

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
NÜKLEER BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**GLİOBLASTOMA MULTIFORME (GBM)
BEYİN TÜMÖRÜ TEDAVİSİNDE
ÜÇ BOYUTLU KONFORMAL RADYOTERAPİ VE
YOĞUNLUK AYARLI RADYOTERAPİ
TEKNİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Salih GÖRÜR

MEDİKAL FİZİK ANABİLİM DALI

**ANKARA
2012**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Salih GÖRÜR tarafından hazırlanan "Glioblastoma Multiforme (GBM) Beyin Tümörü Tedavisinde Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi ve Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi Tekniklerinin Karşılaştırılması" 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

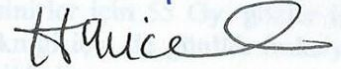
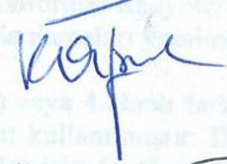
Jüri Üyeleri :

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

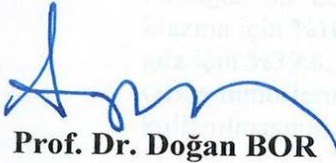
Doç. Dr. Kaan OYSUL
(GATA Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı)

Prof. Dr. Haluk YÜCEL
(Ankara Üniversitesi Medikal Fizik Anabilim Dalı)

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım



Prof. Dr. Doğan BOR

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GLİOBLASTOMA MULTIFORME (GBM) BEYİN TÜMÖRÜ TEDAVİSİNDE ÜÇ BOYUTLU KONFORMAL RADYOTERAPİ VE YOĞUNLUK AYARLI RADYOTERAPİ TEKNİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Salih GÖRÜR

Ankara Üniversitesi
Nükleer Bilimler Enstitüsü
Medikal Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Bahar DİRİCAN

Bu tezde Glioblastoma Multiforme (GBM) tanılı 9 hastanın, tedavi öncesi çekilen Bilgisayarlı Tomografi (BT) kesit görüntüleri kullanılarak Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi (3BKRT) ve Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (YART) teknikleri ile tedavi planlamaları yapılmış ve elde edilen veriler karşılaştırılmıştır.

3BKRT tekniğinde 4 alanlı box tekniği (0°, 90°, 180°, 270°) veya 4 alanlı farklı gantri açıları, YART tekniğinde “Ters”, “Statik” tekniği, 5 alan, 3 segment kullanılmıştır. Doz sınırlamaları beyin sapı için 60 Gy, optik kiazma için 56 Gy, optik sinirler için 55 Gy, gözler için 35 Gy, lensler için 7 Gy olarak belirlenmiştir. Her iki tedavi tekniği için de günlük fraksiyon dozu 2 Gy, toplam planlanan hedef hacim dozu 60 Gy olacak şekildedir.

3BKRT ile karşılaştırıldığında YART planlamalarında hedef hacmin almış olduğu maksimum doz değeri %0,9 azalırken, ortalama doz değeri %0,1 artmaktadır. YART planları ile %1 daha homojen bir doz dağılımı sağlanmakta ve kritik organ dozları; beyin sapı için %5,6, optik kiazma için %10,7, sağ optik sinir için %26,8, sol optik sinir için %26,6, sağ göz için %32,6, sol göz için %39,8, sağ lens için %7,8, sol lens için %33,8 azalmaktadır.

GBM tümörlerinin tedavisinde kritik organ dozlarını minimum seviyede tutan YART tekniğinin kullanılmasının daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

2012, 60 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi, Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi, Glioblastoma Multiforme

ABSTRACT

Master Thesis

COMPARİSON OF THREE DİMENSİONAL CONFORMAL RADIOTHERAPY AND İNTENSİTY MODULATED RADIOTHERAPY TECHNIQUES İN GLİOBLASTOMA MULTİFORME (GBM) BRAİN TUMORS

Salih GÖRÜR

Ankara University
Graduate School of Nuclear Sciences
Department of Medical Physics

Supervisor: Doç. Dr. Bahar DİRİCAN

In this thesis, treatment plans of 9 patients with Glioblastoma Multiforme (GBM) diagnosis were done with Three Dimensional Conformal Radiotherapy (3DCRT) and Intensity Modulated Radiotherapy (IMRT) techniques using cross-sectional images of pre-treatment Computed Tomography (CT) and the data obtained were compared.

4-field box technique (0 °, 90 °, 180 °, 270 °) or 4 different field gantry angles in 3DCRT technique and "inverse", "step and shoot" technique, 5 fields, 3 segments in IMRT technique were used. Dose constraints is determined as of 60 Gy for brain stem, 56 Gy for optic chiasm, 55 Gy for the optic nerves, 35 Gy for the eyes, 7 Gy for lenses. The prescribed dose was total dose of 60 Gy to planning target volume for both treatment techniques using 2 Gy per daily fraction.

When compared with the 3DCRT, in IMRT plans, maximum dose value of target volume was decreased by 0,9%, mean dose value of target volume was increased by 0,1%. IMRT plans provided 1% more homogeneous dose distribution and critical organ doses decreased 5,6% for brain stem, 10,7% for optic chiasm, 26,8% for right optic nerve, 26,6% for left optic nerve, 32,6% for right eye, 39,8% for left eye, 7,8% for right lens, 33,8% for left lens, compared with 3DCRT plans.

It was concluded that, in treatment of GBM tumors, IMRT technique is more appropriate than 3BCRT, with minimum critical organ doses.

2012, 60 pages

Key Words : Intensity Modulated Radiotherapy, Three Dimensional Conformal Radiotherapy, Glioblastoma Multiforme

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 sistemindeki hacim çizimlerinde bana yardımcı olan Doç. Dr. Kaan OYSUL'a (GATA Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı),

Çalışmanın her safhasında yakın ilgi, bilgi, birikim ve önerileri ile beni her zaman destekleyen Aslı Sabah YAZICI (Fiz. Müh.) ve Esil Üncüler KARA'a (Fiz. Müh.),

Tezimin hazırlanması sırasında sürekli bilgi alış verişi yaptığımız arkadaşlarım ve meslektaşlarım Hamza TATLI, Cansu ÖZTÜRK, Gamze KAYA, Duygu AYDINÇELEBİ, Burcu SAVTEKİN ve Ayşe DAĞLI'a

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

En içten duygularıyla teşekkürlerimi sunarım.

