendir. Kimyasal ablasyon tekniği ise lezyon boyutu arttıkça etkinliğini yitirmektedir. Radyofrekans ablasyon tekniği pek çok tümörün tedavisinde başarı ile uygulanmakla birlikte enfeksiyon riski taşımaktadır.

Zeng vd 2005 yılında yaptıkları çalışma ile böbrek üstü bezlerinin radyasyona karşı duyarlı oldukları gösterilmiştir. Bu nedenle hastalığın durumuna göre radyoterapi primer tedavi ya da cerrahi sonrası adjuvan tedavi olarak tercih edilebilmektedir.. Hastada bağımsız adrenal karsinom bulunması durumunda cerrahi tercih edilirken, birden fazla metastazın varlığı durumunda radyoterapi primer tedavi olarak uygulanır. Radyoterapi uygulamalarında tedaviye yaklaşım, primer adrenal tümörler için küratif, adrenal metastazlar için ise palyatiftir. Metastaz tedavilerindeki amaç hastanın yaşam kalitesini yükseltmektir (Gamsız 2011).

Adrenal metastazların radyoterapi ile tedavisinde 3BKRT için genellikle 4 veya 5 oblik alan kullanılarak günlük 2 Gy fraksiyon dozu ile toplam 50 Gy tedavi dozu verilir (Zeng vd. 2005). Böbrek üstü bezleri metastazları için YART uygulamaları, NCCN 2010 yılında yayınladığı Practice Guidelines for Neuroendocrine Tumors'a göre uygun görülmemektedir (Anonymous 2011). Üçüncü radyoterapi yaklaşımı olarak stereotaktik beden radyoterapisi (SBRT) umut vaat etmektedir.

Bu çalışmada böbrek üstü bezleri metastazlarının tedavisinde SBRT uygulamalarının etkinliğinin, hedef hacim doz homojenitesi ve kritik organlar için tolerans dozları göz önüne alınarak değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Stereotaktik Beden Radyoterapisi (SBRT)

SBRT'nin klinik uygulama olarak ifadesinin daha iyi kavranabilmesi için öncelikle "stereotaktik" kelimesinin anlamını incelenmelidir.

- Stereo: Yunanca kökenli bir kelime olup katı olmak ile üç boyutlu (3B) olmayı veya 3B ile ilişkili olmayı ifade eder.
- Tactic: Latince "tact" teriminden türemiş olup dokunmak anlamına gelir (Gibbs vd. 2010).

ACR ve ASTRO'nun 2010 yılında yayınladıkları rapora göre SBRT,

"tek veya birkaç fraksiyon dozu kullanılarak, yüksek dozda radyasyonun kafatası dışında bulunan beden içindeki bir hedefe çok yüksek doğrulukta(kesin) uygulandığı radyoterapi metodudur."

SBRT hipofraksiyone bir radyoterapi yaklaşımı olup toplam fraksiyon sayısı 1 ile 5 arasındadır (Eğer tedavi tek fraksiyon ise uygulama, stereotaktik beden radyo cerrahisi adını alır). Çok sayıda radyasyon demeti kullanılarak, kritik organ toleransları aşılmadan, hedef hacme yüksek fraksiyon dozları uygulanır. Genelde kullanılan fraksiyon dozları 6 Gy ile 30 Gy arası değişmektedir. Normal doku hasarlarının en aza indirilebilmesi için yüksek doz bölgesinin hedef hacimle uyumlandırılması ve hedeften uzaklaştıkça hızla düşmesi çok kritiktir. Bu nedenle SBRT uygulamaları, tüm tedavi sürecinin doğruluğuna olan güvenin en yüksek seviyede olmasını gerektirir. (Benedict vd 2010).

2.2 SBRT'nin Tarihsel Gelişimi

Stereotaktik radyo cerrahi (SRS) ilk olarak 1951 yılında Lars Leksell tarafından seçilmiş hastalarda intrakranial hedefler için cerrahinin yerini alabilecek tek fraksiyonluk radyasyon uygulaması olarak tanımlandı. SRS yüksek radyasyon dozunun küçük bir alana yüksek geometrik doğruluk ve hedef hacme uygunlukla bir defada verilmesini ifade etmektedir. Bunun gerçekleştirilebilmesi için hedef üç boyutlu kartezyen koordinatlar ile ilişkilendirilmelidir. Bu yaklaşımla intrakranial hedefler kafaya sabitlenmiş bir çerçeve (frame) ile ilişkilendirilerek stereotaktik olarak belirlenir (Slotman vd. 2006).

Leksell ve Larsson, Co-60 kaynakları kullanılarak üretilen GamaKnife ile 1967 yılında çalışmalarına başlamalarının ardından 1990'ların başında ekstrakranial hedefler için stereotaktik radyo cerrahi girişimleri başladı. Henric Blomgren ve Ingmar Lax ekstrakranial hedefler için stereotaktik beden çerçevesi (body frame) ve abdominal basınç aleti geliştirdiler. Stereotaktik beden çerçevesi ve abdominal basınç cihazı üç amaca hizmet etmekteydi; (1) hasta sabitlemesi, (2) solunumdan kaynaklanan hareketinin en aza indirilmesi ve (3) hedefin stereotaktik yer belirlemede (lokalizasyon) kullanılacak fiducial (referans) işaretçilerin yerleştirilmesi (Kavanagh vd. 2007). Blomgren ve Lax, İsveç'te 1995 yılında, akciğer ve karaciğer lezyonları bulunan 31 hastada SBRT'yi ilk olarak uyguladılar (Dawson 2008).

2.3 SBRT'nin karakteristik özellikleri

Timmerman (2007) geleneksel radyoterapi uygulamalarından SBRT'yi farklı kılan karakteristik özellikleri şu şekilde sıralamaktadır.

- Sağlam ve güvenilir immobilizasyon
- Organ hareketlerinin titizlikle hesaba katılması
- Hedef hacmin stereotaktik olarak kayıt edilmesi
- Simülasyondan tedaviye kadar tam ve kesin tekrar pozisyonlama
- Normal doku ışınlanmasının azaltılması
- Tümöre ablatif doz fraksiyonunun uygulanması

Önemleri nedeniyle her bir özellik ayrı başlıklar halinde açıklanacaktır.

2.3.1 Sağlam ve güvenilir immobilizasyon

Stereotaktik, hedef hacmin üç boyutta kesin olarak pozisyonlanmasını ifade eder. Bunun başarılabilmesi için SBRT uygulamalarında simülasyondan tedaviye kadar pek çok özel ekipmanlar kullanılır. Bu ekipmanlar sayesinde hastanın istemli veya istemsiz hareketleri kısıtlanır. Bu ekipmanlardan bazıları vakumlu yataklar, abdominal basınç uygulayıcı aletlerdir (Saw 2010).

2.3.2 Organ hareketlerinin titizlikle hesaba katılması

Solunum, peristaltik kasılmalar, kalbin atması gibi hastaların kontrol edemediği istemsiz hareketler, tümör ve komşu dokuların hareket etmesine neden olurlar. Özellikle torakal bölgedeki organlar ve diyaframa yakın bulunan karın boşluğundaki organlar solunum ile yer değiştirmektedir. Solunumun takip edilmesi ve dört boyutlu BT kullanılması ile tümör ve çevre dokuların solunumla yer değiştirmeleri tedavi planlamasında dikkate alınabilmektedir. Örnek olarak kliniklerde kullanılmakta olan Elekta marka ABC™ solunum izleme ve kontrol sistemi ve Varian'ın ürettiği solunumla tetikleme (gating) RPM™ verilebilir (Kavanagh vd. 2007).

2.3.3 Hedef hacmin stereotaktik olarak kayıt edilmesi

Hedef hacmin üç boyutta yerinin tam olarak belirlenebilmesi için içerisinde radyopak referans noktaları (fiducial) olan çerçeveler hasta çevresine yerleştirilerek simülasyon ve tedavi planlamasında kullanılır. İkinci bir metot olarak tümör veya komşu dokuya yerleştirilecek olan işaretçinin takip edilmesidir (Kavanagh vd. 2007).

2.3.4. Simülasyondan tedaviye kadar tam ve kesin tekrar pozisyonlama

Tümör yerinin üç boyutta yüksek doğrulukla belirlenmesinin yanında tedavi odasındaki tekrar pozisyonlama ve doğru bölgenin tedavi edilmesi de büyük önem taşır. Bu amaçla lineer hızlandırıcı gantrisine entegre cone beam computed tomography (CBCT) (Elekta Synergy® ve Varian Trilogy™ gibi), raylı BT (Siemens CTVision™ gibi), ve oda içi radyografik görüntüleme (Cyberknife® ve Novalis TX™ gibi) kullanılabilmektedir (Saw 2010).

2.3.5 Normal doku ışınlanmasının azaltılması

Çoklu küçük alanların (10'nun üzerinde) veya geniş açılı arkların kullanılması ile hasta giriş dozu ve normal doku dozu azalmakta, hedef hacimde ise üst üste binen demetler sayesinde çok yüksek dozlar elde edilebilmektedir. Bunun başarılabilmesi için PTV payları azaltılmakta, 3mm veya 5mm lif kalınlığındaki özel kolimatörler kullanılmaktadır.

2.3.6 Tümöre ablatif doz fraksiyonunun uygulanması

Geleneksel radyoterapi rejimlerinin fraksiyon dozu 2 Gy'dir. Bazı uygulamalarda bu doz 1.8 Gy bazılarında ise 3 Gy olabilmektedir. Fakat SBRT uygulamalarında uygulanan fraksiyon dozu 6 Gy ile 30 Gy arasında değişebilmektedir. Bu seviyedeki akut radyasyon uygulamaları sonrası tümör dokusunun tamamen yok edilmesi hedeflenmektedir.

SBRT uygulamalarını diğer radyoterapi yaklaşımlarından ayıran en önemli fark tümöre ablatif doz fraksiyonu uygulanmasıdır. Tümöre ablatif doz fraksiyonu uygulanmayıp diğer beş gereksinimin yerine getirilmesi uygulamanın SBRT değil, yüksek hassasiyet ve geometrik doğrulukla 3BKRT/YART tedavisi olduğu anlamına gelmektedir Timmerman (2007).

2.4 Güncel SBRT Cihazları

Günümüzde, SBRT uygulamalarının gereksinimlerinin fazla olması nedeniyle yüksek donanım özelliklerine sahip cihazlar kullanılmaktadır. SRS ve SBRT için özel olarak üretilmiş ve bu uygulamalara has özellikler içeren cihazlar arasında Cyberknife® (Accuray) ve Novalis TX™ (BrainLAB) bulunmaktadır. Bu cihazların dışında genel radyoterapi uygulamaları için de kullanılabilen, görüntü rehberliği sunan lineer hızlandırıcılar ek aksesuarlarla SBRT ve SRS uygulamalarında kullanılabilir. Elekta Synergy® ve Axesse®, Varian Trilogy™ ve TrueBeam™ gantrilerine monte edilmiş cone beam computed tomography CBCT ile kilovolt (kV) görüntüleme yaparak görüntü rehberliği sunabilmektedirler. Siemens Oncor ARTISTE™ ve Expression™ megavolt CBCT ile görüntü rehberliği sunmaktadır. Ayrıca Siemens raylar üzerinde hareket eden BT ile lineer hızlandırıcının bir arada kullanıldığı CTVision™ ile de görüntü rehberliği kullanılabilir. Cyberknife® ve Novalis TX™ sistemlerinde ise oda içi radyografik görüntüleme yapılmaktadır. Lineer hızlandırıcılara SRS ve SBRT uygulamaları için en sık eklenen aksesuarlar Elekta, Siemens BrainLAB gibi firmaların ürettiği dinamik mikro çok yapraklı kolimatörlerdir. Tüm bu sistemlerden farklı olarak, geleneksel lineer hızlandırıcılardan çok bir BT'ye benzeyen Tomo Therapy® (Accuray) kullanılarak da SRS ve SBRT uygulamaları yapılabilmektedir (Anonymous 2011).

2.5 SBRT'nin Radyobiolojik Temelleri

AAPM'in 52. yıllık toplantısında Brain D.Kavanagh (2010), yaptığı sunumda Bergonie ve Tribondeau yasasını hatırlatarak şöyle demektedir:

“Radyoterapötik tedaviler nedeniyle atipik hücre bölünmelerinin artmasından kaçınılması gerekmektedir. Az sayıda ve yüksek radyasyon dozları uygulama tekniğinin aksine, küçük ve tekrarlanan radyasyon dozların uygulanmasının, canavar hücrelerin oluşumu ile sonuçlanan böylesi tahrip edici olmayan iritasyonlar üretmeye daha yatkın olduğu çok açık görülmektedir”

Yukarıdaki ifade incelendiğinde fraksiyon sayısının azaltılması ve fraksiyon dozlarının artırılması gerektiği sonucuna ulaşılır. Fakat geleneksel radyoterapi uygulamaları 2 Gy gibi düşük fraksiyon dozlarında 6 ile 7 haftada uygulanmaktadır. Fraksiyon dozunun arttırılamamasının en önemli nedeni normal doku toleranslarıdır. Hedef hacim tanımlamalarında kullanılan paylar, set-up payları sağlıklı normal dokunun geniş bir kısmının ışınlanmasına neden olmaktadır. Bu durumda tümöre yüksek fraksiyon dozlarının uygulanması, radyasyonun normal doku üzerindeki olumsuz etkileri nedeni ile gerçekleştirilememektedir. Fakat SBRT uygulamalarında yüksek geometrik doğruluk sağlanması, hem hedef hacim tanımlamalarında kullanılan payların set-up paylarının azaltılmasına neden olmuştur. Bu durum normal doku ışınlamalarının en aza indirilmesine yardım ederek fraksiyon dozunun arttırılmasını kolaylaştırmıştır.

Radyasyonun tümör dokusu ve normal doku üzerindeki biyolojik etkilerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak “Lineer Kuadratik Model (LQM)” kullanılmaktadır (Timmerman 2007). LQM hücre ölümünün ve subletal tahribatların onarımının radyobiolojik etkilerinin tanımlanması için, hücre sağ kalım eğrileri incelenerek geliştirilmiş mekanik bir modeldir. Model radyasyon etkisi ile hücre ölümünün iki bileşeni olduğunu varsayar. Bunlardan biri dozla(αD), diğeri ise dozun karesi ile(βD^2) orantılıdır. Buradaki α parametresi düşük dozlarda başlangıçtaki eğimi ifade eder ve tek vuruşla meydana gelen etkinin olasılığını, β parametresi ise çift vuruşla meydana gelen etkinin olasılığını yansıtır ve dokudaki onarım işleminin bir ölçüsüdür (Dirican 2010).

Biyolojik etkin doz,

$$BED = nd(1 + \frac{d}{\alpha/\beta})$$

formülü ile hesaplanır. α/β oranları pek çok tümör ve sağlıklı dokuların erken etkileri için 10 Gy, sağlıklı dokuların geç etkileri için ise 3 Gy alınır.

LQM alternatif tedavi şemalarının erken ve geç radyasyon reaksiyonları ile BED değerleri açısından değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. (Gibbs vd 2010).

Geleneksel radyoterapi yaklaşımları(3BKRT, YART) ile SBRT arasındaki en önemli fark çok yüksek radyasyon dozlarının birkaç fraksiyonda uygulanmasıdır, ki bu sayede yüksek BED değerlerine ulaşılır (Benedict vd 2010)

Adrenal SBRT tedavilerinde kullanılan tedavi şemalarının BED değerleri LQM kullanılarak hesaplanmıştır. Tedavi şemalarının eş değer dozları ve eşdeğer fraksiyon sayıları fraksiyon dozu 2 Gy alınarak hesaplanmış olup Çizelge 2.1’de verilmektedir.

Çizelge 2.1 Adrenal SBRT tedavi şemaları için eşdeğer dozlar

| SBRT Tedavi Şemaları | | | Geleneksel RT Eşdeğeri | | |
|----------------------|------------------|------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| Fraksiyon Dozu (Gy) | Fraksiyon Sayısı | Tedavi Dozu (Gy) | BED ₁₀ | Doz Eşdeğeri (Gy) | Fraksiyon Sayısı (2Gy) |
| 10 | 3 | 30 | 60,0 | 50 | 25 |
| 8,0 | 5 | 40 | 72,0 | 60 | 30 |
| 8,0 | 3 | 24 | 43,2 | 36 | 18 |
| 7,5 | 6 | 45 | 78,8 | 66 | 33 |
| 6,0 | 4 | 24 | 38,4 | 32 | 16 |
| 6,0 | 6 | 36 | 57,6 | 48 | 24 |

Lineer kuadratik modelin SBRT fraksiyon şemalarında uygulanmasında, hücre ölümü mekanizmasını olduğundan fazla, akut ve geç radyasyon reaksiyonlarını ise olduğundan az tahmin ettiği tartışılmaktadır. Fakat, daha uygun bir model üretilene değin LQM, radyobiyojik etkinin kantitatif değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaya devam edecektir (Gibbs vd 2010).

2.6 SBRT Uygulama Alanları ve Uygulama Teknikleri

SBRT uygulamalarındaki en önemli aşama uygun hasta seçimidir. Çoğunlukla akciğer, karaciğer ve spinal tümörleri olan hastalar SBRT ile tedavi edilmekle birlikte bunların dışında pankreas, prostat, böbrek ve adrenal tümörler için de SBRT uygulamaları görülmektedir. Ayrıca geleneksel tedavi şemaları ile tedavi edilen lezyonlara SBRT boost olarak da uygulanabilmektedir. Araştırmacıların çoğu SBRT için uygun olan hastaların seçiminde tümör kitlesinin büyüklüğünü göz önüne almaktadırlar. Bazıları maksimum kesit çapı 5cm altındaki, bazıları ise 7cm altındaki tümörler için SBRT uygulamasını makul bulmaktadır (Benedict vd. 2010). Hasta seçiminde tümörün seri organlara olan yakınlığı da önem kazanmaktadır. Özefagus, spinal kord, trakea ve ana bronşlarla tümör arasında uzaysal ayrıklık bulunmadığı durumlarda SBRT tercih edilmemelidir. Örneğin akciğer tümörlerinin “proksimal bronchial tree” en az 2cm mesafede olması durumunda SBRT uygulanması önerilmektedir (RTOG 0236)

Primer tümörler ve metastazlarda SBRT uygulamalarının cerrahiye yakın sonuçlar vermesine ek olarak birkaç fraksiyonda tamamlanması hastalar için geleneksel radyoterapiye göre daha uygundur (Benedict vd. 2010).