Salih GÖRÜR
Ankara, Ocak 2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Glioblastoma Multiforme (GBM).....	1
1.2 Klinik belirtiler.....	2
1.3 GBM tanı metodları.....	2
1.4 GBM tedavisi.....	3
2. KURAMSAL TEMELLER.....	5
2.1 Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi (3BKRT).....	5
2.2 Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (YART).....	6
2.3 YART teknikleri.....	6
2.3.1 Statik (step and shoot).....	7
2.3.2 Dinamik (sliding window).....	7
2.3.3 Tomoterapi.....	7
2.4 BT veya MRG ile görüntü elde edilmesi.....	8
2.5 Demet bakışı görüntü (BEV)(Beam's Eye View).....	9
2.6 Hedef ve kritik organlar.....	10
2.7 Hacim kavramları.....	11
2.7.1 Görüntülenebilir Tümör Hacmi (GTV: Gross Tumor Volume).....	11
2.7.2 Klinik Hedef Hacim (CTV: Clinical Target Volume).....	11
2.7.3 Planlanan Hedef Hacim (PTV: Planning Target Volume).....	11
2.7.4 Tedavi Edilen Hacim (TV: Treated Volume).....	12
2.7.5 Işınlanan Hacim (IV: Irradiated Volume).....	12
2.7.6 İç Pay (IM: Internal Margin).....	12
2.7.7 İç Hedef Hacim (ITV: Internal Target Volume).....	12
2.7.8 Setup Payı (SM: Set-up Margin).....	13
2.7.9 Riskli Organ (OR: Organ at Risk).....	13
2.7.10 Konformite İndeks (CI: Conformity Index).....	13
2.8 İzodoz eğrileri.....	14
2.9 Doz Hacim Histogramı (DVH).....	15
2.9.1 Diferansiyel doz hacim histogramı.....	16
2.9.2 Kümülatif doz hacim histogramı.....	16

2.10 Radyoterapinin yan etkileri	18
2.10.1 Akut radyasyon etkileri	18
2.10.2 Subakut radyasyon etkileri	18
2.10.3 Geç radyasyon etkileri	19
2.11 Homojenite İndeks (HI: Homogeneity Index)	19
3. MATERİYAL VE YÖNTEM	20
3.1 Materyaller	20
3.1.1 Lineer Hızlandırıcı	20
3.1.2 Bilgisayarlı Tomografi	22
3.1.3 Tedavi planlama sistemi	23
3.2 Yöntem	24
3.2.1 Hastaların genel özellikleri	24
3.2.2 Tedavi planlama sisteminde yapılan işlemler	25
3.2.3 Hasta immobilizasyonu	27
4. BULGULAR	28
4.1 Hedef hacimler için elde edilen veriler	28
4.2 Kritik organlar için elde edilen veriler	39
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	53
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	60

SİMGELER DİZİNİ

BEV	Demet bakışı görüntü
BT	Bilgisayarlı Tomografi
CCCS	Collapse Cone Convolution Superposition
CTV	Klinik Hedef Hacim
DAO	Direct Aperture Optimization
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DRR	Digitally Reconstructed Radiographs
DVH	Doz Hacim Histogramı
EPID	Elektronik Portal Görüntüleme Cihazı
GBM	Glioblastoma Multiforme
GTV	Görüntülenebilir Tümör Hacmi
HI	Homojenite İndeks
ICRU	The International Commission on Radiation Units and Measurements
IM	İnternal Marjin
ITV	İnternal Hedef Hacim
IV	Işınlanan Hacim
KİBAS	Kafa İçi Basıncı Artışı
MLC	Çok Yapraklı Kolimatör
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
MRS	Manyetik Rezonans Spektroskopi
OR	Riskli Organ
PET	Pozitron Emisyon Tomografisi
PTV	Planlanan Hedef Hacim
RTOG	Radiation Therapy Oncology Group
SM	Set-up Marjin
TMZ	Temozolomid
TPS	Tedavi Planlama Sistemi
TV	Tedavi Edilen Hacim
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
YART	Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi
3BKRT	Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 GBM Kesit Görünümü.....	1
Şekil 2.1 BEV görüntüsü.....	9
Şekil 2.2 Hedef ve kritik organların kesit görünümü.....	10
Şekil 2.3 ICRU 50, ICRU 62 raporları şematik görünümü.....	14
Şekil 2.4 Örnek doz hacim histogram hesaplaması. Işınlanan bir organ 100 adet 5 cm ³ 'lük voksel'lere bölünmüştür. Her biri 0'dan 7,5 Gy e doz alırlar. Örneğin 22 Voksel 1 Gy e eşit, ya da daha fazla ancak 2 Gy den daha az ışın almıştır.	15
Şekil 2.5 Diferansiyel doz hacim histogramı.....	16
Şekil 2.6 Kümülatif doz hacim histogramı.....	17
Şekil 2.7 Beyin tümörü tedavi planlaması kümülatif doz hacim histogramı.....	17
Şekil 3.1 Siemens ARTISTE lineer hızlandırıcı cihazı.....	21
Şekil 3.2 Siemens ARTISTE lineer hızlandırıcı cihazının çok yapraklı kolimatör sistemi.....	21
Şekil 3.3 Siemens SOMATOM Emotion Duo BT cihazı.....	22
Şekil 3.4 Hasta İmmobilizasyonu.....	27
Şekil 4.1 Frontoparietal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın (a) YART planındaki (b) 3BKRT planındaki PTV'nin transvers kesitteki doz dağılımları.....	28
Şekil 4.2 Frontoparietal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın (a) YART planındaki (b) 3BKRT planındaki PTV'nin sagittal kesitteki doz dağılımları.....	29
Şekil 4.3 Frontoparietal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın (a) YART planındaki (b) 3BKRT planındaki PTV'nin koronal kesitteki doz dağılımları.....	29
Şekil 4.4 Temporal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın (a) YART planındaki (b) 3BKRT planındaki PTV'nin transvers kesitteki doz dağılımları.....	30

Şekil 4.5 Temporal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın (a) YART planındaki (b) 3BKRT planındaki PTV'nin sagittal kesitteki doz dağılımları.....	31
Şekil 4.6 Temporal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın (a) YART planındaki (b) 3BKRT planındaki PTV'nin koronal kesitteki doz dağılımları.....	31
Şekil 4.7 Serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın (a) YART planındaki (b) 3BKRT planındaki PTV'nin transvers kesitteki doz dağılımları.....	32
Şekil 4.8 Serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın (a) YART planındaki (b) 3BKRT planındaki PTV'nin sagittal kesitteki doz dağılımları.....	33
Şekil 4.9 Serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın (a) YART planındaki (b) 3BKRT planındaki PTV'nin koronal kesitteki doz dağılımları.....	33
Şekil 4.10 Frontoparietal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın PTV için DVH eğrileri.....	34
Şekil 4.11 Temporal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın PTV için DVH eğrileri.....	35
Şekil 4.12 Serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın PTV için DVH eğrileri.....	35
Şekil 4.13 Frontoparietal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın beyin sapı ve optik kiazma için DVH eğrileri.....	39
Şekil 4.14 Temporal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın beyin sapı ve optik kiazma için DVH eğrileri.....	40
Şekil 4.15 Serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın beyin sapı ve optik kiazma için DVH eğrileri.....	40
Şekil 4.16 Frontoparietal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ optik sinir ve sol optik sinir için DVH eğrileri.....	42
Şekil 4.17 Temporal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ optik sinir ve sol optik sinir için DVH eğrileri.....	43
Şekil 4.18 Serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ optik sinir ve sol optik sinir için DVH eğrileri.....	43

Şekil 4.19 Frontoparietal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ göz ve sol göz için DVH eğrileri.....	45
Şekil 4.20 Temporal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ göz ve sol göz için DVH eğrileri.....	46
Şekil 4.21 Serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ göz ve sol göz için DVH eğrileri.....	46
Şekil 4.22 Frontoparietal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ lens ve sol lens için DVH eğrileri.....	48
Şekil 4.23 Temporal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ lens ve sol lens için DVH eğrileri.....	49
Şekil 4.24 Serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ lens ve sol lens için DVH eğrileri.....	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Hastaların genel özellikleri.....	24
Çizelge 3.2 3BKRT ve YART teknikleri için kullanılan alan ve segment sayıları.....	26
Çizelge 4.1 PTV için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri.....	36
Çizelge 4.2 Kafa içerisinde oluşan maksimum doz değerleri.....	37
Çizelge 4.3 PTV için Homojenite İndeks (HI) değerleri.....	38
Çizelge 4.4 Beyin sapı için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri.....	41
Çizelge 4.5 Optik kiazma için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri.....	41
Çizelge 4.6 Sağ optik sinir için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri.....	44
Çizelge 4.7 Sol optik sinir için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri.....	44
Çizelge 4.8 Sağ göz için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri.....	47
Çizelge 4.9 Sol göz için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri.....	47
Çizelge 4.10 Sağ lens için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri.....	50
Çizelge 4.11 Sol lens için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri.....	50
Çizelge 4.12 YART tekniği ile yapılan tedavi planlamasının 3BKRT tekniğine göre kritik organ dozlarının % doz değişimi (Azalımlar yeşil, artışlar kırmızı renkte gösterilmiştir).....	51
Çizelge 4.13 YART tekniği ile yapılan tedavi planlamasının 3BKRT tekniğine göre hedef hacim dozlarının % doz değişimi (Azalımlar yeşil, artışlar kırmızı renkte gösterilmiştir).....	52

1. GİRİŞ

1.1 Glioblastoma Multiforme (GBM)

Gliom, beynin nöronlara destek olan dokularından kaynak alan bir beyin tümörüdür. Gliomlar, primer beyin tümörlerinin % 40'ını oluşturmaktadır. Gliom tümör türlerinden biri olan GBM, düşük sağ kalımla birlikte yüksek Grad'lı gliomlar içerisinde en az diferansiye ve en kötü prognozu olanıdır (Şekil 1.1). Grad 4 olarak ifade edilir. WHO'nin yapmış olduğu sınıflandırmaya göre tüm gliomların % 75 ini oluştururlar. Erişkinlerde (45-70 yaş) en yaygın görülen primer beyin tümörleridir. İnvazyon özelliği yüksektir. Erkeklerde daha sık görülür (E/K oranı 1,6 dır). Sıklıkla frontal lob yerleşimlidir. Nispeten yuvarlak şekillidir. Metastaz olasılığı % 12 den azdır. Lenfatik metastaz yapmazlar. Hematolojik metastaz nadiren rastlanır (Fiveash 2007). Tanı sonrası, ortalama sağkalım bir yıldan azdır. En uygun tedavi koşullarında bu süre iki yıla kadar uzayabilir (Buckner 2003).



Şekil 1.1 GBM Kesit Görünümü

1.2 Klinik belirtiler

Yerleşim yeri ve büyüklüğüne göre değişik belirtiler verirler. Bunlar; KİBAS artışına bağlı bulantı, kusma, baş ağrısı, epilepsi nöbeti, konuşma bozukluğu, yarı felç, görme diskinin şişmesi, bulanık görme olabilmektedir (Feighaum 1999). Hastalığın prognozu; hasta yaşı ve cinsiyeti, tümör histolojisi, tümör lokalizasyonu ve büyüklüğü, karnofsky derecesi, semptomların ortaya çıkma zamanı, cerrahi rezeksiyon genişliği, ameliyat sonrası rezidüel tümör hacmi, verilen radyasyon dozu, kemoterapi kullanımına bağlıdır (Gehan 1977).

1.3 GBM tanı metodları

Tümör lokalizasyonu, yayılımı ve Grad'ının belirlenmesinde Bilgisayarlı Tomografi (BT), Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) ve PET (Pozitron Emisyon Tomografisi) kullanılmaktadır (Vougiouklakis 2006). MRG, BT'ye göre yumuşak doku ve beyin fonksiyonundaki değişiklikleri daha detaylı göstermektedir. Ayrıca son zamanlarda kullanılmakta olan Manyetik Rezonans Spektroskopi (MRS), GBM metabolizması hakkında bilgi veren yeni bir görüntüleme tekniğidir.

1.4 GBM tedavisi

Hastaların standart tedavisi mümkün olan en geniş cerrahi rezeksiyon sonrasında uygulanan radyoterapidir. Yardımcı tedavi kemoterapidir (Cameron 1994). Cerrahi sonrası uygulanan radyoterapinin amacı lokal nüks olasılığını azaltmak ve tümör kontrolünü artırmaktır. Tedavi Co-60 veya Lineer Hızlandırıcı (4-6-10 MV X-ışınları) ile yapılmaktadır.

Kemoterapi ve radyoterapi tekniklerindeki son gelişmeler GBM hastalarındaki sağ kalım süresini artırmıştır. Fakat bu hastalarda özellikle kemoterapinin etkisinden dolayı doku nekrozu, zihinsel hasar ve geç radyasyon hasarı (toxicity) riski de artmıştır. Bu nedenle en az radyasyon hasarı ile optimum tümör kontrolü sağlayan klinik radyoterapi teknikleri önem kazanmıştır (MacDonald 2007).

Son yıllarda ise GBM hastaları üzerinde yapılan çalışmalarda radyoterapi ile temozolomid (TMZ) kullanımının sağ kalıma belirgin katkısı ortaya çıktıktan sonra bu tedavi yöntemi 2005 yılından sonra standart tedavi haline gelmiştir (Stupp 2005). Temozolomid oral yolla alınan, böbreklerde emilen, kan beyin bariyerini kolayca geçebilen, yarı ömrü yaklaşık 1,8 saat olan kemoterapotik bir ajandır (Newlands 1992). Temozolomid her radyoterapi seansından 1 saat önce alınır. Hafta sonları alınmasına devam edilir. Tedavi bitimine kadar en fazla 49 gün olacak şekilde alınmaya devam edilir (RTOG 0825).

Tedavilerinde genel olarak günlük 1,8 veya 2 Gy den toplam 60 Gy'lik doz yeterli olmaktadır. İlave olarak ise 10 Gy'lik boost dozu verilmektedir (Nelson 1988). Yapılan çalışmalar 60-70 Gy'in üzerindeki dozların, sağkalıma belirgin etkisinin olmadığını ve yapılan tüm beyin ışınlamasının nüks riskini azaltmadığını göstermiştir (ACS 2002). Tedavinin tamamlanmasından sonraki ilk yıl içerisinde düzenli olarak her 3 ayda bir BT veya MRG ile kontrol yapılması önerilmektedir (RTOG 0825).