Metastaz tedavilerindeki SBRT uygulamalarının kuramsal temellerinin başında Norton-Simon hipotezi gelmektedir. Hipoteze göre kanser hücrelerinin sistemik yükü, fark edilemeyen düşük bir seviyeden başlayarak eksponansiyel olarak artar ve ölümcül bir platoya ulaşır. SBRT'nin bölgesel olarak metastazlara uygulanması sistemik kanser hücresi yükünü azaltarak hastanın yaşam kalitesini ve süresini uzatabilir (Benedict vd. 2010).

SBRT uygulama teknikleri fotonların kullanıldığı sabit gantri açılarındaki demetler ve arklar olmak üzere temelde ikiye ayrılmaktadır. Sabit gantri açılı 10 ve üzeri sayıda demetler eş düzlemlili veya eş düzlemlili olmayan şekilde, PTV şekli ile uyumlandırılarak kullanılmaktadır (Timmerman 2007). Arklar ise sabit ark, dinamik konformal ark (DCA) ve volumetric modulated arc (VMAT) olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Scorsetti vd. 2011)

AAPM TG101 sayılı raporundaki veriler kullanılarak SBRT ile 3BKRT ve YART teknikleri arasındaki temel farklar Çizelge 2.2’de görülmektedir.

Çizelge 2.2 SBRT uygulamaları ile 3BKRT/YART arasındaki temel farklar

| Karakteristik | 3BKRT/YART | SBRT |
|---|--|--|
| Fraksiyon Dozu | 1.8 - 3 Gy | 6 - 30 Gy |
| Fraksiyon Sayısı | 10 - 30 fr | 1 - 5 fr |
| Hedef Tanımı | Tümörün kesin sınırları olmayabilir | Sınırları iyi tanımlanmış |
| Paylar | cm | mm |
| Tüm tedavi süresince yüksek uzaysal hedefleme doğruluğunun sağlanması | Orta seviyede zorunlu (orta seviyede hasta pozisyonunun kontrolü ve izlenmesi) | Çok katı seviyede zorunlu (yeterli hasta sabitlemesi ve entegre görüntüleme sistemi ile sıklıkla pozisyon izlenmesi ve doğrulanması) |
| Solunum hareketinin yönetilmesi | Orta seviyede önemli | Yüksek derecede önemli |
| Radyobiolojik anlaşılabilirliği | Orta seviyede iyi anlaşılabilir durumda | Çok az anlaşılabilir durumda |

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyaller

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 dört boyutlu bilgisayarlı tomografi simülâtör ve Elekta CMS ERGO[®]++ tedavi planlama sistemi kullanılmıştır.

3.1.1 Lineer Hızlandırıcı

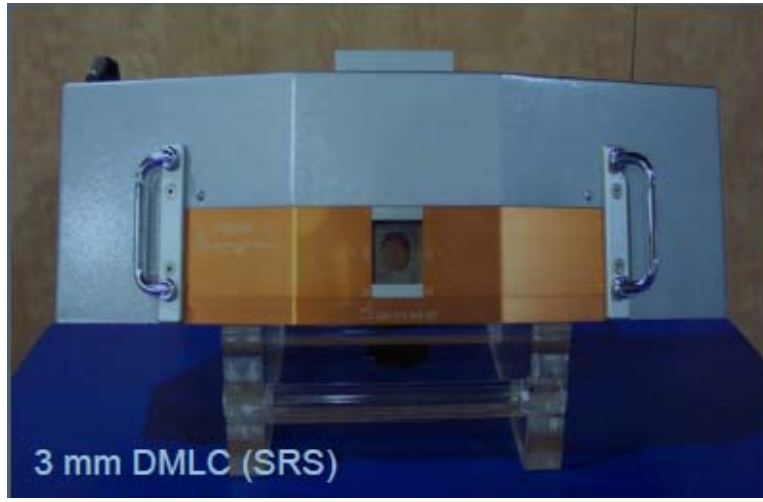
Elekta marka Synergy[®] model lineer hızlandırıcı cihazı 6MV ve 18MV foton enerjileri ile 6,9,12,15, ve 18MeV elektron enerjilerinin kullanılabilmesine imkân sağlar. En büyük alan boyutu 40x40cm² olup 40 çift çok yapraklı kolimatör sistemi bulunur. Sistem üzerindeki elektronik portal görüntüleme sistemi olan EPID ile mega volt(MV) görüntüleme yapılır. Planlama sisteminden elde edilen DRR görüntüleri ile karşılaştırılan port görüntüleri ile hasta pozisyonlaması kontrol edilebilmektedir. Ayrıca cihaz gantrisine sabitlenmiş olarak bulunan “Cone Beam Computed Tomography” (CBCT) ile kilo volt(kV) görüntüleme yapılabilmektedir. Bu donanımı sayesinde cihaz stereotaktik radyoterapi uygulamalarına ve görüntü rehberliğinde radyoterapi uygulamalarına imkân tanımaktadır (Şekil 3.1).



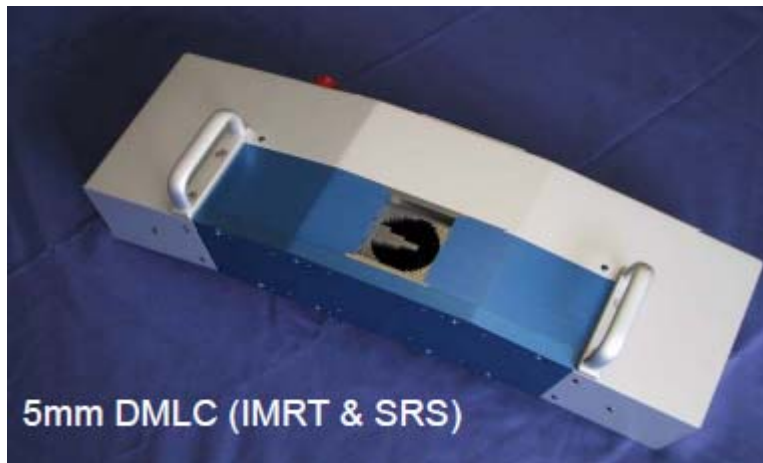
Şekil 3.1 Elekta Synergy[®] lineer hızlandırıcı

3.1.2 Dinamik Mikro Çok Yapraklı Kolimatörler

Tedavi kafasına harici olarak takılan Elekta marka iki adet DMLC, hedef hacim sarmasını ve kritik organ korumasını en üst seviyede tutması amaçlanarak planlamalar süresince kullanılmıştır. Dinamik konformal ark terapi uygulamalarında DMLC hareket ederek PTV'nin şeklini alır. DMLC'ler eşmerkezde 3mm ve 5mm'lik lif kalınlığına sahiptirler. Lif yükseklikleri her ikisi için 8cm olup maksimum alan açıklıkları sırasıyla $7 \times 7 \text{cm}^2$ ve $10 \times 12 \text{cm}^2$ 'dir. (Anonymous 2011).



Şekil 3.2 3mm lif genişliğine sahip DMLC



Şekil 3.3 5mm lif genişliğine sahip DMLC



Şekil 3.4 DMLC takılmış bir lineer hızlandırıcı

3.1.3 BodyFIX® Hasta Sabitleme Sistemi

Klinik kullanımda BlueBAG™ hasta yatağı, çift yönlü vakum pompası ve stereotaktik lokalizer, BodyFIX® hasta sabitleme sistemini oluşturur (Şekil 3.5). Polistren kürecikler içeren BlueBAG™ 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 örtülerek vakumlanır. Karın bölgesine uygulanan basınç sayesinde solunum hareketinin genliği azaltılır. Bu uygulamalar sonucunda BlueBAG™ hasta yatağı ile hastanın istemli ve istemsiz hareketleri kısıtlanır. Stereotaktik lokalizer radyoopak fiduciallar içeren bir kafes şeklindedir ve hastanın incelenmek istenen bölgesine(abdomen, pelvis veya toraks) yerleştirilir. Hedef hacmin uzaydaki yerinin belirlenmesinde harici referans noktası olarak kullanılır (<http://www.elekta.com/healthcare-professionals/products/elekta-oncology/treatment-techniques/positioning-and-immobilization/bodyfix.html> 2011).

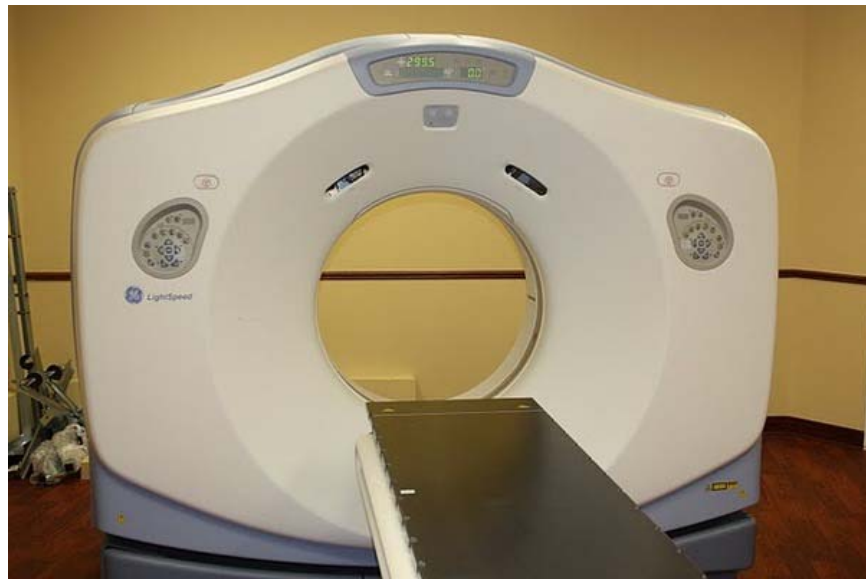


Şekil 3.5 BodyFIX® hasta sabitleme sistemi

3.1.4 Bilgisayarlı Tomografi

General Electric marka LightSpeed® model dört boyutlu bilgisayarlı tomografi cihazı solunum hareketlerini de dikkate alarak görüntüler elde edebilme imkânı sunar (Şekil 3.6). Gantri çapı 80cm olup, hasta yatağı tedavide kullanılan lineer hızlandırıcı yatağı gibi düzdür. 16 dedektör dizisi üzerinde toplam 14,592 dedektör içerir. En küçük dedektör boyutu 0,63mm olup kullanılacak kesit kalınlıkları 0,63mm ile 10mm'dir arasındadır

(http://www.gehealthcare.com/euen/ct/products/dedicated_systems/products/lightspeedrt.html 2011).



Şekil 3.6 General Electric LightSpeed® BT simülator

3.1.5 Active Breathing Coordinator™

Elekta marka Active Breathing Coordinator™(ABC) model solunum izleme ve kontrol sistemi, lineer hızlandırıcı ile eşlenerek tedavinin hastanın solunumu ile eşgüdümlü gerçekleşmesini sağlar. Bu sayede solunumdan kaynaklanan organ hareketleri en aza indirilerek tümöre verilen planlama payları azaltılır ve normal doku ışınlamaları en düşük seviyede tutulur. Hastanın ağzına yerleştirilen özel ağızlık, hortum ile cihaza bağlanır. Solunum döngüsü kumanda odasındaki bilgisayar monitöründe tedavi ekibi tarafından, tedavi odasında bulunan monitör ile de hasta tarafından gözlenebilmektedir. Tedavi ekibinin yönlendirmeleri ile hastanın nefesini tutması istenir. Derin nefes alma sonrası veya derin nefes verme sonrası sistem aktive edilir. Cihaz, ürettiği pozitif basınç ile hastanın nefes tutmasına destek olur. Hastanın akciğerlerinin kapasitesine ve tedavi ekibi ile işbirliğine bağlı olarak, solunum genliği ve en uzun nefes tutma süresi belirlenir. Bu süre 24sn ve üzerinde ise, hasta simülasyon tomografisi çekilmesi ve tedavi için uygundur. Hastanın avucunda sistem çalışırken basılı tutması gereken bir acil durum butonu bulunur. Hasta, nefes tutmasını engelleyen herhangi bir durumla karşılaşması halinde butonu serbest bırakarak simülasyonu veya tedaviyi durdurur (<http://www.elekta.com/healthcare-professionals/products/elekta-oncology/treatment-techniques/motion-management/active-breathing-coordinator.html> 2011).



Şekil 3.7 ABC uygulaması

3.1.6 ERGO++ Tedavi Planlama Sistemi

Elekta CMS ERGO++ tedavi planlama sistemi, 3BKRT, DCA terapi, VMAT planlamalarının yapılmasına olanak sağlar. SRS ve SBRT için hazırlanmış olan ve içersinde radyopak referans noktaları (fiducial) bulunan stereotaktik çerçeveler kullanılarak elde edilen BT veya MRG hasta görüntüleri ağ üzerinden TPS'e aktarılır. Planlama işlemine başlamadan önce, TPS kullanılarak hasta görüntülerinin stereotaktik lokalizasyonu yapılır Lokalizasyon işlemi ile elde edilen stereotaktik koordinatlar, tedavi aşamasında hastanın pozisyonlandırılması için kullanılır. Planlama sistemine, kurulum aşamasında 3mm ve 5mm'lik DMLC'ler kullanılarak 6MV ve 18MV için elde edilen lineer hızlandırıcı verileri yüklü bulunmaktadır. Tümör yerleşimine bağlı olarak uygun enerji ve DMLC seçilerek planlama yapılır. Yazılım, doz hesaplama algoritması olarak "Virtual Source Model of Multicomponent Pencil Beam Convolution" kullanılmaktadır. Planlama seçenekleri "Dynamic Arc", "Static Arc" ve "Fixed Beam (Sabit Gantri Açılı Demet)" olmak üzere üç tanedir. Dinamik arklar seçilerek yapılan planlarda, ışınlama süresince tanımlanan ark açısında belirlenen aralıklarla DMLC'ler PTV'nin şeklini alır. Kısaca "Dinamik Konformal Ark (DCA)" olarak tanımlanır. Statik arklar seçilmesi ile ark açısı boyunca sabit DMLC şekli korunarak PTV şekline uyumlanma olmaz. Sabit gantri açılı demetlerin kullanılması ise üç boyutlu konformal planlamaya benzer şekilde yapılır. Sabit gantri açılarında ışınlama yapılır. Işınlama süresince DMLC pozisyonları değişmez. Planlama kütüphanesinde önceden tanımlanmış ark veya demetler seçilebilmekte veya yapılan bir plan kütüphaneye kaydedilebilmektedir. Doku farklılıklarının doz hesaplamasında hesaba katılması için BT voksel değerlerine veya kontura bağlı olarak inhomojenite düzeltmesi yapılabilmektedir. Yapılan planın değerlendirilebilmesi için doz dağılımları, doz-hacim histogramları yazılım tarafından hesaplanır. Ayrıca "Arc Modulation Optimization Algorithm (AMOA)" kullanılarak ters planlama da yapılabilmektedir (<http://www.elekta.com/healthcare-professionals/products/elekta-software/treatment-planning/ergo.html> 2011).

3.2 Yöntem

3.2.1 Hastaların özellikleri

GATA radyasyon onkolojisi kliniğinde 2009-2011 yılları arasında Adrenal SBRT uygulanan 9 hasta geriye dönük olarak incelenmiştir. Tedavi edilen hastalara ait cinsiyet, tümör tarafı, primer kanser türü, çoklu metastaz durumu bilgileri Çizelge 3.1’de verilmektedir.

Çizelge 3.1 Hastalara ait genel bilgiler

| Hasta No | Cinsiyet | Tümör Tarafı | Primer Kanser | Çoklu Metastaz |
|----------|----------|----------------------|---------------|----------------|
| 1 | E | Sol | Akciğer | Evet |
| 2 | E | Önce sol, sonra sağ | Akciğer | Evet |
| 3 | E | Sağ | Akciğer | Evet |
| 4 | K | Sol | Akciğer | Evet |
| 5 | K | Sol | Meme | Evet |
| 6 | E | Her ikisi eş zamanlı | Akciğer | Evet |
| 7 | K | Sağ | Over | Evet |
| 8 | E | Her ikisi eş zamanlı | Akciğer | Evet |
| 9 | E | Sol | Akciğer | Evet |

Hastaların bazılarında birden fazla lezyon tedavi edildiği için toplamda 12 adet lezyona ait tedavi planlamaları tekrar oluşturulmuştur. Lezyon tarafı, PTV hacmi ve tedavi şeması Çizelge 3.2’de verilmektedir

Çizelge 3.2 Tedavi edilen lezyonlara ait bilgiler ve tedavi şeması

| Lezyon No | Lezyon Tarafı | PTV Hacmi (cc) | Tedavi Şeması |
|-----------|---------------|----------------|---------------|
| 1 | Sol | 107,6 | 10 Gy*3fr |
| 2 | Sağ | 69,7 | 10 Gy*3fr |
| 3 | Sol | 46,1 | 10 Gy*3fr |
| 4 | Sağ | 18,8 | 10 Gy*3fr |
| 5 | Sol | 23,3 | 10 Gy*3fr |
| 6 | Sol | 44,3 | 10 Gy*3fr |
| 7 | Sol | 61,1 | 10 Gy*3fr |
| 8 | Sağ | 61,2 | 10 Gy*3fr |
| 9 | Sağ | 16,5 | 10 Gy*3fr |
| 10 | Sağ | 22,4 | 10 Gy*3fr |
| 11 | Sol | 104,8 | 10 Gy*3fr |
| 12 | Sol | 143,5 | 10 Gy*3fr |

3.2.2 Tedavi planlama süresince yapılan işlemler

Her bir hastanın simülasyon BT'si BodyFIX™ hasta sabitleme sistemi ve ABC kullanılarak 1,25mm kesit kalınlığı seçilerek taranır. Radyasyon onkologu tarafından abdomen pencere seviyeleri kullanılarak hedef ve kritik organ konturlaması yapılır. Hekim tarafından hedef olarak sadece CTV belirlenir ve 3mm pay verilerek PTV elde edilir. Hasta görüntüleri ERGO®++ TPS'ne ağ aracılığı ile gönderilir. TPS yazılımındaki “Image Management” modülü kullanılarak hedef(target) belirlenir. “Localizer” modülü kullanılarak BT simülasyon görüntüsünde bulunan radyoopak fiduciallar işaretlenir. Yazılım kesit kesit işaretlenen fiducialların yardımı ile hedefin stereotaktik koordinatlarını hesaplar ve rapor olarak verir. Eğer işaretlenen fiduciallarda 2mm üzerinde sapma varsa işlem tekrar yapılarak gerekli düzeltmeler yapıp sonra planlamaya geçilir.