Tümör lokalizasyonu ve büyüklüğünün her hasta için farklı oluşu tedavi planlaması sırasında hedef hacim ve kritik organların aldığı dozların da farklı olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle yapılan tedavi planlarında tümör lokalizasyonu ve büyüklüğüne bağlı olarak 3BKRT ve YART tekniklerinin birbirlerine göre üstünlüğü veya avantajı olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı GBM tanılı 9 hasta için 3BKRT ve YART teknikleri ile yapılan tedavi planlamaları sonucunda elde edilen verileri değerlendirerek her iki tekniği hedef hacmin doz homojenliği, hedef hacim ve kritik organların aldığı dozlar açısından karşılaştırmaktır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Üç Boyutlu Konformal Radyoterapi (3BKRT)

3BKRT tekniği, 1980'lerin sonunda gelişmeye başlamıştır. Hasta, Bilgisayarlı Tomografi (BT) veya Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) işlemine tabi tutularak tümörün ve hasta anatomisinin üç boyutlu görüntüleri elde edilir. Radyasyon onkoloğu bu görüntüler üzerinden kritik organları (beyin sapı, optik kiazma, optik sinirler, gözler, lensler gibi) ve hedef organları (GTV, CTV, PTV) belirler. Hedeflerin ve ilgili anatomik yapıların çizilmesindeki bu işlem "konturlama" olarak adlandırılır. Üç boyutlu tümör hacmine uyumlandırılmış doz dağılımları dikkate alınarak demet açıları, alan boyut ve şekillerini değiştirip bilgisayar sisteminde deneme yanılma yolu ile tedavi planlaması yapıldıktan sonra transvers, sagittal ve koronal kesitlerde doz dağılımı incelenir. Her bir plan kabul edilebilir duruma ulaşıncaya kadar modifiye edilir (Sultanem 2004).

3BKRT tekniğinde günlük fraksiyon dozu 1,8-2 Gy olmak üzere eşdüzlemsel veya eşdüzlemsel olmayan 2-3 kama filtreli alan, box veya 4 farklı gantri açılı alanlar kullanılmaktadır. (RTOG 97-10)

2.2 Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (YART)

3BKRT'nin geliştirilmiş bir formu olan YART'de ana demet, hedef bölgede farklı yoğunluklar oluşturacak şekilde ayarlanmış daha küçük demetçiklere veya segmentlere bölünür. Bu sayede hem hedef bölgeye daha yüksek dozlar verilebilir hem de kritik organlar daha iyi korunabilir (Chao 2005). Tedavi planlama sisteminde YART tedavi planları ileri (forward) veya ters (inverse) planlama yöntemleri ile yapılır. İleri planlama yönteminde demet sayısı ve dizilişleri sisteme girilip değiştirilerek istenilen doz dağılımı elde edilmeye çalışılır. Ters planlama yönteminde ise PTV ve kritik organların istenilen doz dağılımı sisteme girilerek gerekli demet sayısı ve dizilişi hesaplanır (Dirican 2011).

Tedaviler cerrahiden 3-5 hafta sonra başlar. YART planlamaları günlük fraksiyon dozu 2 Gy, 6 hafta, haftada 5 gün için toplam hedef dozu 60 Gy olacak şekilde yapılır. Alan sayısı 4 ile 8, segment sayısı 3 ile 6 arasında değişmektedir. PTV öngörölmüş olan dozun en az %95'i tarafından homojen bir şekilde sarılmalıdır. Herhangi bir nedenden dolayı tedaviye en fazla 5 gün ara verilebilir (RTOG 0825).

2.3 YART teknikleri

YART teknikleri sabit gantri açılarında dinamik MLC (çok yapraklı kolimatör) ile çoklu demetler kullanılarak (Statik, Dinamik) ya da yoğunluk ayarlı ark terapi (tomoterapi) şeklinde uygulanmaktadır (Dirican 2011).

2.3.1 Statik (step and shoot)

Tedavi planlama sisteminde (TPS) önceden belirlenen sabit gantri açılarında ve belirlenen sayıda segmentler için sabit lif pozisyonlarında hesaplanan dozlar verilir. Bu dozların toplamı ile farklı yoğunluktaki doz dağılımları elde edilir. Segmentleri oluşturan liflerin hareketi sırasında ışınlama yapılmaz.

2.3.2 Dinamik (sliding window)

Tedavi planlama sisteminde (TPS) önceden belirlenen sabit gantri açılarında ve belirlenen sayıda segmentler için sabit lif pozisyonlarında ve segment geçişlerindeki lif hareketi sırasında hesaplanan dozlar verilir. Farklı yoğunlukta doz dağılımları elde edilir.

2.3.3 Tomoterapi

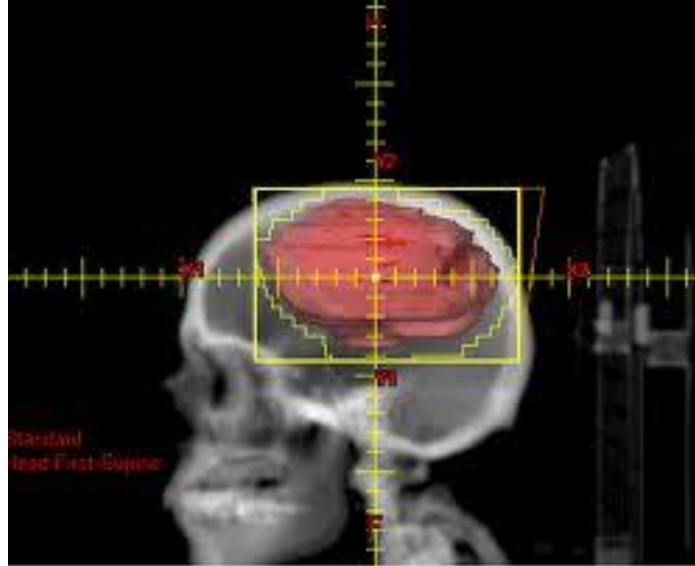
Tomoterapi bir YART tekniğidir. Hasta kesit kesit ışınlanmaktadır. Gantri hastanın uzun eksenini etrafında döner. Yoğunluk ayarlı demetleri oluşturan özel bir kolimatör tasarımı vardır. Hasta yatağı spiral BT'de olduğu gibi sürekli hareket eder.

2.4 BT veya MRG ile görüntü elde edilmesi

Hasta, BT odasında tedavi masasının üstüne uyumlu, düzleştirilmiş kendisi için yapılmış olan immobilizasyon sistemi ile yatırılır. BT odasındaki lazerler kullanılarak hasta setup'i yapılır. BT'si alınacak bölge için hazırlanmış olan protokole göre BT kesitleri alınır. BT çekilirken hasta cildine veya maske üzerine yerleştirilen radyoopak işaretleyiciler planlamada koordinatların belirlenmesi için gereklidir. Çekim sırasında seçilen bölge üzerinde 3-5 mm aralıkla kesit görüntüsü alınması önerilmektedir. Tedavi planlaması için BT bilgileri tedavi planlamasına aktarılır. Bununla beraber, MRG'den elde edilen bilgilerde, BT bilgilerini tamamlayan bilgiler olarak önem kazanmaya başlamıştır. MRG, BT den daha iyi yumuşak doku ve normal doku görüntüsü verir. Hacim oluşturulması sırasında mümkün ise BT ile MRG görüntülerinin füzyonu kullanılmalıdır. Tedavi planlamasında BT'nin tercih edilmesinin nedeni, BT'nin X-ışınları ile oluşturulması, her vokselin (bilgi setinde bir hacim elemanı) bir Hounsfield sayısı ile karakterize edilmesidir. Bu azaltma ile ilgilidir ve bu değerler, TPS inhomojenite doz hesaplama algoritmalarında kullanılır.

2.5 Demet bakışı görüntü (BEV)(Beam's eye view)

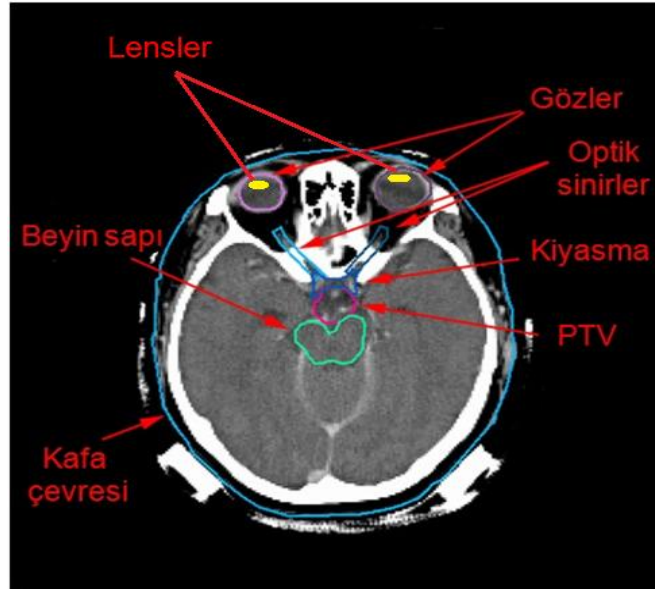
Tedavi alanlarının geliştirilmesinde kullanılır. Üç boyutlu konformal radyoterapinin en önemli parametrelerinden biridir. BEV, operatöre, bize hastanın anatomisini, radyasyon kaynağının bulunduğu noktadan bakıyormuş gibi görmesini sağlar (Purdy 2004). Demet yönlerini ve açıklıklarını seçerek hedef hacim ve kritik organların daha iyi konumlandırılmalarını sağlamaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 BEV görüntüsü

2.6 Hedef ve kritik organlar

Hedef ve kritik organ hacimlerini belirleme işlemi, tedavi planlayıcı radyasyon fizikçisi ve radyasyon onkoloğu tarafından gerçekleştirilir (Şekil 2.2). Konturlama yazılımına göre ya elle veya otomatik olarak gerçekleştirilir. Vücut konturu, akciğerler ve kemik yapılar otomatik olarak konturlanır. Otomatik konturlama yapılan yapılar, her BT kesitinde kontrol edilmeli ve gerektiğinde düzeltme yapılmalıdır.



Şekil 2.2 Hedef ve kritik organların kesit görünümü

2.7 Hacim kavramları

Radyasyon tedavisinde tümör için en uygun ışını verirken tümör hücrelerini öldürüp normal dokuları korumak önemlidir. Radyoterapide tedavi planlamasının iyi bir şekilde yapılabilmesi için çeşitli tümör hacim kavramları ifade edilmektedir (Şekil 2.3) (ICRU 50, ICRU 62).

2.7.1 Görüntülenebilir Tümör Hacmi (GTV: Gross Tumor Volume)

Fizik muayene ya da görüntüleme yöntemiyle saptanan tümör hacmidir.

2.7.2 Klinik Hedef Hacim (CTV: Clinical Target Volume)

Görüntülenebilir tümör hacmine fizik inceleme ya da görüntüleme yöntemleriyle saptanamayan olası mikroskopik tümör yayılımının eklenmesi ile belirlenir.

2.7.3 Planlanan Hedef Hacim (PTV: Planning Target Volume)

Klinik hedef hacme organ, hasta hareketleri ve hasta setup'i sırasındaki olası hata boyutlarının eklenmesi ile belirlenir.

2.7.4 Tedavi Edilen Hacim (TV: Treated Volume)

Radyasyon Onkoloğu tarafından tedavinin amacını sağlayacak gerçek tedavi Őartlarında en iyi olasılıkla izodoz dağılımı içindeki hacimdir. BaŐka bir deyiŐle, bir izodoz yzeyi tarafından tamamen sarılmıŐ hacimdir.

2.7.5 IŞınlanan Hacim (IV: Irradiated Volume)

Normal doku toleransı göz önüne alınarak iŐınlanan hacimdir ki tedavi hacminden daha bzyktür. IŐının direkt ve saçılarak geçtiği alandır.

2.7.6 İ Pay (IM: Internal Margin)

Beklenen fizyolojik hareketleri kapsamak ve CTV'nin bzyklük, Şekil ve pozisyon farklılıklarını kapsayabilmek için geliştirilmiş bir tanımlamadır. Sıklıkla CTV'nin çevresinde asimetrik bir alandır ve CTV'ye komŐu olan doku ve organların bzyklük ve Şeklini değerlendirerek belirtir (Örnek: Solunum, mesane ve rektumun farklı dolulukları, yutkunma, kalp hızı, bağırsak hareketleri).

2.7.7 İ Hedef Hacim (ITV: Internal Target Volume)

Klinik hedef hacim ve i payı içeren hacimdir.

2.7.8 Setup Payı (SM: Set-up Margin)

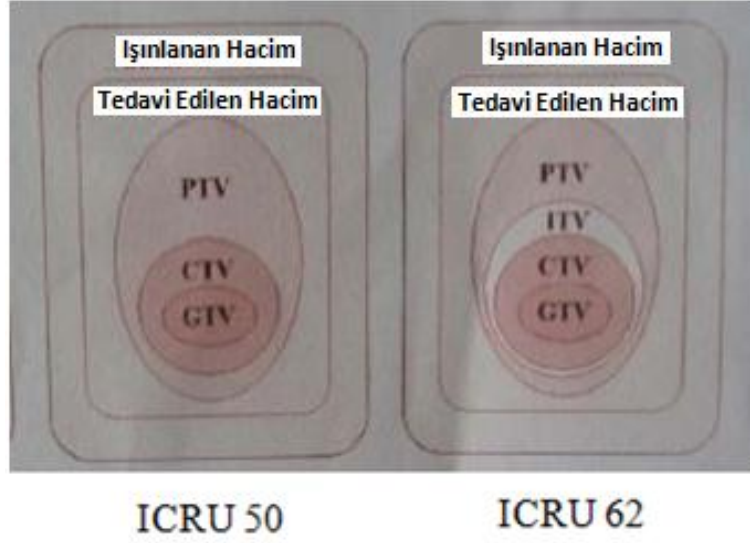
Hasta konumundaki belirsizlikleri değerlendirmek, ışın şeklini tedavi planlamasında ve tedavi sırasında düzenlemek için bu kavram geliştirilmiştir. Hasta konumundaki değişiklikler, tedavi cihazının mekanik belirsizlikleri, dozimetrik belirsizlikler, BT simülatörden tedavi cihazına aktarırken oluşabilen transfer hataları ve insana bağlı faktörler gözönüne alınarak, setup payı tedavi planlamasında eklenmelidir.

2.7.9 Riskli Organ (OR: Organ at Risk)

Tedavi planlamasını ve önceden belirlenen dozu etkileyen normal dokulardır (göz, omurilik vs).

2.7.10 Konformite İndeks (CI: Conformity Index)

Işınlanan hacmin, planlanan hedef hacme oranıdır (IV/PTV). Planlanan hedef hacim, tamamen ışınlanan hacim ile kapsanırsa, bu tanım geliştirilebilir.