Bu çalışmada, “Dynamic MLC” modülünde “dynamic arc” ve “fixed beam” seçenekleri ayrı ayrı kullanılarak, her bir lezyon için iki adet eşmerkezli plan yapılmıştır. Her iki planlama seçeneğinde 6MV foton enerjisi kullanılmıştır. Kolimatör açısı 0° seçilip, PTV'ye A-B yönünde 3mm, G-T yönünde ise 5mm pay verilmiştir. Her iki planlamada

da arklar ve demetler, spinal kord ve lezyon karşısındaki böbrek, demet alanı girişinde olmayacak şekilde seçilmiştir. Ayrıca doz hesaplaması için 2mm matris boyutu seçilmiştir.

Dinamik konformal arkların kullanıldığı planlamalarda ark açısı 20° seçilmiş olup 5° aralıklarla PTV şeklini almaktadır. Planlamalarda 12 ile 14 adet arasında arklar kullanılmıştır. Sabit demetlerin kullanıldığı planlamalarda, demetler 10° aralıklarla yerleştirilmiştir. Toplamda 24 ile 27 adet arasında demetler kullanılmıştır.

9 hasta 12 lezyon için hedef hacme verilmesi planlanan doz 30 Gy olup, birer gün aralıklarla üç fraksiyonda verilmesi planlanmıştır. Yapılan planlamalarda PTV'nin %95'inin planlanan dozun en az %95'ini alması hedeflenmiştir.

Kritik organ tolerans dozları AAPM TG101 sayılı rapor kullanılarak belirlenmiş olup aşağıda verilmektedir.

Spinal kord maksimum dozu < 18 Gy

Karaciğer dozu < 19.2 Gy (En az 700cc karaciğer hacmi eşik dozun altında kalmalı)

Böbrek dozu < 16 Gy (En az 200cc böbrek hacmi eşik dozun altında kalmalı)

Karaciğer ve böbrek için tolerans dozları planlamalarımda daha korumacı bir yaklaşımla 15 Gy olarak belirlenmiştir.

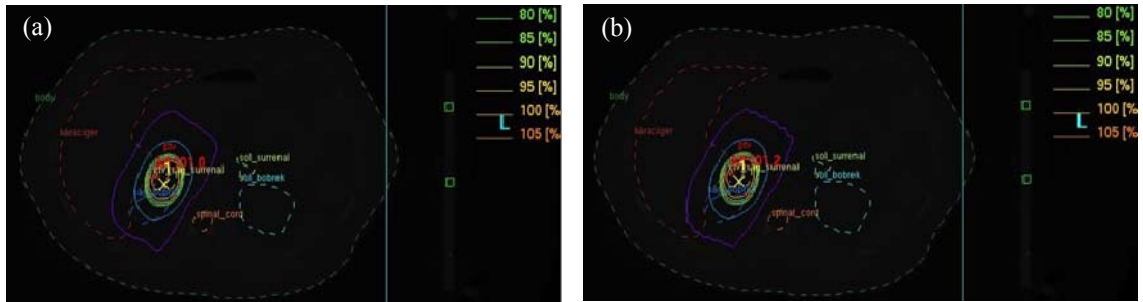
4. BULGULAR

Radyasyon onkolojisi kliniğinde 2009-2011 yılları arasında tedavi olan dokuz hastanın 12 adet lezyonu için tekrar yapılan planlamaların doz-hacim histogramları incelenmiştir. Her iki planlama tekniği için, PTV dozları incelenerek hedef hacim doz homojeniteleri karşılaştırılmıştır. Kritik organlar olan spinal kord, karaciğer ve böbreklerin aldığı dozlarla birlikte, paralel organlar olan karaciğer ve böbrekler için 15 Gy doz alan hacimler (V15) belirlenip karşılaştırılmıştır.

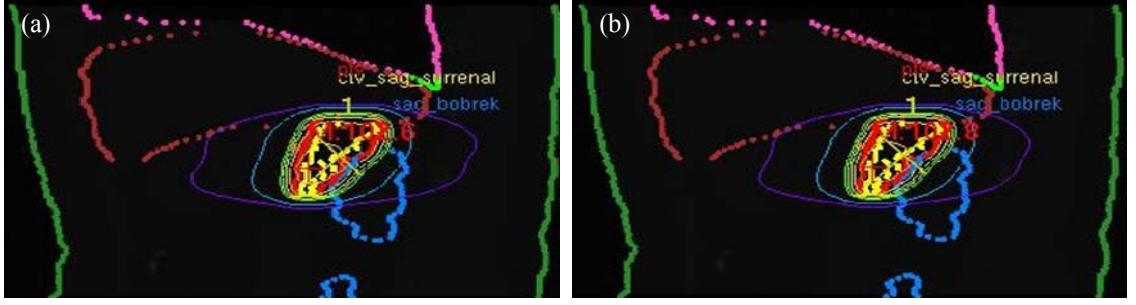
4.1 Hedef hacimler için elde edilen veriler

Hastaların sağ böbrek üstü bezi ve sol böbrek üstü bezi lezyonlarına ait tedavi planlamaları, iki hasta için doz dağılımları ve DVH tabloları sırası ile verilerek örneklenecektir.

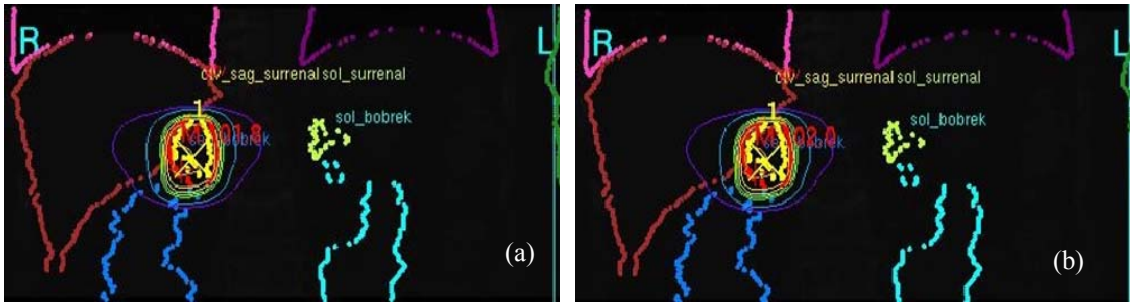
7 numaralı sağ böbrek üstü bezi metastazı hastasının 9 numaralı lezyonu için yapılan dinamik konformal ark (DCA)ve sabit gantiti açılı demet konformal (FBC) tedavi planlamalarına ait transvers, sagittal ve koronal doz dağılımları Şekil 4.1, şekil 4.2 ve şekil 4.3'te verilmektedir.



Şekil 4.1 Sağ böbrek üstü bezi metastazı hastası için (a)DCA ve (b) FBC seçenekleri kullanılarak yapılan planlarda transvers kesitteki doz dağılımları

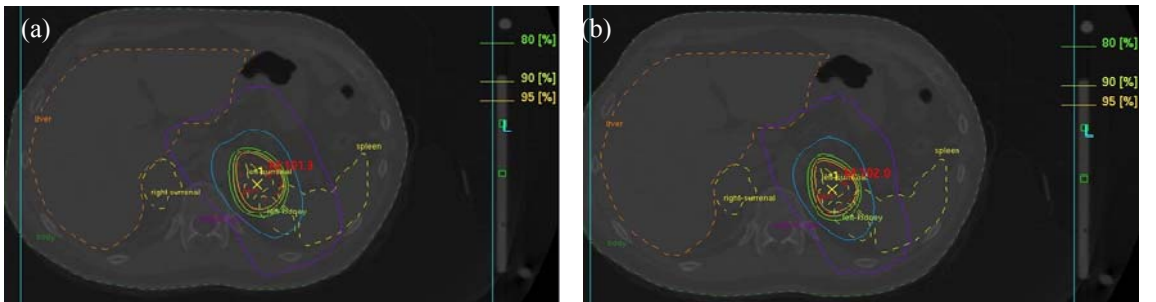


Şekil 4.2 Sağ böbrek üstü bezi metastazı hastası için (a)DCA ve (b) FBC seçenekleri kullanılarak yapılan planlarda sagittal kesitteki doz dağılımları

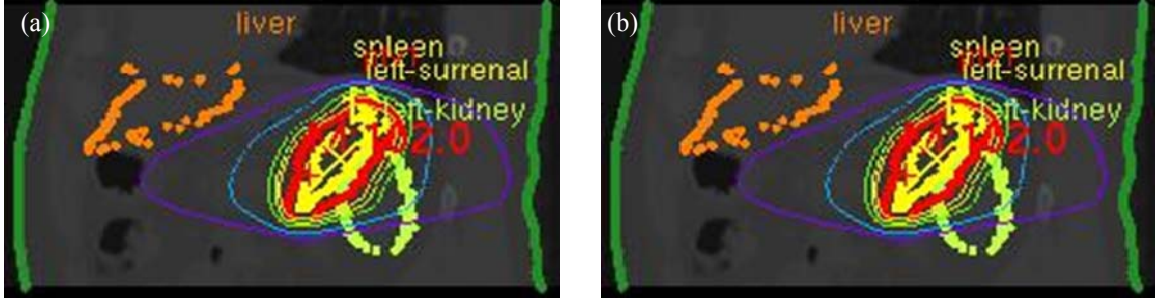


Şekil 4.3 Sağ böbrek üstü bezi metastazı hastası için (a)DCA ve (b) FBC seçenekleri kullanılarak yapılan planlarda koronal kesitteki doz dağılımları

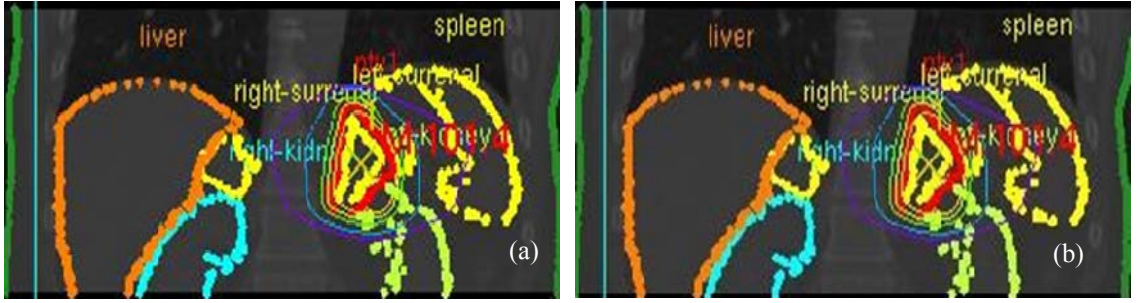
2 numaralı sol böbrek üstü bezi metastazı hastasının 3 numaralı lezyonu için yapılan dinamik konformal ark (DCA)ve sabit gantri açılı demet konformal (FBC) tedavi planlamalarına ait transvers, sagittal ve koronal doz dağılımları Şekil 4.4, şekil 4.5 ve şekil 4.6'te verilmektedir.



Şekil 4.4 Sol böbrek üstü bezi metastazı hastası için (a)DCA ve (b) FBC seçenekleri kullanılarak yapılan planlarda transvers kesitteki doz dağılımları

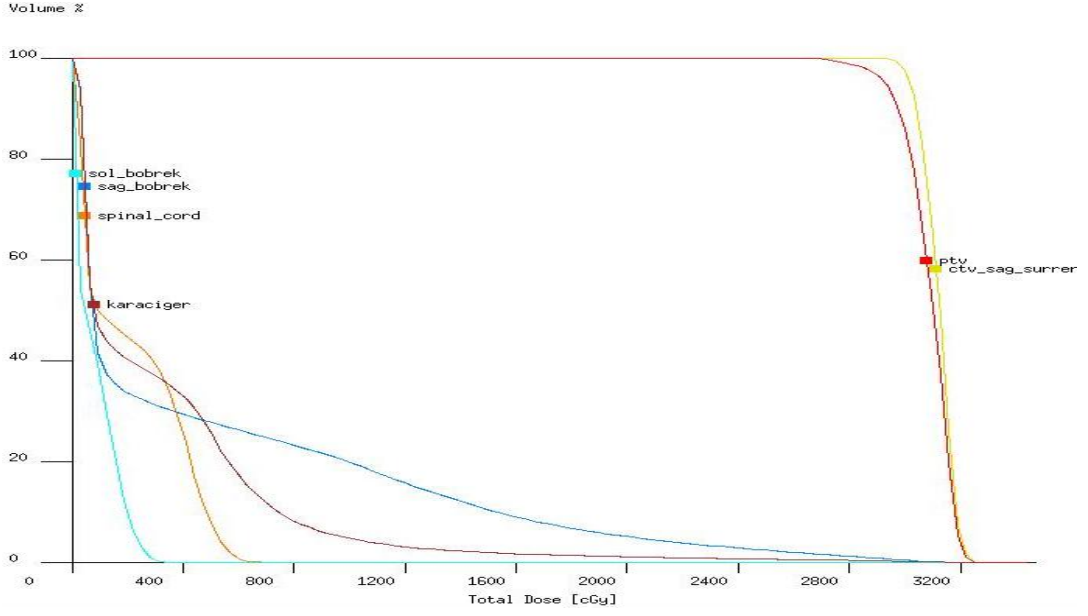


Şekil 4.5 Sol böbrek üstü bezi metastazı hastası için (a)DCA ve (b) FBC seçenekleri kullanılarak yapılan planlarda sagittal kesitteki doz dağılımları



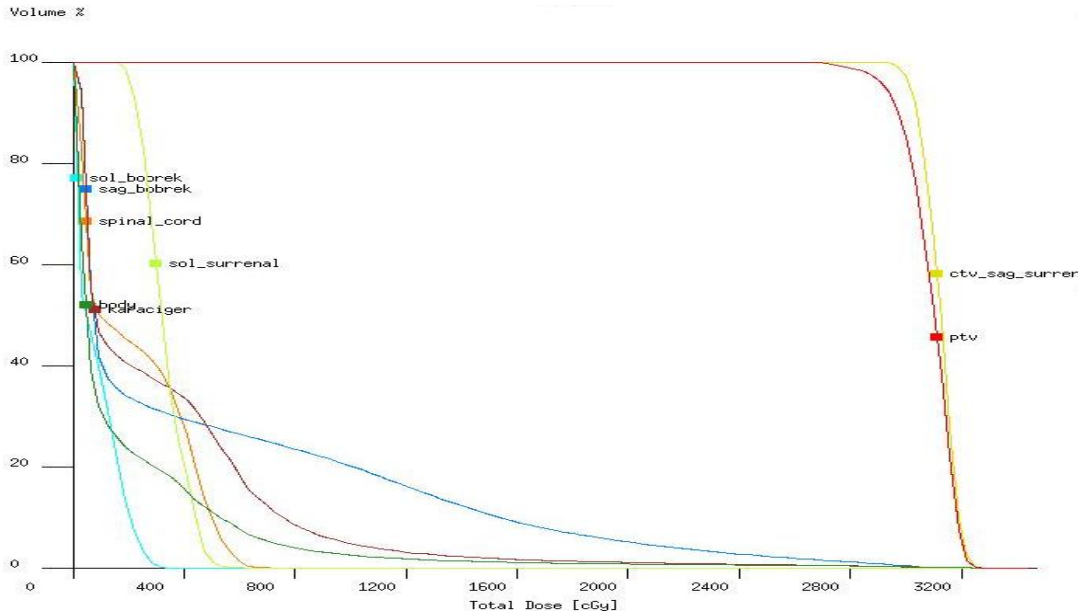
Şekil 4.6 Sol böbrek üstü bezi metastazı hastası için (a)DCA ve (b) FBC seçenekleri kullanılarak yapılan planlarda koronal kesitteki doz dağılımları

7 numaralı sağ böbrek üstü bezi metastazı hastasının 9 numaralı lezyonu için yapılan DCA tedavi planına ait DVH eğrisi Şekil 4.7’de verilmektedir.