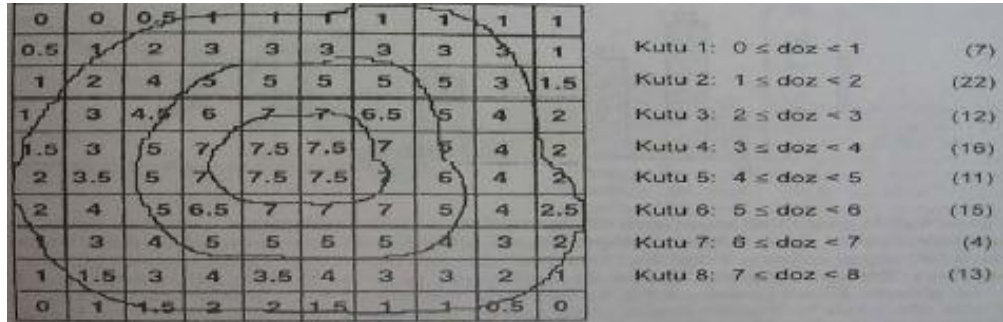
Şekil 2.3 ICRU 50, ICRU 62 raporları şematik görünümü

2.8 İzodoz eğrileri

Merkezi eksendeki derin doz yüzdeleri, eksen boyunca bir derinlikteki dozu tayin etmeye yarar. Bu eksen, hedef hacmin merkezi eksenini boyunca geçerse, tümör boyunca doz değişimi çıkarılabilmektedir. İzodoz eğrilerinde doz, merkezi eksenenden uzaklaştıkça azalmaktadır. İzodoz eğrisinin derinliği ise enerji ile artmaktadır (Dirican 2011).

2.9 Doz Hacim Histogramı (DVH)

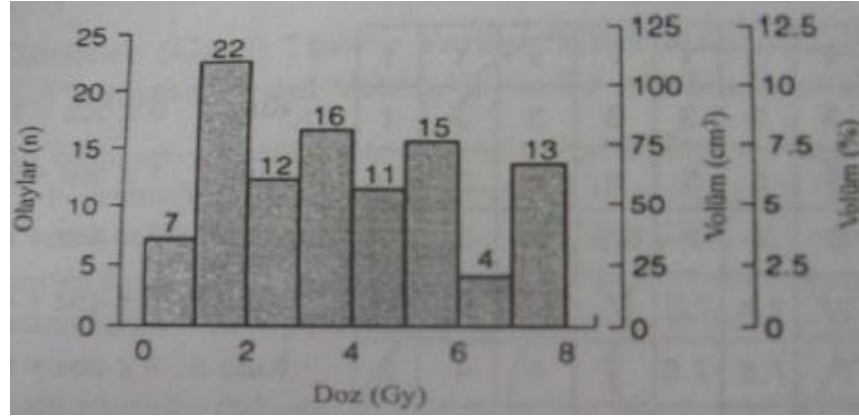
Doz hacim histogramı hedef, kritik organlar ve diğer hacimler için ne kadar hacimde ne kadar doz soğurulduğunu gösterir. Tedavi planlama sistemlerinde yapılan planların diferansiyel ve kümülatif doz hacim histogramları elde edilir. Bu histogramlarda; bir plan için GTV, PTV, risk altındaki organların aldıkları doz bir ekranda değerlendirilebildiği gibi, farklı planlar için de GTV, PTV, risk altındaki organların aldığı doz bir ekranda değerlendirilebilir. Planlayıcı, farklı planlar için DVH'ları üst üste koyup, her bir organ için karşılaştırma yapabilir. Bu histogramlardan doz hacim istatistiklerinin değerleri alınabilir ve buna göre en uygun plan seçilir. Histogramı hesaplamak için her hacim eşit oranlara bölünür, bunlara "voksel" denir. Dozun her vokselde homojen geçebilmesi için, vokseller oldukça küçük aralıklara bölünür (Şekil 2.4). Tümör ve normal doku hacmi içinde oransal doz dağılımını gösterir (Perez 2004).



Şekil 2.4 Örnek doz hacim histogramı hesaplaması. Işınlanan bir organ 100 adet 5 cm^3 'lük voksellere bölünmüştür. Her biri 0'dan 7,5 Gy e doz alırlar. Örneğin 22 Voksel 1 Gy'den büyük, 2 Gy den küçük ışın almıştır.

2.9.1 Diferansiyel doz hacim histogramı

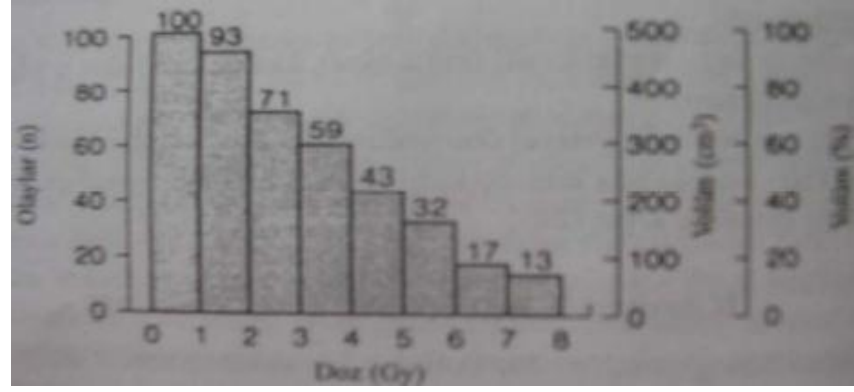
Her doz aralığı için, voksellerin sayısı çizelge haline getirilmiştir (Şekil 2.5) (Perez 2004).



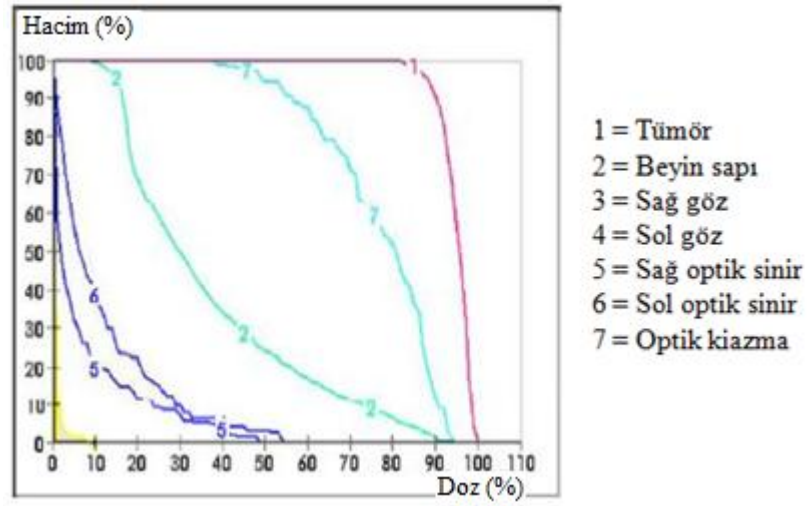
Şekil 2.5 Diferansiyel doz hacim histogramı

2.9.2 Kümülatif doz hacim histogramı

Grafik “0” noktasındayken, %100 hacim noktasından başlar. İlk doz aralığında, örneğin 0-1 doz alan hacim, toplam hacimden çıkarılarak, bu hacim toplam hacim yüzdesi olarak ifade edilir (Şekil 2.6 ve Şekil 2.7) (Perez 2004).