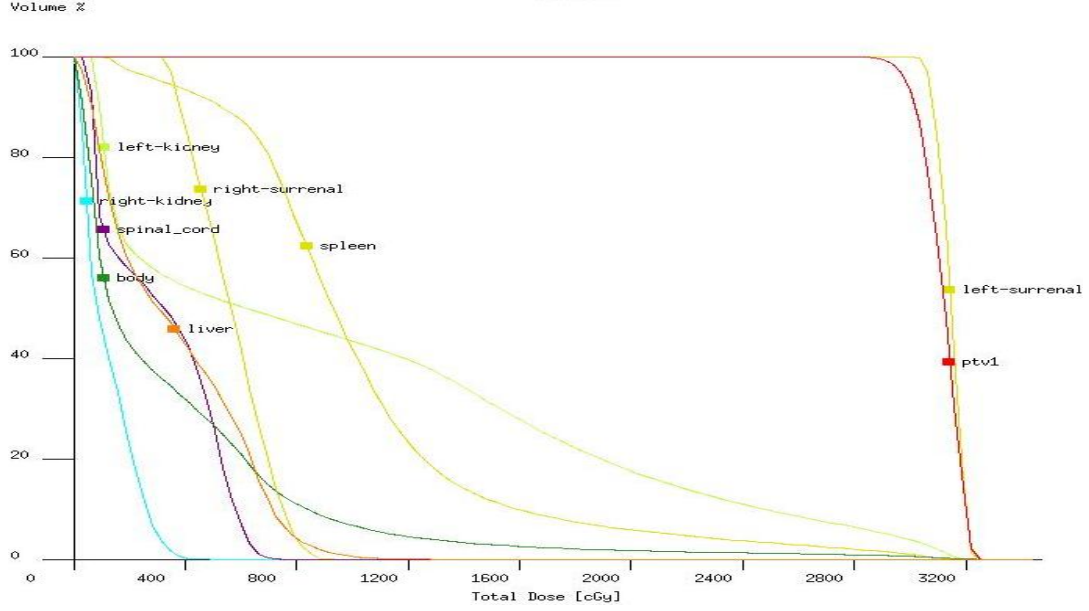
Şekil 4.7 Sağ böbrek üstü bezi metastazı hastası için DCA tedavi planı DVH eğrisi

7 numaralı sağ böbrek üstü bezi metastazı hastasının 9 numaralı lezyonu için yapılan FBC tedavi planına ait DVH eğrisi Şekil 4.8’de verilmektedir



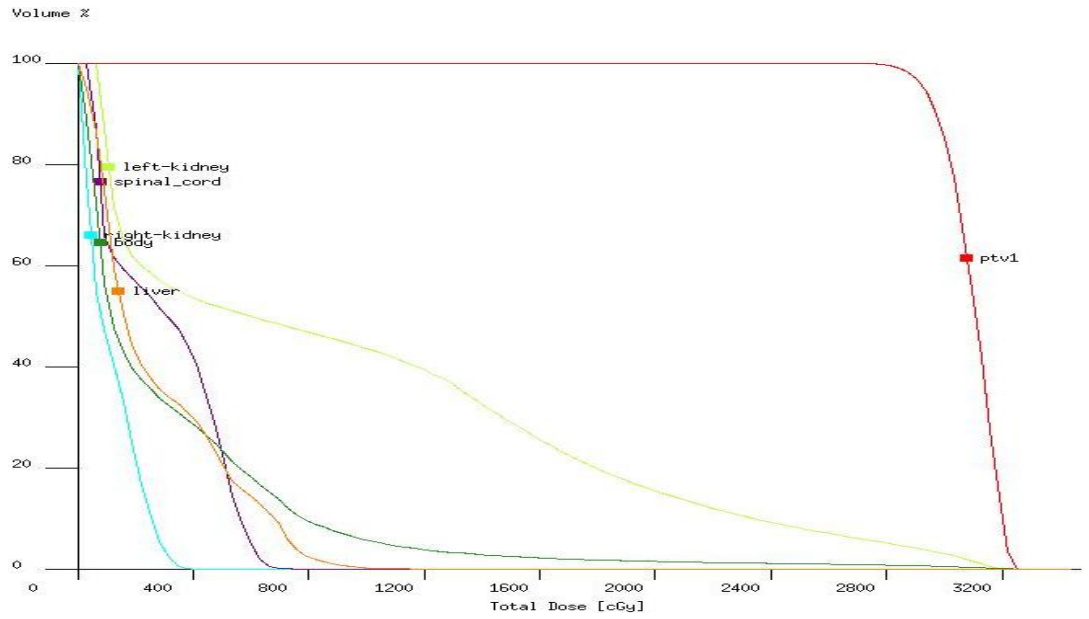
Şekil 4.8 Sağ böbrek üstü bezi metastazı hastası için FBC tedavi planı DVH eğrisi

2 numaralı sol böbrek üstü bezi metastazı hastasının 3 numaralı lezyonu için yapılan DCA tedavi planına ait DVH eğrisi şekil 4.9’da verilmektedir.



Şekil 4.9 Sol böbrek üstü bezi metastazı hastası için DCA tedavi planı DVH eğrisi

2 numaralı sol böbrek üstü bezi metastazı hastasının 3 numaralı lezyonu için yapılan FBC tedavi planına ait DVH eğrisi şekil 4.10’da verilmektedir



Şekil 4.10 Sol böbrek üstü bezi metastazı hastası için FBC tedavi planı DVH eğrisi

Dokuz hastaya ait 12 lezyon için yapılan DCA ve FBC tedavi planlamaları sonucu elde edilen PTV'ye ait normalize edilen % izodoz, maksimum doz, ortalama doz ve V95 değerleri Çizelge 4.1 de verilmektedir.

Çizelge 4.1 PTV hacimlerine ait doz değerleri

| Lezyon No | Normalize Edilen % İzodoz | Planlanan Doz (cGy) | PTV | | | | | |
|-----------------|---------------------------|---------------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | Maksimum Doz (cGy) | | Ortalama Doz (cGy) | | V95% (cGy) | |
| | | | DCA | FBC | DCA | FBC | DCA | FBC |
| 1 | 92 | 3261 | 3456 | 3456 | 3218 | 3214 | 2980 | 2940 |
| 2 | 95 | 3158 | 3284 | 3284 | 3152 | 3153 | 3000 | 3000 |
| 3 | 95 | 3158 | 3221 | 3221 | 3113 | 3094 | 2980 | 2940 |
| 4 | 94 | 3191 | 3223 | 3223 | 3119 | 3121 | 2970 | 2980 |
| 5 | 95 | 3158 | 3189 | 3221 | 3096 | 3102 | 2920 | 2920 |
| 6 | 95 | 3158 | 3221 | 3252 | 3107 | 3109 | 2950 | 3015 |
| 7 | 90 | 3333 | 3403 | 3436 | 3256 | 3256 | 3050 | 3036 |
| 8 | 93 | 3226 | 3258 | 3258 | 3132 | 3134 | 2935 | 2940 |
| 9 | 95 | 3158 | 3221 | 3252 | 3085 | 3080 | 2930 | 2910 |
| 10 | 95 | 3158 | 3189 | 3189 | 3101 | 3105 | 2960 | 2950 |
| 11 | 95 | 3158 | 3315 | 3315 | 3117 | 3119 | 2936 | 2940 |
| 12 | 85 | 3529 | 3705 | 3705 | 3434 | 3437 | 3105 | 3141 |
| Ortalama | | 3221 | 3307 | 3318 | 3161 | 3160 | 2976 | 2976 |

PTV hacimleri için maksimum doz, ortalama doz ve V95 dozlarının DCA ve FBC planları için yüzdelik farkları sırasıyla Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'de verilmektedir

Çizelge 4.2 Maksimum PTV dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdelik farkları

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | PTV | | |
|-----------------|----------------|--------------------|---------------|-------------|
| | | Maksimum Doz (cGy) | | % Fark |
| | | DCA | FBC | |
| 1 | 107,6 | 3456 | 3456 | 0,0 |
| 2 | 69,7 | 3284 | 3284 | 0,0 |
| 3 | 46,1 | 3221 | 3221 | 0,0 |
| 4 | 18,8 | 3223 | 3223 | 0,0 |
| 5 | 23,3 | 3189 | 3221 | -1,0 |
| 6 | 44,3 | 3221 | 3252 | -1,0 |
| 7 | 61,1 | 3403 | 3436 | -1,0 |
| 8 | 61,2 | 3258 | 3258 | 0,0 |
| 9 | 16,5 | 3221 | 3252 | -1,0 |
| 10 | 22,4 | 3189 | 3189 | 0,0 |
| 11 | 104,8 | 3315 | 3315 | 0,0 |
| 12 | 143,5 | 3705 | 3705 | 0,0 |
| Ortalama | | 3307,1 | 3317,7 | -0,3 |

Çizelge 4.3 Ortalama PTV dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdelik farkları

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | PTV | | |
|-----------------|----------------|--------------------|---------------|------------|
| | | Ortalama Doz (cGy) | | % Fark |
| | | DCA | FBC | |
| 1 | 107,6 | 3218 | 3214 | 0,1 |
| 2 | 69,7 | 3152 | 3153 | 0,0 |
| 3 | 46,1 | 3113 | 3094 | 0,6 |
| 4 | 18,8 | 3119 | 3121 | -0,1 |
| 5 | 23,3 | 3096 | 3102 | -0,2 |
| 6 | 44,3 | 3107 | 3109 | -0,1 |
| 7 | 61,1 | 3256 | 3256 | 0,0 |
| 8 | 61,2 | 3132 | 3134 | -0,1 |
| 9 | 16,5 | 3085 | 3080 | 0,2 |
| 10 | 22,4 | 3101 | 3105 | -0,1 |
| 11 | 104,8 | 3117 | 3119 | -0,1 |
| 12 | 143,5 | 3434 | 3437 | -0,1 |
| Ortalama | | 3160,8 | 3160,3 | 0,0 |

Çizelge 4.4 PTV için V95 dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdelik farkları

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | PTV | | |
|-----------------|----------------|---------------|---------------|------------|
| | | V95% (cGy) | | % Fark |
| | | DCA | FBC | |
| 1 | 107,6 | 2980 | 2940 | 1,3 |
| 2 | 69,7 | 3000 | 3000 | 0,0 |
| 3 | 46,1 | 2980 | 2940 | 1,3 |
| 4 | 18,8 | 2970 | 2980 | -0,3 |
| 5 | 23,3 | 2920 | 2920 | 0,0 |
| 6 | 44,3 | 2950 | 3015 | -2,2 |
| 7 | 61,1 | 3050 | 3036 | 0,5 |
| 8 | 61,2 | 2935 | 2940 | -0,2 |
| 9 | 16,5 | 2930 | 2910 | 0,7 |
| 10 | 22,4 | 2960 | 2950 | 0,3 |
| 11 | 104,8 | 2936 | 2940 | -0,1 |
| 12 | 143,5 | 3105 | 3141 | -1,2 |
| Ortalama | | 2976,3 | 2976,0 | 0,0 |

Homojenite indeksi(HI) değerleri, ICRU 62 sayılı rapora göre maksimum PTV dozu ve PTV için planlanan doz değerleri aşağıdaki formülde kullanılarak elde edilmiştir.

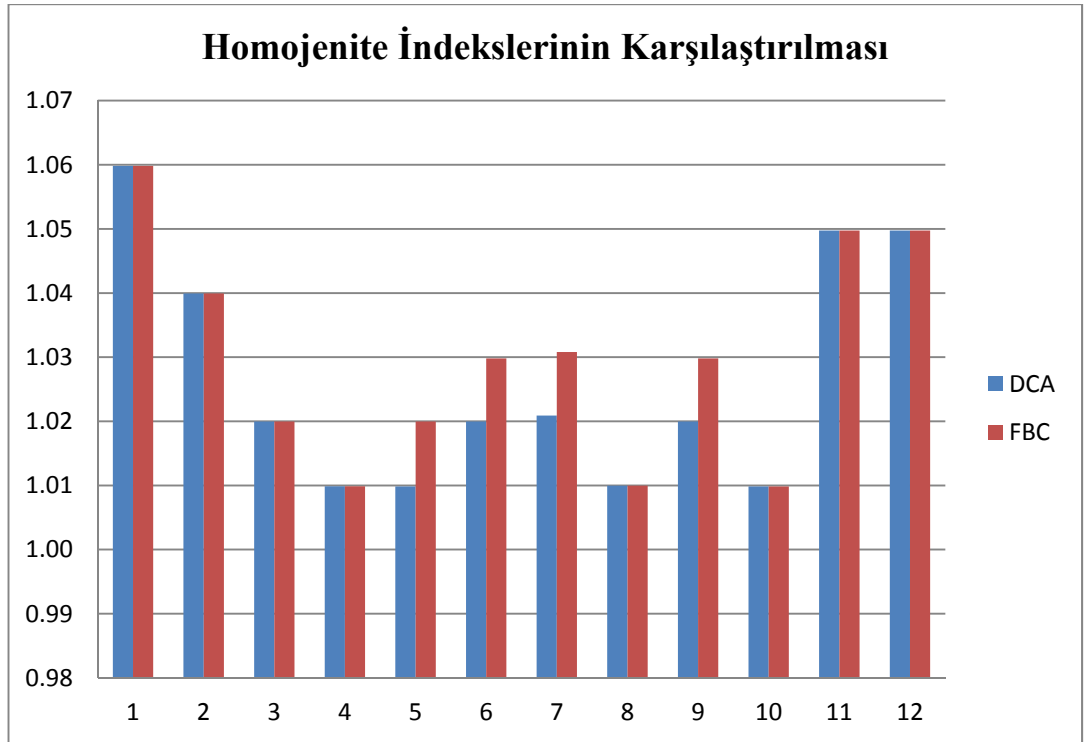
$$\text{Homojenite İndeksi} = \frac{\text{Maksimum PTV dozu}}{\text{Planlanan PTV dozu}}$$

ICRU 62 sayılı rapora göre homojenite indeksi için en uygun değer 1 olup, DCA ve FBC planlamalarına ait homojenite indeksi değerleri Çizelge 4.5’de verilmektedir.

Çizelge 4.5 DCA ve FBC planları için homojenite indeksleri(HI)

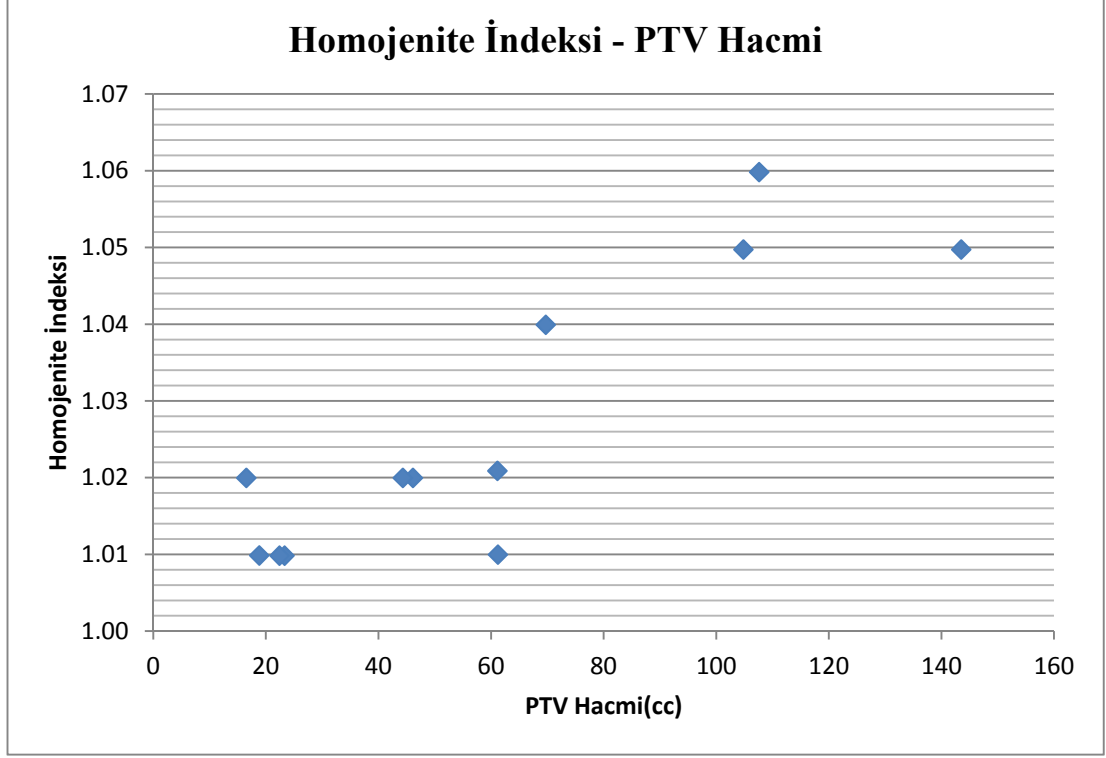
| Lezyon | PTV Hacmi(cc) | Homojenite İndeksi | | % Fark |
|--------|----------------|--------------------|------|--------|
| | | DCA | FBC | |
| 1 | 107,6 | 1,06 | 1,06 | 0,00 |
| 2 | 69,7 | 1,04 | 1,04 | 0,00 |
| 3 | 46,1 | 1,02 | 1,02 | 0,00 |
| 4 | 18,8 | 1,01 | 1,01 | 0,00 |
| 5 | 23,3 | 1,01 | 1,02 | -1,00 |
| 6 | 44,3 | 1,02 | 1,03 | -0,96 |
| 7 | 61,1 | 1,02 | 1,03 | -0,97 |
| 8 | 61,2 | 1,01 | 1,01 | 0,00 |
| 9 | 16,5 | 1,02 | 1,03 | -0,96 |
| 10 | 22,4 | 1,01 | 1,01 | 0,00 |
| 11 | 104,8 | 1,05 | 1,05 | 0,00 |
| 12 | 143,5 | 1,05 | 1,05 | 0,00 |

Çizelge 4.5'deki DCA ve FBC planlamalarına ait HI değerleri kullanılarak, her iki tekniğin karşılaştırılması için elde edilen grafik Şekil 4.11 olarak verilmektedir.



Şekil 4.11 DCA ve FBC teknikleri ile PTV için HI değerlerinin karşılaştırılması

Çizelge 4.5’deki veriler kullanılarak DCA tekniği için HI değerlerinin PTV hacmine bağlı olarak değişimi Şekil 4.12’de grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.12 Homojenite indeksinin PTV hacmine bağlı değişimi

4.2 Kritik organlar için elde edilen veriler

Seri organ olan spinal kordun 3 fraksiyonluk tedavi şeması için maksimum tolerans dozu 18 Gy'dir. Çizelge 4.6'de, DCA ve FBC planlamaları sonucunda spinal kordun aldığı maksimum ve ortalama dozlar görülmektedir.

Çizelge 4.6 Spinal kordun aldığı maksimum ve ortalama dozlar

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | Lezyon Tarafı | Spinal Kord | | | |
|-----------------|----------------|---------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
| | | | Maksimum Doz (cGy) | | Ortalama Doz (cGy) | |
| | | | DCA | FBC | DCA | FBC |
| 1 | 107,6 | Sol | 554 | 782 | 285 | 340 |
| 2 | 69,7 | Sağ | 1263 | 1294 | 480 | 484 |
| 3 | 46,1 | Sol | 726 | 726 | 308 | 297 |
| 4 | 18,8 | Sağ | 606 | 606 | 206 | 205 |
| 5 | 23,3 | Sol | 442 | 473 | 153 | 161 |
| 6 | 44,3 | Sol | 568 | 663 | 243 | 265 |
| 7 | 61,1 | Sol | 767 | 734 | 232 | 238 |
| 8 | 61,2 | Sağ | 451 | 483 | 157 | 163 |
| 9 | 16,5 | Sağ | 663 | 726 | 212 | 245 |
| 10 | 22,4 | Sağ | 473 | 505 | 169 | 174 |
| 11 | 104,8 | Sol | 1042 | 1010 | 398 | 396 |
| 12 | 143,5 | Sol | 952 | 882 | 482 | 451 |
| Ortalama | | | 708,9 | 740,3 | 277,1 | 284,9 |

Sol adrenal bez metastazı olan hastalar için yapılan planlarda karşılaşılan spinal kord maksimum ve ortalama dozları Çizelge 4.7 verilmektedir.