Şekil 2.6 Kümülatif doz hacim histogramı



Şekil 2.7 Beyin tümörü tedavi planlaması kümülatif doz hacim histogramı

2.10 Radyoterapinin yan etkileri

Tedavi sırasında veya bitiminden sonra ortaya çıkabilecek geçici veya kalıcı etkilerdir (Dirican 2011).

2.10.1 Akut radyasyon etkileri

Tedavinin başlamasından sonraki ilk günlerde baş ağrısı, kusma, halsizlik, saç dökülmesi gibi etkiler ortaya çıkabilir. Geçici hasarlardır.

2.10.2 Subakut radyasyon etkileri

Tedavinin tamamlanmasından sonraki 4-12 hafta içerisinde uyuklama, KİBAS artışı, boyun öne eğildiğinde sırt ve belde hissedilen elektriksel deşarj (Lhermitte belirtisi) gibi etkiler ortaya çıkabilir. Geçici hasarlardır.

2.10.3 Geç radyasyon etkileri

Tedavinin tamamlanmasından sonraki 3 ay ile 5 yıl içerisinde işitme kaybı, IQ azalması, motor fonksiyon ve davranışlarda yavaşlama, retinopati, katarakt, görme keskinliğinde azalma, körlük gibi etkiler ortaya çıkabilir. Kalıcı hasarlardır.

Günlük fraksiyon dozunun 2 Gy in üzerinde olması, toplam tümör dozunun 60-70 Gy in üzerinde olması, tümör hacminin çok büyük olması veya kemoterapi kullanılması halinde hastalarda oluşacak geç radyasyon etkilerinin riski artmaktadır (RTOG 0825).

2.11 Homojenite İndeks (HI)

Hedef hacmin her kesitindeki doz dağılımının ne kadar homojen olduğunu ifade etmektedir. Maksimum PTV dozunun ngrlen PTV dozuna oranıdır (ICRU 62).

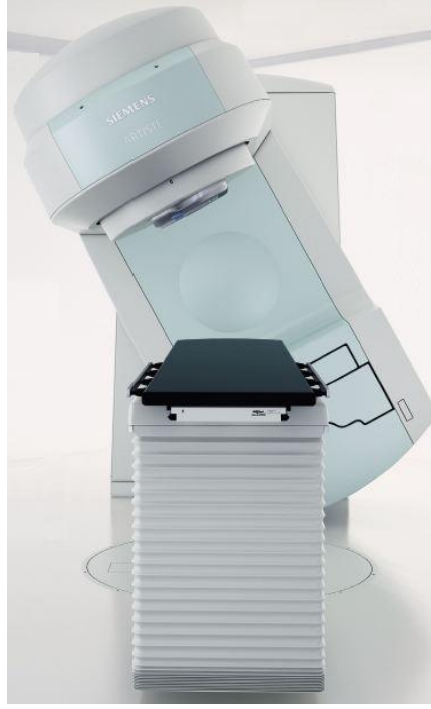
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyaller

Bu çalışmada “Siemens ARTISTE” lineer hızlandırıcı, “Siemens SOMATOM Emotion Duo” bilgisayarlı tomografi, “Prowess Panther 5.01 VPS (Virtual Planning Simülatör)” tedavi planlama sistemi kullanılmıştır.

3.1.1 Lineer Hızlandırıcı

“Siemens ARTISTE” model olan bu cihaz 6-15 MV’luk foton (X-ışını) ve 6-8-10-12-15-18 MeV’luk elektron enerjilerine, 80 çift çok yapraklı kolimatör (MLC) sistemine sahiptir (Şekil 3.1). MLC sistemi sayesinde özellikle koruma bloklarına ihtiyaç duyulmadan tümörün şekline uygun geometrik alanlar oluşturulabilmektedir (Şekil 3.2). Elektronik portal görüntüleme cihazı (EPID) ile hastaların tedavi öncesi port görüntüleri alınarak digital olarak yeniden oluşturulan radyografik (DRR) görüntüleri ile karşılaştırılmaktadır.



Şekil 3.1 Siemens ARTISTE lineer hızlandırıcı cihazı



Şekil 3.2 Siemens ARTISTE lineer hızlandırıcı cihazının çok yapraklı kolimatör sistemi

3.1.2 Bilgisayarlı Tomografi

“Siemens SOMATOM Emotion Duo” model olan bu cihaz ile kafa çekimleri için 130 kV enerji ve 120 mA akım değerleri kullanılmakta ve vücudun istenilen bölgesinde 1 - 10 mm kesit kalınlığı kullanılarak transvers görüntüler elde edilmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Siemens SOMATOM Emotion Duo BT cihazı

3.1.3 Tedavi planlama sistemi

Bu çalışmada hem 3BKRT hem de YART planları Prowess Panther 5.01 VPS (Virtual Planning Simülatör) yazılımı kullanılarak yapılmıştır. DICOM 3.0 formatı ile BT görüntüleri network üzerinden TPS'ye aktarılarak DRR görüntüleri oluşturabilmektedir. Yazılım, kullanıcının sisteme görüntü tarayıcılarından hasta verisini yüklemeyi, bu veriyi kullanarak tedavi planı oluşturmayı ve planın değerlendirilmesini sağlar. Prowess TPS, 3BKRT doz hesaplamalarında fotonlar ve elektronlar için "Collapse Cone Convolution Superposition (CCCS)" algoritmasını, YART doz hesaplamalarında ise "Direct Aperture Optimization (DAO)" algoritmasını kullanmaktadır. Bu sistem kuruluş aşamasında yüklenen veriler sayesinde, lineer hızlandırıcının sahip olduğu foton ve elektron enerjilerinde, tedavi planlamaları yapmaya olanak sağlar. Tedavi planlamalarının doz dağılımlarını ve doz-hacim histogramlarını hesaplar.

3.2 Yöntem

3.2.1 Hastaların genel özellikleri

Klinikte radyoterapi uygulanan 9 GBM tanılı hastanın yaş, cinsiyet, tümör yerleşim yeri ve PTV hacmine ait bilgiler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Hastaların genel özellikleri

Hastalar	Yaş	Cinsiyet	Yerleşim Yeri	PTV Hacmi (cm ³)
1	48	K	Frontal	191
2	33	K	Frontoparietal	468
3	62	E	Frontal	298
4	53	K	Frontoparietal	530
5	67	E	Temporoparietal	710
6	47	E	Serebellar	249
7	79	K	Temporal	42
8	43	E	Serebellar	318
9	59	E	Temporoparietal	296

3.2.2 Tedavi planlama sisteminde yapılan işlemler

3 mm kesit kalınlığı kullanılarak transvers görüntüler elde edilen BT görüntüleri DICOM aracılığıyla Prowess Panther 5.01 VPS tedavi planlama sistemine aktarılmıştır. BT görüntüleri üzerinde hekim tarafından GTV'e 2 cm pay verilerek CTV, CTV'e 0,5 cm pay verilerek PTV ve kritik organ hacimleri oluşturulmuştur. Planlama sırasında dikkat edilmesi gereken kritik organların tolerans dozları aşağıda verilmiştir (RTOG 0825, RTOG 0225).