Çizelge 4.7 Sol adrenal bez için yapılan tedavi planlarındaki spinal kord dozları

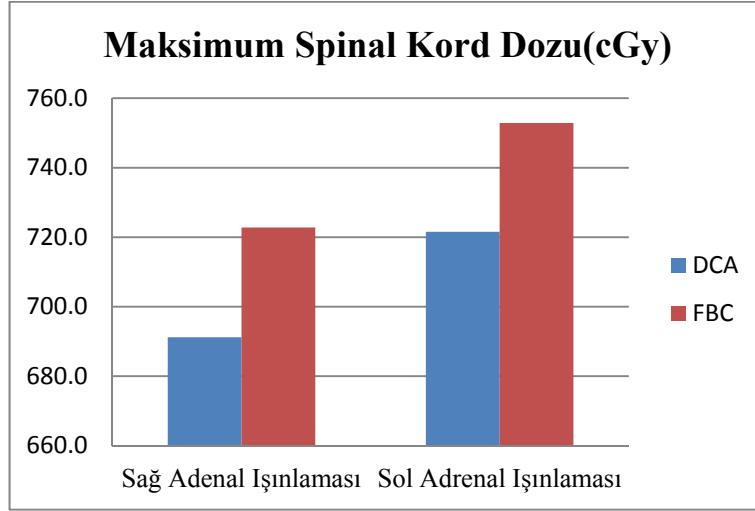
| Lezyon No | Lezyon Tarafı | Spinal Kord | | | | | |
|-----------------|---------------|--------------------|--------------|-------------|--------------------|--------------|-------------|
| | | Maksimum Doz (cGy) | | | Ortalama Doz (cGy) | | |
| | | DCA | FBC | % Fark | DCA | FBC | % Fark |
| 1 | Sol | 554 | 782 | -41,2 | 285 | 340 | -19,3 |
| 3 | Sol | 726 | 726 | 0 | 308 | 297 | 3,6 |
| 5 | Sol | 442 | 473 | -7,0 | 153 | 161 | -5,2 |
| 6 | Sol | 568 | 663 | -16,7 | 243 | 265 | -9,1 |
| 7 | Sol | 767 | 734 | 4,3 | 232 | 238 | -2,6 |
| 11 | Sol | 1042 | 1010 | 3,1 | 398 | 396 | 0,5 |
| 12 | Sol | 952 | 882 | 7,4 | 482 | 451 | 6,4 |
| Ortalama | | 721,6 | 752,9 | -4,3 | 300,1 | 306,9 | -2,2 |

Sağ adrenal bez metastazı olan hastalar için yapılan planlarda karşılaşılan spinal kord maksimum ve ortalama dozları Çizelge 4.8’de verilmektedir.

Çizelge 4.8 Sağ adrenal bez için yapılan tedavi planlarındaki spinal kord dozları

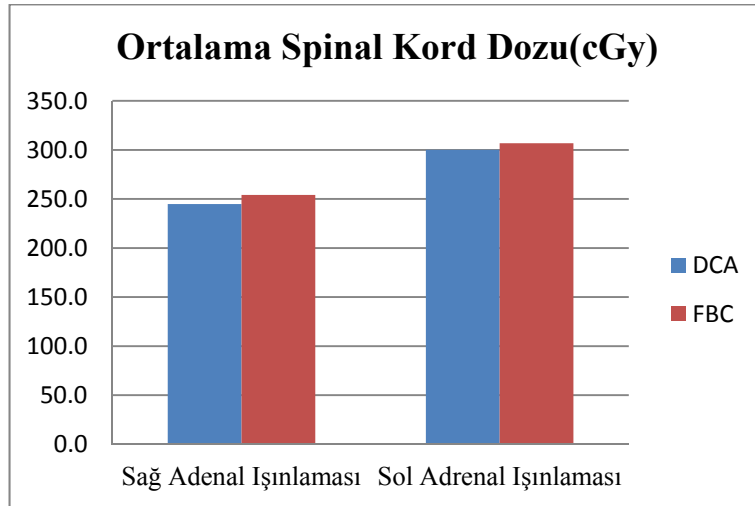
| Lezyon No | Lezyon Tarafı | Spinal Kord | | | | | |
|-----------------|---------------|--------------------|--------------|-------------|--------------------|--------------|-------------|
| | | Maksimum Doz (cGy) | | | Ortalama Doz (cGy) | | |
| | | DCA | FBC | % Fark | DCA | FBC | % Fark |
| 2 | Sağ | 1263 | 1294 | -2,5 | 480 | 484 | -0,8 |
| 4 | Sağ | 606 | 606 | 0 | 206 | 205 | 0,5 |
| 8 | Sağ | 451 | 483 | -7,1 | 157 | 163 | -3,8 |
| 9 | Sağ | 663 | 726 | -9,5 | 212 | 245 | -15,6 |
| 10 | Sağ | 473 | 505 | -6,8 | 169 | 174 | -3,0 |
| Ortalama | | 691,2 | 722,8 | -4,6 | 244,8 | 254,2 | -3,8 |

Spinal kordun aldığı maksimum dozların ortalamalarının karşılaştırılması, ışınlanan adrenal bez tarafı ve planlama tekniğine bağlı olarak Şekil 4.13'te grafik olarak verilmektedir.



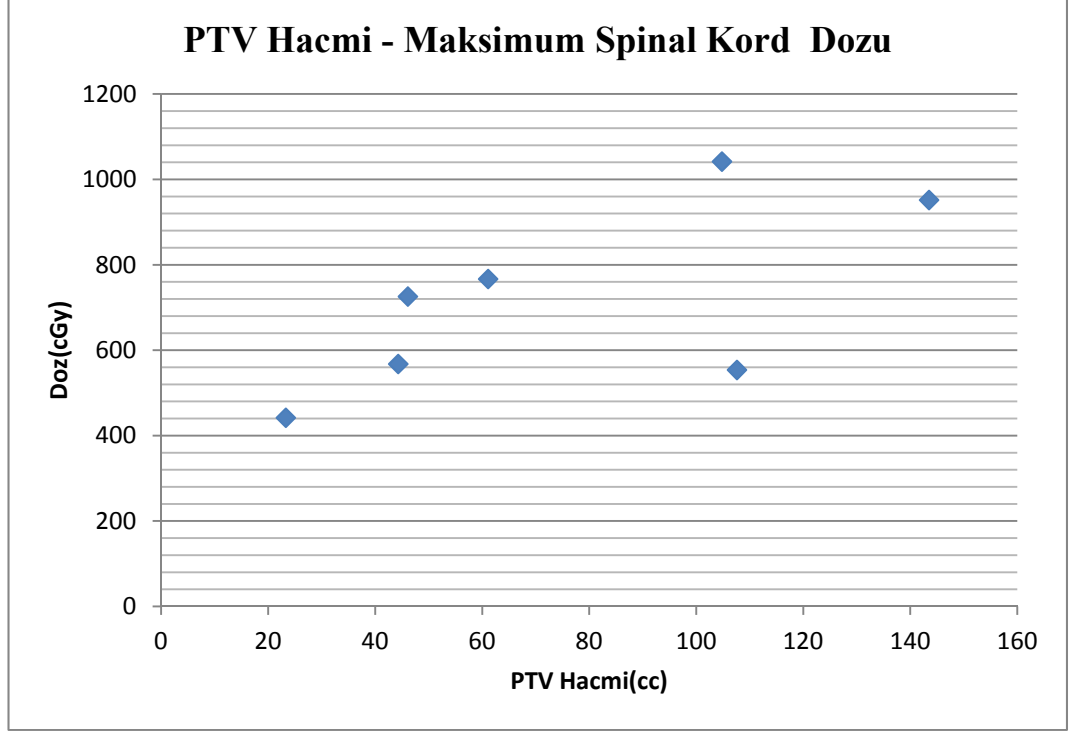
Şekil 4.13 Maksimum spinal kord dozlarının ortalamalarının karşılaştırılması

Spinal kordun aldığı ortalama dozların ortalamalarının karşılaştırılması, ışınlanan adrenal bez tarafı ve planlama tekniğine bağlı olarak Şekil 4.14'te grafik olarak verilmektedir.



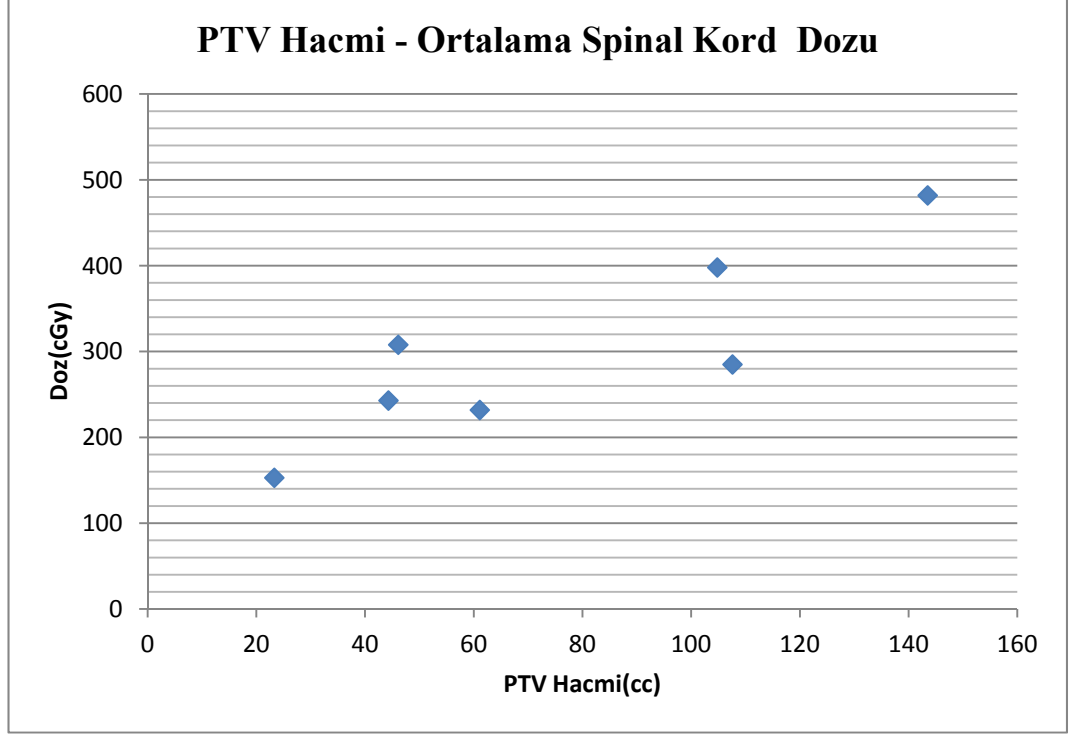
Şekil 4.14 Ortalama spinal kord dozlarının ortalamalarının karşılaştırılması

Sol adrenal bez için DCA planlama tekniği ile yapılan planlarda spinal kordun aldığı maksimum doz değerinin PTV hacmine bağlı değişimi Şekil 4.15'te grlmektedir.



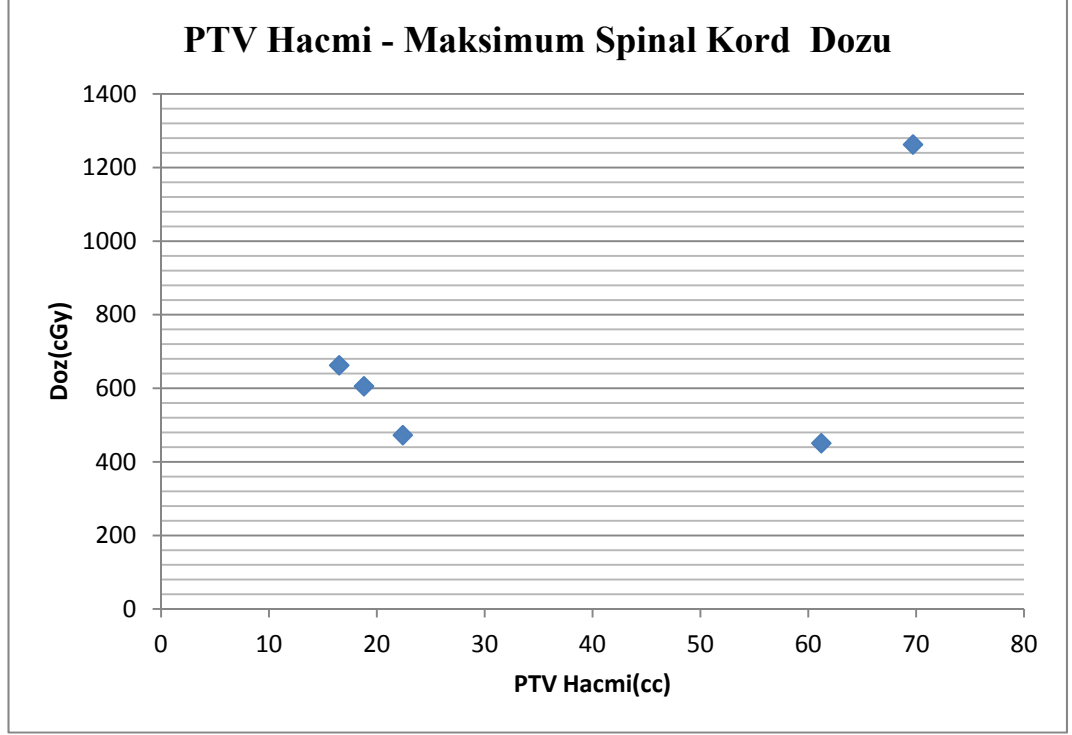
Şekil 4.15 Sol adrenal bez işinlanmasında maksimum spinal kord dozunun PTV hacmine bağlı değişimi

Sol adrenal bez için DCA planlama tekniği ile yapılan planlarda spinal kordun aldığı ortalama doz değerinin PTV hacmine bağlı değişimi Şekil 4.16'te grlmektedir.



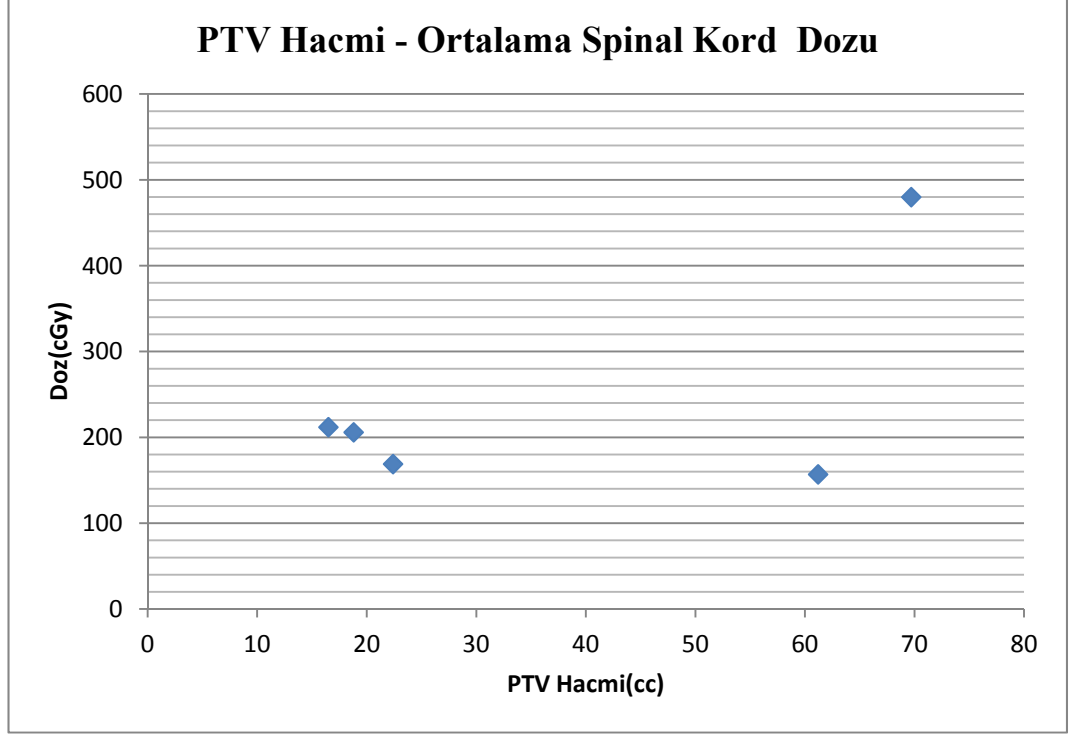
Şekil 4.16 Sol adrenal bez ışınlamasında ortalama spinal kord dozunun PTV hacmine bağlı değişimi

Sağ adrenal bez için DCA planlama tekniği ile yapılan planlarda spinal kordun aldığı maksimum doz değerinin PTV hacmine bağlı değişimi Şekil 4.17’te görülmektedir



Şekil 4.17 Sağ adrenal bez ışınlanmasında maksimum spinal kord dozunun PTV hacmine bağlı değişimi

Sağ adrenal bez için DCA planlama tekniği ile yapılan planlarda spinal kordun aldığı ortalama doz değerinin PTV hacmine bağlı değişimi Şekil 4.18’te görülmektedir



Şekil 4.18 Sağ adrenal bez ışınlanmasında ortalama spinal kord dozunun PTV hacmine bağlı değişimi

9 hastaya ait 12 lezyon için yapılan DCA ve FBC tedavi planlamaları sonucunda sağ böbreğin maruz kaldığı maksimum ve ortalama dozlar ile V15 (15 Gy üzeri doz alan hacim) Çizelge 4.9'da verilmektedir.

Çizelge 4.9 Sağ böbrek maksimum, ortalama dozları ile V15 hacimleri

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | Lezyon Tarafı | Sağ Böbrek | | | | | |
|-----------------|----------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|--------------|------------|------------|
| | | | Maksimum Doz (cGy) | | Ortalama Doz (cGy) | | V15 (cc) | |
| | | | DCA | FBC | DCA | FBC | DCA | FBC |
| 1 | 107,6 | Sol | 554 | 358 | 193 | 179 | 0,0 | 0,0 |
| 2 | 69,7 | Sağ | 3157 | 3126 | 1404 | 1370 | 24,8 | 23,6 |
| 3 | 46,1 | Sol | 473 | 378 | 120 | 115 | 0,0 | 0,0 |
| 4 | 18,8 | Sağ | 3000 | 2968 | 527 | 535 | 4,7 | 4,6 |
| 5 | 23,3 | Sol | 221 | 221 | 46 | 46 | 0,0 | 0,0 |
| 6 | 44,3 | Sol | 378 | 410 | 176 | 186 | 0,0 | 0,0 |
| 7 | 61,1 | Sol | 467 | 533 | 97 | 100 | 0,0 | 0,0 |
| 8 | 61,2 | Sağ | 2967 | 3000 | 337 | 345 | 9,5 | 9,9 |
| 9 | 16,5 | Sağ | 3094 | 3126 | 453 | 450 | 10,2 | 10,7 |
| 10 | 22,4 | Sağ | 2968 | 3000 | 645 | 686 | 8,0 | 10,0 |
| 11 | 104,8 | Sol | 631 | 726 | 231 | 238 | 0,0 | 0,0 |
| 12 | 143,5 | Sol | 494 | 458 | 162 | 156 | 0,0 | 0,0 |
| Ortalama | | | 1533,7 | 1525,3 | 365,9 | 367,2 | 4,8 | 4,9 |

9 hastaya ait 12 lezyon için yapılan DCA ve FBC tedavi planlamaları sonucunda sol böbreğin maruz kaldığı maksimum ve ortalama dozlar ile V15 (15 Gy üzeri doz alan hacim) Çizelge 4.10'da verilmektedir.

Çizelge 4.10 Sol böbrek maksimum, ortalama dozları ile V15 hacimleri

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | Lezyon Tarafı | Sol Böbrek | | | | | |
|-----------------|----------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|--------------|-------------|-------------|
| | | | Maksimum Doz (cGy) | | Ortalama Doz (cGy) | | V15 (cc) | |
| | | | DCA | FBC | DCA | FBC | DCA | FBC |
| 1 | 107,6 | Sol | 3195 | 3260 | 911 | 1011 | 32,7 | 52,2 |
| 2 | 69,7 | Sağ | 757 | 821 | 297 | 308 | 0,0 | 0,0 |
| 3 | 46,1 | Sol | 3189 | 3189 | 987 | 951 | 26,5 | 25,1 |
| 4 | 18,8 | Sağ | 159 | 159 | 60 | 60 | 0,0 | 0,0 |
| 5 | 23,3 | Sol | 3031 | 3063 | 529 | 537 | 15,4 | 15,7 |
| 6 | 44,3 | Sol | 2936 | 2936 | 1282 | 1323 | 17,5 | 18,7 |
| 7 | 61,1 | Sol | 3269 | 3303 | 409 | 406 | 15,4 | 15,2 |
| 8 | 61,2 | Sağ | 193 | 193 | 45 | 40 | 0,0 | 0,0 |
| 9 | 16,5 | Sağ | 315 | 347 | 84 | 96 | 0,0 | 0,0 |
| 10 | 22,4 | Sağ | 252 | 252 | 66 | 66 | 0,0 | 0,0 |
| 11 | 104,8 | Sol | 3189 | 3189 | 1106 | 1093 | 36,6 | 36,9 |
| 12 | 143,5 | Sol | 3564 | 3529 | 1232 | 1242 | 53,6 | 54,8 |
| Ortalama | | | 2004,1 | 2020,1 | 584,0 | 594,4 | 16,5 | 18,2 |

Yapılan çalışmanın değerlendirilmesini lezyon tarafından bağımsız hale getirmek için ipsilateral (lezyonla aynı taraftaki) ve kontralateral (lezyonun karşı tarafındaki) böbreğin maruz kaldığı maksimum ve ortalama dozlar ile V15 hacimleri ayrı ayrı incelenecektir. İpsilateral böbrek için maksimum ve ortalama dozlar ile V15 hacimleri Çizelge 4.11’de verilmektedir.

Çizelge 4.11 İpsilateral böbrek için maksimum ve minimum doz ile V15 hacmi

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | Lezyon Tarafı | İpsilateral Böbrek | | | | | |
|-----------------|----------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|--------------|-------------|-------------|
| | | | Maksimum Doz (cGy) | | Ortalama Doz (cGy) | | V15 (cc) | |
| | | | DCA | FBC | DCA | FBC | DCA | FBC |
| 1 | 107,6 | Sol | 3195 | 3260 | 911 | 1011 | 32,7 | 52,2 |
| 2 | 69,7 | Sağ | 3157 | 3126 | 1404 | 1370 | 24,8 | 23,6 |
| 3 | 46,1 | Sol | 3189 | 3189 | 987 | 951 | 26,5 | 25,1 |
| 4 | 18,8 | Sağ | 3000 | 2968 | 527 | 535 | 4,7 | 4,6 |
| 5 | 23,3 | Sol | 3031 | 3063 | 529 | 537 | 15,4 | 15,7 |
| 6 | 44,3 | Sol | 2936 | 2936 | 1282 | 1323 | 17,5 | 18,7 |
| 7 | 61,1 | Sol | 3269 | 3303 | 409 | 406 | 15,4 | 15,2 |
| 8 | 61,2 | Sağ | 2967 | 3000 | 337 | 345 | 9,5 | 9,9 |
| 9 | 16,5 | Sağ | 3094 | 3126 | 453 | 450 | 10,2 | 10,7 |
| 10 | 22,4 | Sağ | 2968 | 3000 | 645 | 686 | 8,0 | 10,0 |
| 11 | 104,8 | Sol | 3189 | 3189 | 1106 | 1093 | 36,6 | 36,9 |
| 12 | 143,5 | Sol | 3564 | 3529 | 1232 | 1242 | 53,6 | 54,8 |
| Ortalama | | | 3129,9 | 3140,8 | 818,5 | 829,1 | 21,2 | 23,1 |

İpsilateral böbrek için maksimum doz, ortalama doz ve V15 hacimlerinin DCA ve FBC planları için yüzdellik farkları sırasıyla Çizelge 4.12, Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14’de verilmektedir.

Çizelge 4.12 Maksimum ipsilateral böbrek için dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdelerik farkları

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | Lezyon Tarafı | İpsilateral Böbrek | | |
|-----------------|----------------|---------------|--------------------|---------------|-------------|
| | | | Maksimum Doz (cGy) | | % Fark |
| | | | DCA | FBC | |
| 1 | 107,6 | Sol | 3195 | 3260 | -2,0 |
| 2 | 69,7 | Sağ | 3157 | 3126 | 1,0 |
| 3 | 46,1 | Sol | 3189 | 3189 | 0,0 |
| 4 | 18,8 | Sağ | 3000 | 2968 | 1,1 |
| 5 | 23,3 | Sol | 3031 | 3063 | -1,1 |
| 6 | 44,3 | Sol | 2936 | 2936 | 0,0 |
| 7 | 61,1 | Sol | 3269 | 3303 | -1,0 |
| 8 | 61,2 | Sağ | 2967 | 3000 | -1,1 |
| 9 | 16,5 | Sağ | 3094 | 3126 | -1,0 |
| 10 | 22,4 | Sağ | 2968 | 3000 | -1,1 |
| 11 | 104,8 | Sol | 3189 | 3189 | 0,0 |
| 12 | 143,5 | Sol | 3564 | 3529 | 1,0 |
| Ortalama | | | 3129,9 | 3140,8 | -0,3 |

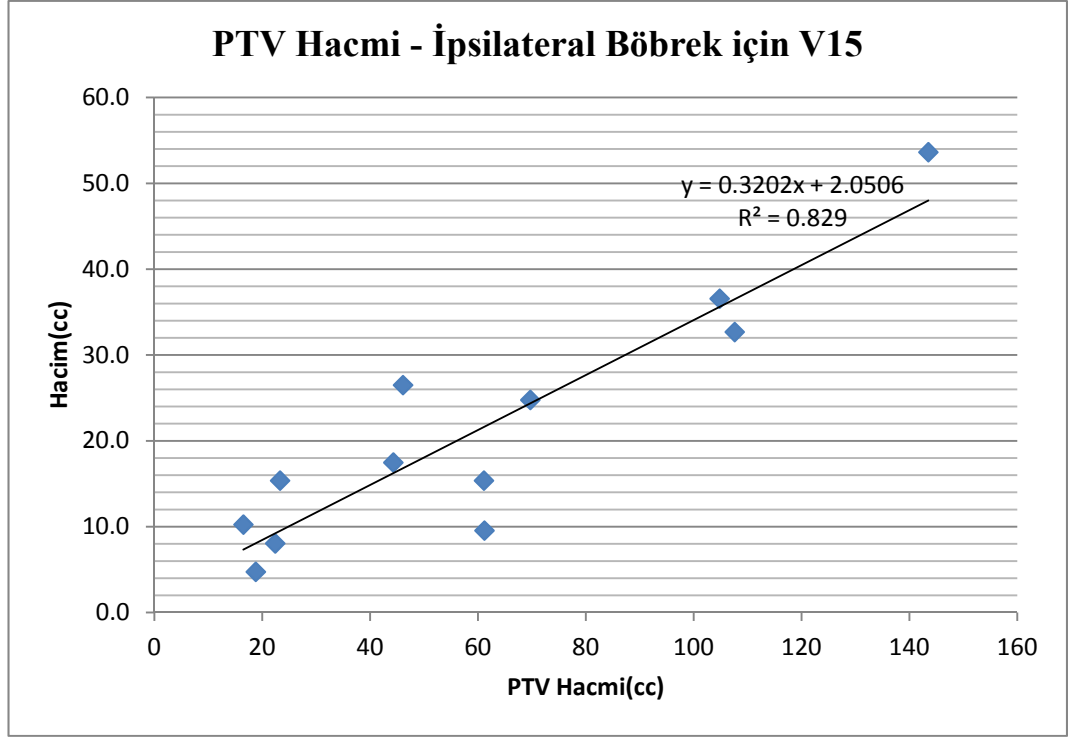
Çizelge 4.13 Ortalama ipsilateral böbrek dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdelerik farkları

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | Lezyon Tarafı | İpsilateral Böbrek | | |
|-----------------|----------------|---------------|--------------------|--------------|-------------|
| | | | Ortalama Doz (cGy) | | % Fark |
| | | | DCA | FBC | |
| 1 | 107,6 | Sol | 911 | 1011 | -11,0 |
| 2 | 69,7 | Sağ | 1404 | 1370 | 2,4 |
| 3 | 46,1 | Sol | 987 | 951 | 3,6 |
| 4 | 18,8 | Sağ | 527 | 535 | -1,5 |
| 5 | 23,3 | Sol | 529 | 537 | -1,5 |
| 6 | 44,3 | Sol | 1282 | 1323 | -3,2 |
| 7 | 61,1 | Sol | 409 | 406 | 0,7 |
| 8 | 61,2 | Sağ | 337 | 345 | -2,4 |
| 9 | 16,5 | Sağ | 453 | 450 | 0,7 |
| 10 | 22,4 | Sağ | 645 | 686 | -6,4 |
| 11 | 104,8 | Sol | 1106 | 1093 | 1,2 |
| 12 | 143,5 | Sol | 1232 | 1242 | -0,8 |
| Ortalama | | | 818,5 | 829,1 | -1,3 |

Çizelge 4.14 İpsilateral böbrek için V15 hacimlerinin DCA ve FBC planlarındaki yüzdelerdeki farkları

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | Lezyon Tarafı | İpsilateral Böbrek | | |
|-----------------|----------------|---------------|--------------------|-------------|-------------|
| | | | V15 (cc) | | % Fark |
| | | | DCA | FBC | |
| 1 | 107,6 | Sol | 32,7 | 52,2 | -59,9 |
| 2 | 69,7 | Sağ | 24,8 | 23,6 | 4,9 |
| 3 | 46,1 | Sol | 26,5 | 25,1 | 5,3 |
| 4 | 18,8 | Sağ | 4,7 | 4,6 | 3,5 |
| 5 | 23,3 | Sol | 15,4 | 15,7 | -2,3 |
| 6 | 44,3 | Sol | 17,5 | 18,7 | -6,9 |
| 7 | 61,1 | Sol | 15,4 | 15,2 | 1,0 |
| 8 | 61,2 | Sağ | 9,5 | 9,9 | -4,0 |
| 9 | 16,5 | Sağ | 10,2 | 10,7 | -5,0 |
| 10 | 22,4 | Sağ | 8,0 | 10,0 | -24,4 |
| 11 | 104,8 | Sol | 36,6 | 36,9 | -0,9 |
| 12 | 143,5 | Sol | 53,6 | 54,8 | -2,2 |
| Ortalama | | | 21,2 | 23,1 | -8,8 |

DCA planlarında ipsilateral böbreğin 15 Gy üzerinde doz alan hacminin PTV hacmine bağlı değişimi Şekil 4.19’da grafik olarak görülmektedir.



Şekil 4.19 İpsilateral böbrek için V15 hacminin PTV hacmine bağlı değişimi

Kontralateral böbrek için maksimum ve ortalama dozlar ile V15 hacimleri Çizelge 4.15'da verilmektedir.

Çizelge 4.15 Kontralateral böbrek için maksimum ve ortalama dozlar ile V15 hacmi

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | Lezyon Tarafı | Kontralateral Böbrek | | | | | |
|-----------------|----------------|---------------|----------------------|--------------|--------------------|--------------|------------|------------|
| | | | Maksimum Doz (cGy) | | Ortalama Doz (cGy) | | V15 (cc) | |
| | | | DCA | FBC | DCA | FBC | DCA | FBC |
| 1 | 107,6 | Sol | 554 | 358 | 193 | 179 | 0,0 | 0,0 |
| 2 | 69,7 | Sağ | 757 | 821 | 297 | 308 | 0,0 | 0,0 |
| 3 | 46,1 | Sol | 473 | 378 | 120 | 115 | 0,0 | 0,0 |
| 4 | 18,8 | Sağ | 159 | 159 | 60 | 60 | 0,0 | 0,0 |
| 5 | 23,3 | Sol | 221 | 221 | 46 | 46 | 0,0 | 0,0 |
| 6 | 44,3 | Sol | 378 | 410 | 176 | 186 | 0,0 | 0,0 |
| 7 | 61,1 | Sol | 467 | 533 | 97 | 100 | 0,0 | 0,0 |
| 8 | 61,2 | Sağ | 193 | 193 | 45 | 40 | 0,0 | 0,0 |
| 9 | 16,5 | Sağ | 315 | 347 | 84 | 96 | 0,0 | 0,0 |
| 10 | 22,4 | Sağ | 252 | 252 | 66 | 66 | 0,0 | 0,0 |
| 11 | 104,8 | Sol | 631 | 726 | 231 | 238 | 0,0 | 0,0 |
| 12 | 143,5 | Sol | 494 | 458 | 162 | 156 | 0,0 | 0,0 |
| Ortalama | | | 407,8 | 404,7 | 131,4 | 132,5 | 0,0 | 0,0 |

Kontralateral böbrek için maksimum ve ortalama doz değerlerinin DCA ve FBC planları için yüzdellik farkları sırasıyla Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17’de verilmektedir.

Çizelge 4.16 Maksimum kontralateral böbrek dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdelik farkları

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | Lezyon Tarafı | Kontralateral Böbrek | | |
|-----------------|----------------|---------------|----------------------|--------------|------------|
| | | | Maksimum Doz (cGy) | | % Fark |
| | | | DCA | FBC | |
| 1 | 107,6 | Sol | 554 | 358 | 35,4 |
| 2 | 69,7 | Sağ | 757 | 821 | -8,5 |
| 3 | 46,1 | Sol | 473 | 378 | 20,1 |
| 4 | 18,8 | Sağ | 159 | 159 | 0,0 |
| 5 | 23,3 | Sol | 221 | 221 | 0,0 |
| 6 | 44,3 | Sol | 378 | 410 | -8,5 |
| 7 | 61,1 | Sol | 467 | 533 | -14,1 |
| 8 | 61,2 | Sağ | 193 | 193 | 0,0 |
| 9 | 16,5 | Sağ | 315 | 347 | -10,2 |
| 10 | 22,4 | Sağ | 252 | 252 | 0,0 |
| 11 | 104,8 | Sol | 631 | 726 | -15,1 |
| 12 | 143,5 | Sol | 494 | 458 | 7,3 |
| Ortalama | | | 407,8 | 404,7 | 0,8 |

Çizelge 4.17 Ortalama kontralateral böbrek dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdellik farkları

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | Lezyon Tarafı | Kontralateral Böbrek | | |
|-----------------|----------------|---------------|----------------------|--------------|-------------|
| | | | Ortalama Doz (cGy) | | % Fark |
| | | | DCA | FBC | |
| 1 | 107,6 | Sol | 193 | 179 | 7,3 |
| 2 | 69,7 | Sağ | 297 | 308 | -3,7 |
| 3 | 46,1 | Sol | 120 | 115 | 4,2 |
| 4 | 18,8 | Sağ | 60 | 60 | 0,0 |
| 5 | 23,3 | Sol | 46 | 46 | 0,0 |
| 6 | 44,3 | Sol | 176 | 186 | -5,7 |
| 7 | 61,1 | Sol | 97 | 100 | -3,1 |
| 8 | 61,2 | Sağ | 45 | 40 | 11,1 |
| 9 | 16,5 | Sağ | 84 | 96 | -14,3 |
| 10 | 22,4 | Sağ | 66 | 66 | 0,0 |
| 11 | 104,8 | Sol | 231 | 238 | -3,0 |
| 12 | 143,5 | Sol | 162 | 156 | 3,7 |
| Ortalama | | | 131,4 | 132,5 | -0,8 |

9 hastaya ait 12 lezyon için yapılan DCA ve FBC tedavi planlamaları sonucunda karaciğerin maruz kaldığı maksimum ve ortalama dozlar ile V15 değerleri Çizelge 4.18’de verilmektedir.

Çizelge 4.18 Maksimum ve ortalama karaciğer dozları ile V15 değerleri

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | Lezyon Tarafı | Karaciğer | | | | | |
|-----------------|----------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|--------------|-------------|-------------|
| | | | Maksimum Doz (cGy) | | Ortalama Doz (cGy) | | V15 (cc) | |
| | | | DCA | FBC | DCA | FBC | DCA | FBC |
| 1 | 107,6 | Sol | 1500 | 1695 | 433 | 250 | 0,0 | 6,2 |
| 2 | 69,7 | Sağ | 3252 | 3252 | 807 | 807 | 123,8 | 125,2 |
| 3 | 46,1 | Sol | 1263 | 1136 | 358 | 274 | 0,0 | 0,0 |
| 4 | 18,8 | Sağ | 3191 | 3191 | 364 | 363 | 38,8 | 37,1 |
| 5 | 23,3 | Sol | 694 | 789 | 120 | 98 | 0,0 | 0,0 |
| 6 | 44,3 | Sol | 1168 | 1136 | 347 | 271 | 0,0 | 0,0 |
| 7 | 61,1 | Sol | 1568 | 1534 | 175 | 167 | 0,0 | 0,0 |
| 8 | 61,2 | Sağ | 3225 | 3258 | 327 | 330 | 42,5 | 46,7 |
| 9 | 16,5 | Sağ | 3126 | 3157 | 303 | 323 | 18,8 | 18,8 |
| 10 | 22,4 | Sağ | 3189 | 3189 | 465 | 469 | 32,4 | 31,4 |
| 11 | 104,8 | Sol | 1200 | 1263 | 419 | 456 | 0,0 | 0,0 |
| 12 | 143,5 | Sol | 1270 | 1482 | 287 | 425 | 0,0 | 0,0 |
| Ortalama | | | 2053,8 | 2090,2 | 367,1 | 352,8 | 21,4 | 22,1 |

Kritik organlardan böbreklerin incelenmesinde yapıldığı gibi, çalışmanın değerlendirilmesini lezyon tarafından bağımsız hale getirmek için ipsilateral ve kontralateral karaciğerin maruz kaldığı maksimum ve ortalama dozlar ile V15 hacimleri ayrı ayrı incelenecektir.

İpsilateral karaciğer için maksimum ve ortalama dozlar ile V15 hacimleri Çizelge 4.19’de verilmektedir.

Çizelge 4.19 İpsilateral karaciğer için maksimum ve ortalama dozlar ile V15 hacmi

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | Lezyon Tarafı | İpsilateral Karaciğer | | | | | |
|-----------------|----------------|---------------|-----------------------|---------------|--------------------|--------------|-------------|-------------|
| | | | Maksimum Doz (cGy) | | Ortalama Doz (cGy) | | V15 (cc) | |
| | | | DCA | FBC | DCA | FBC | DCA | FBC |
| 2 | 69,7 | Sağ | 3252 | 3252 | 807 | 807 | 123,8 | 125,2 |
| 4 | 18,8 | Sağ | 3191 | 3191 | 364 | 363 | 38,8 | 37,1 |
| 8 | 61,2 | Sağ | 3225 | 3258 | 327 | 330 | 42,5 | 46,7 |
| 9 | 16,5 | Sağ | 3126 | 3157 | 303 | 323 | 18,8 | 18,8 |
| 10 | 22,4 | Sağ | 3189 | 3189 | 465 | 469 | 32,4 | 31,4 |
| Ortalama | | | 3196,6 | 3209,4 | 453,2 | 458,4 | 51,3 | 51,9 |

İpsilateral karaciğer için maksimum doz, ortalama doz ve V15 hacimlerinin DCA ve FBC planları için yüzdelik farkları sırasıyla Çizelge 4.20, Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22’de verilmektedir.

Çizelge 4.20 Maksimum ipsilateral karaciğer dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdelik farkları

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | Lezyon Tarafı | İpsilateral Karaciğer | | |
|-----------------|----------------|---------------|-----------------------|---------------|-------------|
| | | | Maksimum Doz (cGy) | | % Fark |
| | | | DCA | FBC | |
| 2 | 69,7 | Sağ | 3252 | 3252 | 0,0 |
| 4 | 18,8 | Sağ | 3191 | 3191 | 0,0 |
| 8 | 61,2 | Sağ | 3225 | 3258 | -1,0 |
| 9 | 16,5 | Sağ | 3126 | 3157 | -1,0 |
| 10 | 22,4 | Sağ | 3189 | 3189 | 0,0 |
| Ortalama | | | 3196,6 | 3209,4 | -0,4 |

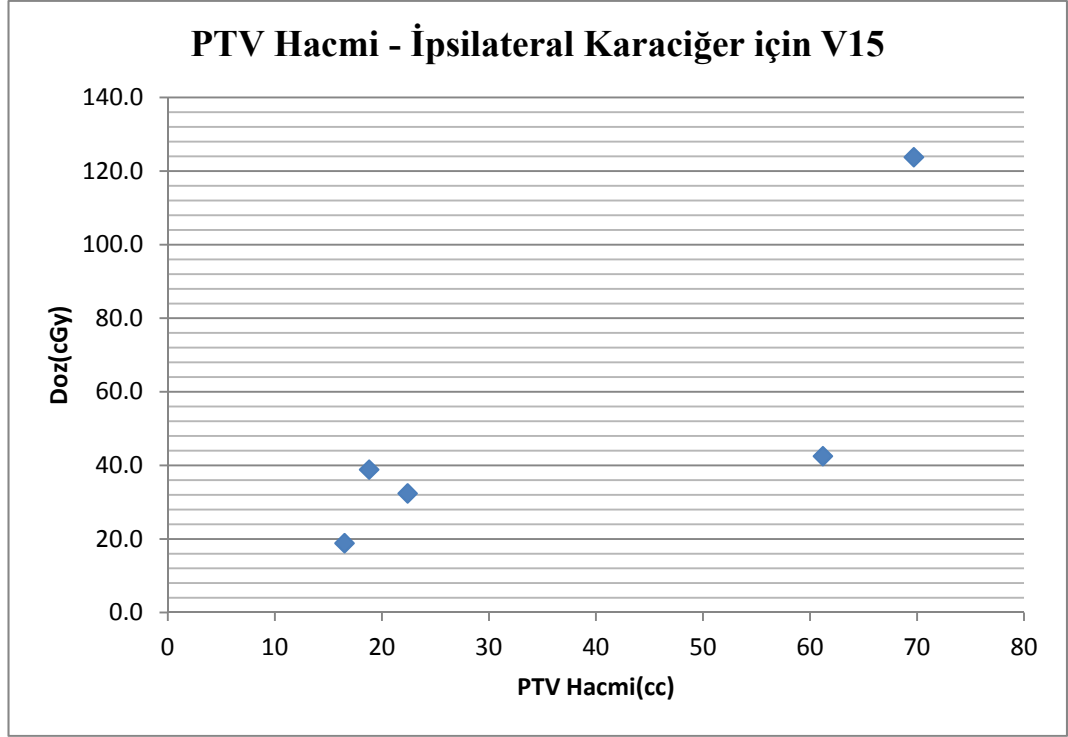
Çizelge 4.21 Ortalama ipsilateral karaciğer dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdelerdeki farkları

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | Lezyon Tarafı | İpsilateral Karaciğer | | |
|-----------------|----------------|---------------|-----------------------|--------------|-------------|
| | | | Ortalama Doz (cGy) | | % Fark |
| | | | DCA | FBC | |
| 2 | 69,7 | Sağ | 807 | 807 | 0,0 |
| 4 | 18,8 | Sağ | 364 | 363 | 0,3 |
| 8 | 61,2 | Sağ | 327 | 330 | -0,9 |
| 9 | 16,5 | Sağ | 303 | 323 | -6,6 |
| 10 | 22,4 | Sağ | 465 | 469 | -0,9 |
| Ortalama | | | 453,2 | 458,4 | -1,1 |

Çizelge 4.22 İpsilateral karaciğer için V15 hacimlerinin DCA ve FBC planlarındaki yüzdelerdeki farkları

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | Lezyon Tarafı | İpsilateral Karaciğer | | |
|-----------------|----------------|---------------|-----------------------|-------------|-------------|
| | | | V15 (cc) | | % Fark |
| | | | DCA | FBC | |
| 2 | 69,7 | Sağ | 123,8 | 125,2 | -1,2 |
| 4 | 18,8 | Sağ | 38,8 | 37,1 | 4,3 |
| 8 | 61,2 | Sağ | 42,5 | 46,7 | -10,0 |
| 9 | 16,5 | Sağ | 18,8 | 18,8 | 0,0 |
| 10 | 22,4 | Sağ | 32,4 | 31,4 | 2,9 |
| Ortalama | | | 51,3 | 51,9 | -1,2 |

DCA planlarında ipsilateral karaciğerin 15 Gy üzerinde doz alan hacminin PTV hacmine bağlı değişimi Şekil 4.20'da grafik olarak görülmektedir



Şekil 4.20 İpsilateral karaciğer için V15 hacminin PTV hacmine bağlı değişimi

Kontralateral karaciğer için maksimum ve ortalama dozlar ile V15 hacimleri Çizelge 4.23'da verilmektedir.

Çizelge 4.23 Kontralateral böbrek için maksimum ve ortalama dozlar ile V15 hacmi

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | Lezyon Tarafı | Kontralateral Karaciğer | | | | | |
|-----------------|----------------|---------------|-------------------------|---------------|--------------------|--------------|------------|------------|
| | | | Maksimum Doz (cGy) | | Ortalama Doz (cGy) | | V15 (cc) | |
| | | | DCA | FBC | DCA | FBC | DCA | FBC |
| 1 | 107,6 | Sol | 1500 | 1695 | 433 | 250 | 0,0 | 6,2 |
| 3 | 46,1 | Sol | 1263 | 1136 | 358 | 274 | 0,0 | 0,0 |
| 5 | 23,3 | Sol | 694 | 789 | 120 | 98 | 0,0 | 0,0 |
| 6 | 44,3 | Sol | 1168 | 1136 | 347 | 271 | 0,0 | 0,0 |
| 7 | 61,1 | sol | 1568 | 1534 | 175 | 167 | 0,0 | 0,0 |
| 11 | 104,8 | Sol | 1200 | 1263 | 419 | 456 | 0,0 | 0,0 |
| 12 | 143,5 | Sol | 1270 | 1482 | 287 | 425 | 0,0 | 0,0 |
| Ortalama | | | 1237,6 | 1290,7 | 305,6 | 277,3 | 0,0 | 0,9 |

Kontralateral karaciğer için maksimum ve ortalama doz değerlerinin DCA ve FBC planları için yüzdelerle farkları sırasıyla Çizelge 4.24 ve Çizelge 4.25’de verilmektedir.

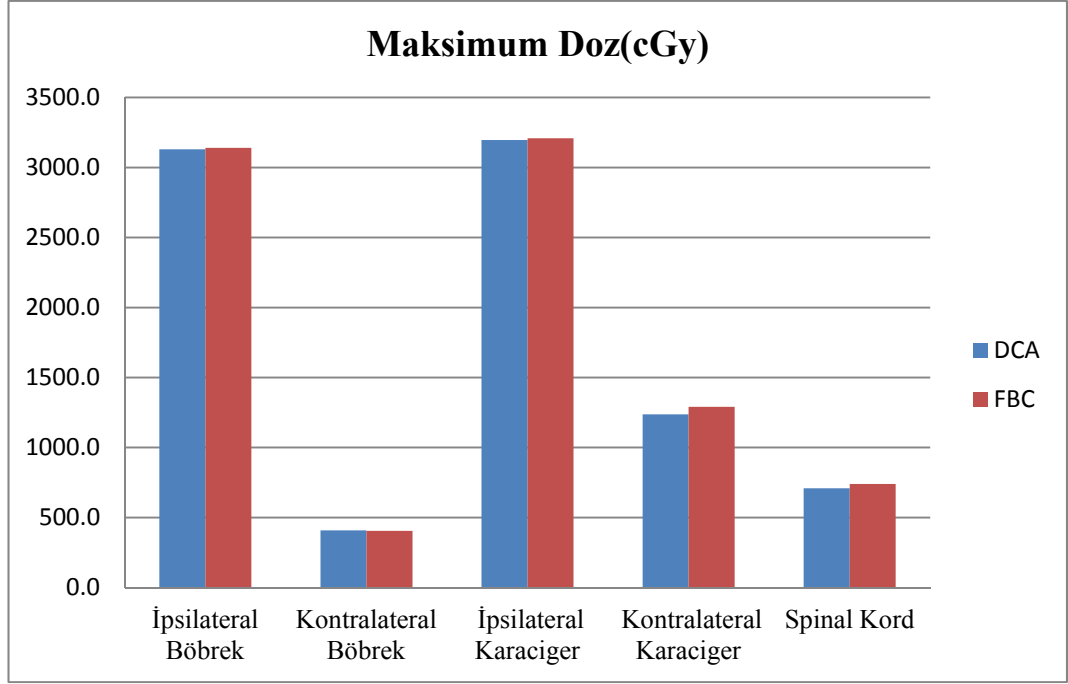
Çizelge 4.24 Maksimum kontralateral karaciğer dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdelerle farkları

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | Lezyon Tarafı | Kontralateral Karaciğer | | |
|-----------------|----------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------|
| | | | Maksimum Doz (cGy) | | % Fark |
| | | | DCA | FBC | |
| 1 | 107,6 | Sol | 1500 | 1695 | -13,0 |
| 3 | 46,1 | Sol | 1263 | 1136 | 10,1 |
| 5 | 23,3 | Sol | 694 | 789 | -13,7 |
| 6 | 44,3 | Sol | 1168 | 1136 | 2,7 |
| 7 | 61,1 | Sol | 1568 | 1534 | 2,2 |
| 11 | 104,8 | Sol | 1200 | 1263 | -5,3 |
| 12 | 143,5 | Sol | 1270 | 1482 | -16,7 |
| Ortalama | | | 1237,6 | 1290,7 | -4,3 |

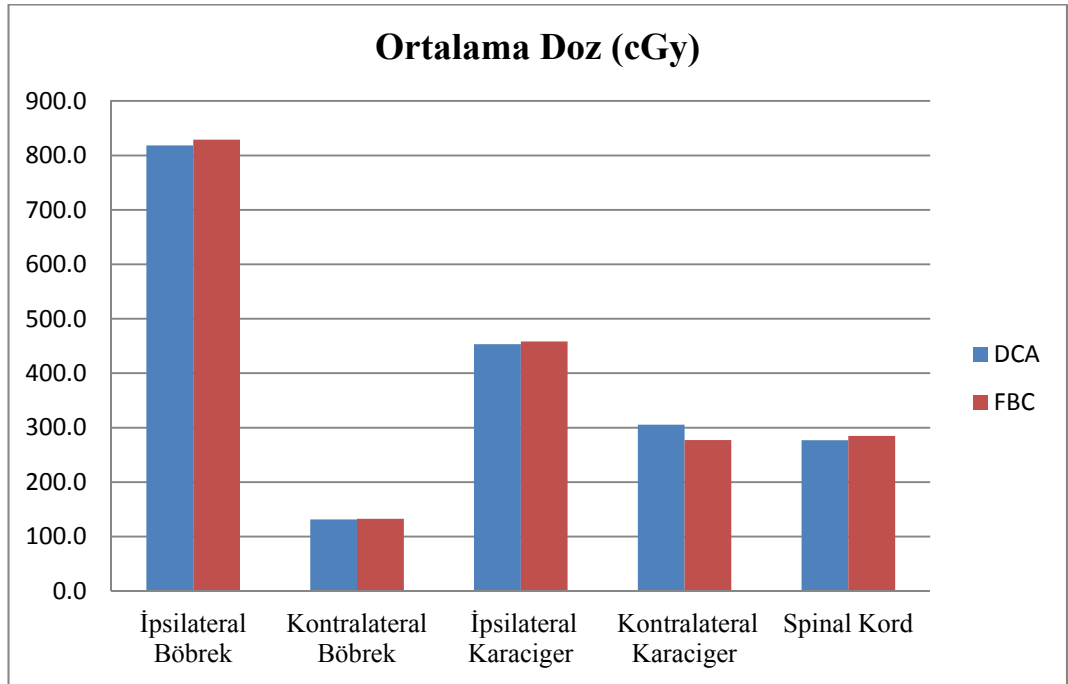
Çizelge 4.25 Ortalama kontralateral karaciğer dozlarının DCA ve FBC planlarındaki yüzdelerle farkları

| Lezyon No | PTV Hacmi (cc) | Lezyon Tarafı | Kontralateral Karaciğer | | |
|-----------------|----------------|---------------|-------------------------|--------------|------------|
| | | | Ortalama Doz (cGy) | | % Fark |
| | | | DCA | FBC | |
| 1 | 107,6 | Sol | 433 | 250 | 42,3 |
| 3 | 46,1 | Sol | 358 | 274 | 23,5 |
| 5 | 23,3 | Sol | 120 | 98 | 18,3 |
| 6 | 44,3 | Sol | 347 | 271 | 21,9 |
| 7 | 61,1 | Sol | 175 | 167 | 4,6 |
| 11 | 104,8 | Sol | 419 | 456 | -8,8 |
| 12 | 143,5 | Sol | 287 | 425 | -48,1 |
| Ortalama | | | 305,6 | 277,3 | 9,3 |

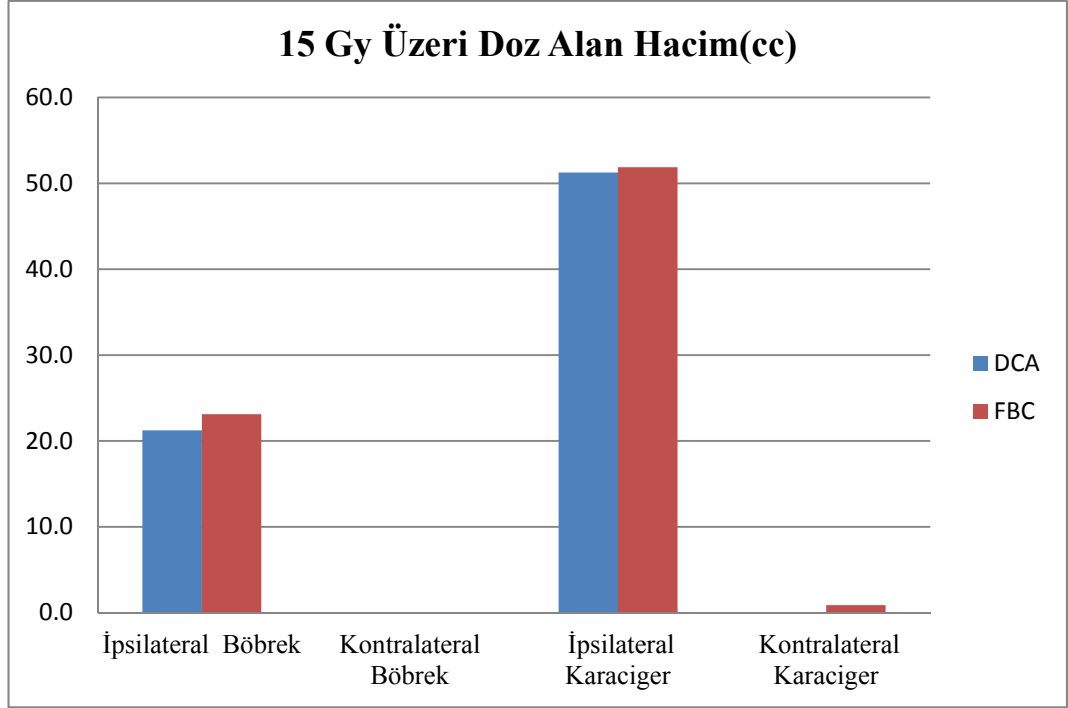
Kritik organların DCA ve FBC planları sonrası aldıkları maksimum dozların ortalamaları ve ortalama dozların ortalamaları ile V15 hacimlerinin ortalamaları sırasıyla Şekil 4.21, Şekil 4.22 ve Şekil 4.23’te grafik olarak verilmektedir.



Şekil 4.21 Kritik organların maksimum dozlarının ortalamasının DCA ve FBC için karşılaştırılması



Şekil 4.22 Kritik organların ortalama dozlarının ortalamalarının DCA ve FBC için karşılaştırılması



Şekil 4.23 Böbreklerin ve karaciğerin V15 hacimlerinin ortalamalarının DCA ve FBC için karşılaştırılması

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Lo ve arkadaşları (1996) 52 adrenal metastaz hastası için cerrahi rezeksiyon gerçekleştirmiş ve ortalama sağ kalım 13 ay, iki yıllık sağ kalım oranı %40 olarak bulmuşlardır. 22 hastaya uygulanan ve toplam dozu 36-54 Gy arasında olan 3BKRT tedavileri sonucunda %73 kısmi yanıt alınmış olup ortalama sağ kalım 10 ay bulunmuştur (Zeng vd. 2005). Holy ve arkadaşları (2011), 18 adrenal metastaz hastasına uygulanan SBRT tedavisi sonucunda lokal kontrol oranını %77 ve ortalama sağ kalımı 23 ay olarak bulmuştur. 2002-2009 yılları arasında adrenal metastaz nedeniyle 48 hastaya SBRT tedavisi uygulanmış olup, iki yıllık lokal kontrol oranı %90 bulunmuştur (Casamassima vd. 2010). Ayrıca Chawla ve arkadaşları (2009), 30 adrenal metastaz hastasına SBRT uygulamasının istatistikî değerlendirmeleri ile %44 bir yıllık sağ kalım, %55 lokal kontrol oranlarına ulaşmışlardır. Yukarıda adı geçen çalışmaların hiçbirinde RTOG toksisite sınıflandırmasına göre ikinci seviyede toksisite ile karşılaşılmamıştır.

Tüm bu veriler değerlendirildiğinde, adrenal metastaz hastaları için SBRT'nin cerrahiye alternatif olarak güvenle uygulanabileceği sonucuna ulaşılmakla birlikte, daha fazla araştırma yapılması gerekliliği de görülmektedir. Bu nedenle adrenal SBRT uygulama tekniklerinin hem hedef hacim doz homojenitesi hem de kritik organ dozları açısından değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Bu tez çalışması ile SBRT uygulama teknikleri arasında bulunan sabit gantri açılı konformal demetler (FBC) ve dinamik konformal arkların (DCA) kullanıldığı tedavi planlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Öncelikle DVH eğrileri, hedef hacimler için değerlendirildiğinde, DCA ve FBC tedavi planları için çok dik bir şekilde sifıra düştüğü ve Çizelge 4.1 de de görüldüğü gibi en fazla % 106 seviyesinde maksimum dozun oluştuğu görülmektedir. Çizelge 4.2 incelendiğinde her iki planlama tekniği için maksimum dozlar arasındaki en büyük fark % -1 olup 5. 6. 7. ve 9. lezyon için yapılan planlarda FBC dozlarının fazla olduğu görülmektedir. Diğer tüm planlar için her iki teknikte de aynı maksimum dozlar elde edilmiş olup ortalama fark %-0,3'dir.

Ortalama PTV dozları arasındaki fark en fazla % 0,6 olup, tüm planların ortalamaları arasında DCA ve FBC için fark görülmemektedir (Çizelge 4.3).

PTV için V95 değerleri incelendiğinde 1 ve 3 sayılı lezyonlar için yapılan DCA planlarında daha iyi dozlar gözlenirken, 4, 6 ve 12 numaralı lezyonlar için yapılan FBC planları daha iyi sonuçlar vermektedir. Yine V95 dozlarının ortalamaları arasında DCA ve FBC planları için fark yoktur (Çizelge 4.4).

Hedef hacim doz homojenitelerini ifade eden HI değerleri Çizelge 4.5'te verilmektedir. Çizelge incelendiğinde DCA planlarının 5, 6, 7 ve 9 numaralı lezyonlar için daha homojen olduğu görölmektedir. Diğer lezyonlar için ise DCA ve FBC planları arasında fark görölmemektedir.

Hedef hacim doz homojenitesi için elde edilen değerler Scorsetti ve arkadaşlarının (2011) elde ettiği değerler ile uyum göstermektedir. Ayrıca DCA planlarındaki HI değerinin PTV hacmi ile sayısal olarak büyüdüğü, yani homojenitenin kötüleştiiği, Şekil 4.12'de görölmektedir.

SBRT planlarının spinal kord dozları üzerindeki etkilerini Çizelge 4.6'ya bakarak incelediğimizde DCA planlarının hem maksimum hem de ortalama dozlar açısında FBC'ye üstün olduğu görölmektedir (Çizelge 4.6). Sol ve sağ adrenal ışınlamaları ayrı ayrı incelediğinde planlama teknikleri arasındaki farklar daha açık görölmektedir.

Sol adrenal ışınlamalarında, 1 numaralı lezyon için DCA planları % 41 daha düşük maksimum spinal dozuna neden olmakta iken 7, 11 ve 12 sayılı lezyonlarda % 3 ile % 7 arasında daha fazla maksimum spinal dozuna neden olmaktadır. Maksimum spinal dozlarının ortalamaları incelendiğinde, DCA planları FBC planlarına göre % 4,3 daha düşük doza neden olmaktadır (Çizelge 4.7). Sağ adrenal ışınlamalarında ise tüm DCA planları FBC planlarında daha düşük maksimum spinal kord dozuna neden olmak ve ortalama % 4,6 doz azalımı sağlamaktadır (Çizelge 4.8).

Spinal kordun maruz kaldığı ortalama dozları lezyon tarafına bağlı olarak incelediğimizde ise DCA planlarının FBC planlarından, sol adrenal ışınlamalarında ortalama % 2,3, sağ adrenal ışınlamalarında ise % 3,8 daha düşük doza neden olduğu görölmektedir. .

Şekil 4.13 ve Şekil 4.14 ile Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8 incelendiğinde, sol adrenal bez ışınlamalarının sağ adrenal bez ışınlamalarından daha fazla maksimum ve ortalama spinal kord dozuna neden olduğu görölmektedir. DCA planlarında, sol adrenal bez ışınlamalarının sağ adrenal bez ışınlamalarına nazaran maksimum spinal kord dozunun

% 4,2, ortalama spinal dozunun ise % 18,4 daha yüksek olduğu görülmektedir. FBC planlarında ise maksimum spinal kord dozu % 4, ortalama spinal kord dozu ise % 17,2 oranında artmaktadır. Ayrıca sol adrenal bez ışınlamalarında ortalama spinal kord dozunun PTV hacmine bağlı olarak arttığı Şekil 4.16'da açıkça görülürken, benzer bir ilişki maksimum spinal kord dozu ve sağ adrenal ışınlamalarında aynı açıklıkta görülememektedir.

İpsilateral böbrek için, DCA ve FBC planlarında maksimum dozlar arasında en fazla % -2 ve ortalama % -0,3 fark olduğu görülmektedir. DCA planlama tekniği maksimum ipsilateral böbrek dozu açısından FBC tekniğinden çok küçük bir üstünlük göstermektedir (Çizelge 4.12). DCA ve FBC planları için ortalama ipsilateral böbrek dozları karşılaştırıldığında ise, DCA tekniği en fazla % -11 ve ortalama % -1,3 doz azalımı sağlamaktadır (Çizelge 4.13). 15 Gy üzeri doz alan ipsilateral böbrek hacimleri her iki, planlama tekniği için incelendiğinde, DCA planlarında FBC planlarına nazaran en fazla % -59,9 ve ortalama % -8,8 daha düşük hacmin 15 Gy üzeri doz aldığı görülmektedir (Çizelge 4.14). DCA planları için, ipsilateral böbreğin V15 hacminin PTV hacmine bağlı artış gösterdiği ($R^2=0,829$) Şekil 4.19'da görülmektedir. .

Kontralateral böbreğin maruz kaldığı maksimum dozlar incelendiğinde DCA planlarının FBC planlarına göre en fazla % 35,4 ve ortalama % 0,8 doz artışına neden olduğu görülmektedir. Öte yandan 2, 6, 7, 9 ve 11 sayılı lezyonlar için DCA planları daha düşük maksimum kontralateral böbrek dozlarına neden olmaktadır (Çizelge 4.16). Ortalama kontralateral böbrek dozları incelendiğinde ise kimi lezyonlar (1, 3, 8, 12,) için DCA planlarında doz artışı, kimilerinde ise (2, 6, 7, 9, 11) FBC planlarında doz artışı görülmektedir. Her iki planlama tekniği arasındaki ortalama fark ise % -0,8 olup DCA tekniği daha düşük doz sağlamaktadır (Çizelge 4.17). Maksimum ve ortalama kontralateral böbrek dozunun değişkenliğinin hastalar arasındaki anatomik farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği ve her iki teknik arasında pek fark bulunmadığı sonucuna varılabilir.

İpsilateral karaciğer için, DCA ve FBC planlarında maksimum dozlar arasında en fazla % -1, ve ortalama % 0,4 oranında fark olduğu görülmektedir. Bu nedenle, DCA ve FBC

tekniklerinin ipsilateral karaciğerin maksimum dozu üzerindeki etkileri arasında pek fark görülmemektedir (Çizelge 4.20). Ortalama ipsilateral karaciğer dozlarını DCA ve FBC teknikleri için incelediğimizde ise en fazla % -6,6, ortalama % -1,1 oranında DCA planlarının daha düşük dozlara neden olduğunu görmekteyiz (Çizelge 4.21). İpsilateral karaciğer için V15 hacimleri her iki planlama tekniği için incelendiğinde, en fazla % -10 ve ortalama % -1,2 oranında DCA planlarında FBC planlarına göre daha az hacmin 15 Gy üzerinde doz aldığı görülmektedir (Çizelge 4.22). PTV hacminin artması ile 15 Gy üzeri doz alan ipsilateral karaciğer hacminin arttığı ise Şekil 4.20'de görülmektedir.

Kontralateral karaciğerin maruz kaldığı maksimum dozlar incelendiğinde, DCA tekniğinin FBC tekniğinden, en fazla % -16,7 ve ortalama % -4,3 oranında doz azalımı sağladığı görülmektedir (Çizelge 4.24). Fakat ortalama kontralateral karaciğer dozları incelendiğinde 1, 3, 5, 6 ve 7 sayılı lezyonlar için yapılan DCA planlarında en fazla % 42,3 en az % 4,6 oranında FBC planlarına göre daha fazla doza neden olduğu görülmektedir. Öte yandan 11 ve 12 sayılı lezyonlarda sırasıyla % -8,8 ve % -48,1 oranında DCA planlarında doz azalımı görülmektedir. Her iki tekniğin ortalaması değerlendirildiğinde ise DCA tekniği % 9,3 oranında doz artışına neden olmaktadır (Çizelge 4.25). Kontralateral karaciğerin sadece 1 numaralı lezyon için yapılan FBC planında 15 Gy üzeri doz alan hacminin olduğu görülmektedir (Çizelge 4.23).

Her iki planlama tekniği genel olarak incelendiğinde DCA ve FBC tekniklerinin PTV dozları ve HI değerleri açısından pek fark görülmemektedir. Kritik organ dozlarının belirtilen tolerans seviyelerinin çok altında kalmış olması, her iki planlama tekniğinin başarısını göstermektedir. Spinal kord, böbrekler ve karaciğer dozları her iki teknik açısından incelendiğinde ise DCA tekniğinin FBC tekniğinden daha üstün olduğu görülmektedir.

Bu çalışma süresinde elde edilen veriler ışığında, böbrek üstü bezi metastazlarında SBRT'nin etkin bir tedavi yaklaşımı olduğunu söylemek mümkündür.

KAYNAKÇA

- ACR-ASTRO. 2009. Practice guideline for the performance of stereotactic body radiation therapy. <http://www.acr.org> Erişim Tarihi: 10.10.2011.
- Anonymous. 2011 Stereotactic body radiation therapy. AHRQ, 193 p., Rockville.
- Anonymous. 2011. Intensity modulated radiation therapy. National medical policy, 193 p.,
- Benedict, S. Yenice, K. Followill, D. Galvin, J. Hinson, W. Kavanagh, B. Keall, P. Lovelock, M. Meeks, S. Papiez, L. Purdie, T. Sadagopan, R. Schell, M. Salter, B. Schlesinger, D. Shiu, A. Solberg, T. Song, D. Stieber, V. Timmerman, R. Tome, W. Verellen, D. Wnag, L. Yin, F. 2010. Stereotactic body radiation therapy: The report of AAPM task group 101. Med Phys; 37(8); 4078-4101.
- Casamassima, F. Livi, L. Masciullo, S. Menichelli, C. Masi, L. Meattini, I. Bonucci, I., Agresti D. B, Simontacchi, G. Doro, R. 2010. Stereotactic radiotherapy for adrenal gland metastases: university of florence experience. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 82(2); 919-923
- Chawla, S. Chen, Y. Katz, A. Muhs, A. Philip, A. Okunieff, P. Milano, M. 2009. Stereotactic body radiotherapy for treatment of adrenal metastases. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 75; 71-75.
- Dawson, L.A. 2008. Stereotactic body radiation therapy. Principles and Practice of Stereotactic Radiosurgery, chapter 62
- Dirican, B. 2010. Radyobiyoloji dersi ders notları. Ankara.
- Gamsız, H. 2011. Sözlü görüşme. Gülhane Askeri Tıp Akademisi. Ankara.
- Gibbs, I. Fillion, E. Koong, A. 2010. Stereotactic body radiation therapy. Leibel and Phillips Textbook of Radiation Oncology, chapter 75.
- Holy, R. Piroth, M. Pinkawa, M. Eble, M. 2011. Stereotactic body radiation therapy (SBRT) for treatment of adrenal gland metastases from non-small cell lung cancer. Strahlenther Onkol, 4; 245-251.
- ICRU 62, The International Commission on Radiation Units and Measurements Report 62. 1999. Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy.
- Kavanagh, B. D. 2010. Establishin an SBRT program part III: Clinical and radiobiological consideration. Power Point sunusu. AAPM 52. yıllık toplantısı Philadelphia, Pennsylvania.
- Kavanagh, BD. Kelly, K. Kane, M. 2007. The promise of stereotactic radiation therapy in a new era of oncology. Frontiers of Radiation Therapy and Oncology, 40; 341-351.
- Kaya, M. 2005. Surrenal insidentalomada cerrahi tedavinin yeri: Uzmanlık Tezi. Haseki Eğitim Araştırma Hastanesi, 73s, İstanbul.
- Lo, C.Y. Van Heerden, J.A. Soreide, J.A. Grant, S. Thompson, G.B. Lloyd, R.V. Harmsen, W.S. 1996. Adrenalectomy for metastatic disease to adrenal glands. British Journal of Surgery, 83; 528-531.
- McLean, K. Lilinefeld, H. Caracciolo, J. Hoffe, S. Tourtelot, J. Carter, W. 2011. Managment of isolated adrenal lesions in cancer patients. Cancer Control, 18(2); 113-26.
- RTOG 0236. 2009. A phase II trial of stereotactic body radiation therapy (SBRT) in the treatment of patients with medically inoperable stage I/II non-small cell lung cancer. Radiation Therapy Oncology Group.

- Saw, C. B. 2010. Stereotactic body radiation therapy. Power Point sunusu. AAMD 35. yıllık toplantısı, Minneapolis.
- Scorsetti, M. Mancosu, P. Navarra, P. Tozzi, A. Castiglioni, S. Clerici, E. Reggiori, G. Lobefalo, F. Fogliata, A. Cozzi, L. 2011. Stereotactic body radiation therapy (SBRT) for adrenal metastases. *Strahlenther Onkol*, 4; 238-244.
- Slotman, B.J. Solberg, T. Würm, R. Verellen, D. 2006 Extracranial stereotactic radiotherapy and radiosurgery. Taylor and Francis Group, 328s, New York.
- Timmerman R.D., Kavanagh, B.D. Cho, L.C. Papiez, L. Xing, L. 2007. Stereotactic body radiation therapy in multiple organ sites. *Journal of Clinical Oncology*, 25(8); 947-952.
- Zeng, ZC. Tang, ZY. Fan, J. Zhou, J. Qin, LX. Ye, SL. Sun, HC. Wang, BL. Zhang, JY. Yu, Y. Cheng, JM. Wang, XL. Guo, W. 2005. Radiation therapy for adrenal gland metastases form hepatocellular carcinoma. *Jpn J Clin Oncol*, 35(2); 61-67.
- Elekta. Web sitesi. <http://www.elekta.com/healthcare-professionals/products/elekta-oncology/treatment-techniques/positioning-and-immobilization/bodyfix.html>. Erişim Tarihi: 15.12.2011.
- Elekta. Web sitesi <http://www.elekta.com/healthcare-professionals/products/elekta-oncology/treatment-techniques/motion-management/active-breathing-coordinator.html>. Tarihi: 15.12.2011.
- General Electric. Web sitesi. http://www.gehealthcare.com/euen/ct/products/dedicated_systems/products/light_speedrt.html. Tarihi: 15.12.20112011.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hamza TATLI

Doğum Yeri : Gaziantep

Doğum Tarihi : 12.03.1982

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Gaziantep Lisesi, 1999

Lisans : Orta Doğu Teknik Üniversitesi Eğitim Fakültesi,
Fizik Öğretmenliği Bölümü, 2006

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü,
Medikal Fizik, 2012