Beyin sapı maksimum dozu < 60 Gy

Optik kiazma maksimum dozu < 56 Gy

Optik sinirler maksimum dozu < 55 Gy

Gözler ortalama dozu < 35 Gy

Lensler maksimum dozu < 7 Gy

9 hasta için 3BKRT ve YART teknikleri ile 6 MV'luk foton enerjisi için günlük fraksiyon dozu 2 Gy, 30 fraksiyon, toplam tümör dozu 60 Gy olacak şekilde planlamalar oluşturulmuştur. YART planlamaları "ters (inverse)" ve "statik (Step and Shoot)" tekniği ile oluşturulmuştur.

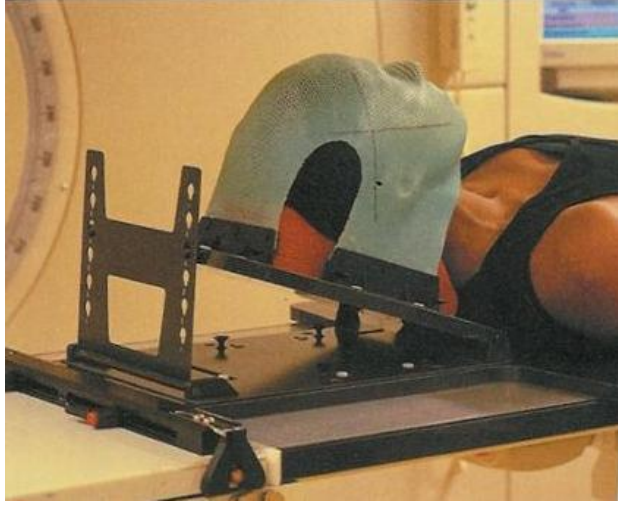
Her bir hastada 3BKRT ve YART teknikleri için kullanılan alan ve segment sayıları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 3BKRT ve YART teknikleri için kullanılan alan ve segment sayıları

Hastalar	3BKRT	YART
1	4 alanlı box	5 alan, 3 segment
2	4 alanlı box	5 alan, 3 segment
3	4 alanlı farklı gantri açıları	5 alan, 3 segment
4	4 alanlı farklı gantri açıları	5 alan, 3 segment
5	4 alanlı farklı gantri açıları	5 alan, 3 segment
6	4 alanlı box	5 alan, 3 segment
7	4 alanlı farklı gantri açıları	5 alan, 3 segment
8	4 alanlı farklı gantri açıları	5 alan, 3 segment
9	4 alanlı farklı gantri açıları	5 alan, 3 segment

3.2.3 Hasta immobilizasyonu

Hastayı sabitlemek ve her tedavide pozisyonun devamlılığını sağlamak için her hastaya özel immobilizasyon yapılmalıdır (Şekil 3.4). İlk setup sırasında EPID, Cone-Beam BT veya KV görüntüleme ile hasta pozisyon doğrulamasının yapılması önerilir (RTOG 0825).



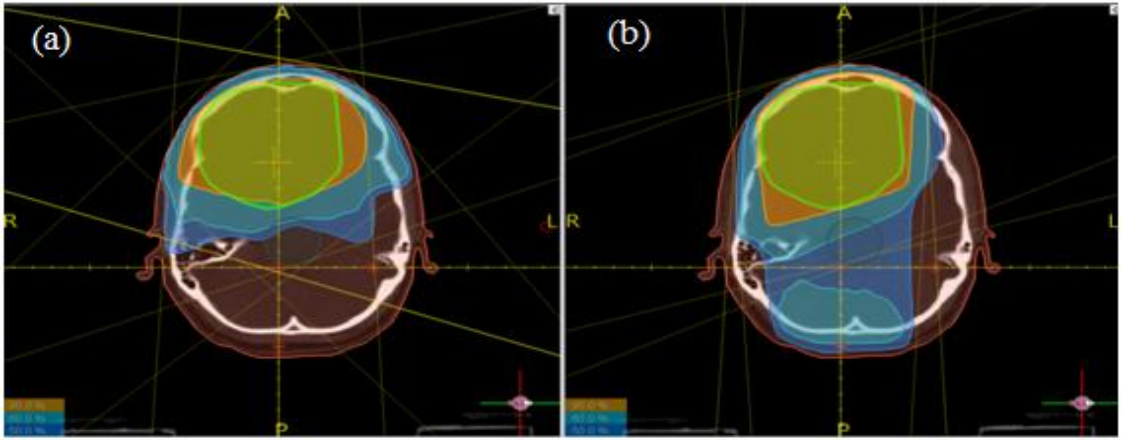
Şekil 3.4 Hasta İmmobilizasyonu

4. BULGULAR

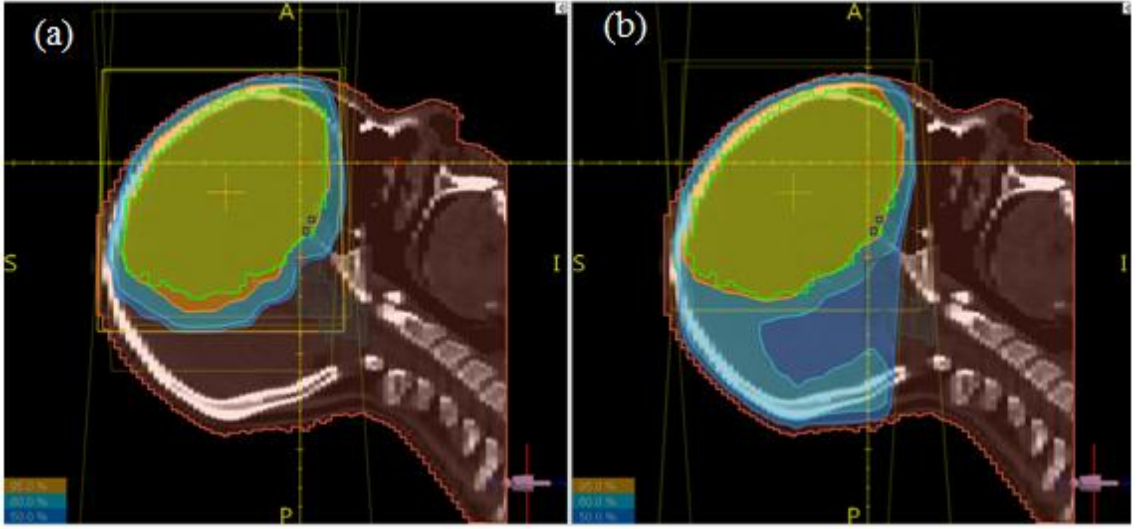
GBM tanılı 9 hastanın 3BKRT ve YART tedavi planlamalarından elde edilen doz hacim histogramlarından yararlanarak hedef hacim, beyin sapı, optik kiazma, optik sinirler, gözler ve lenslerin aldığı dozlar her iki planlama tekniği için karşılaştırılmıştır. Ayrıca hedef hacimler için homojenite indeks (HI) değerleri hesaplanarak her iki planlama tekniği için karşılaştırılmıştır.

4.1 Hedef hacimler için elde edilen veriler

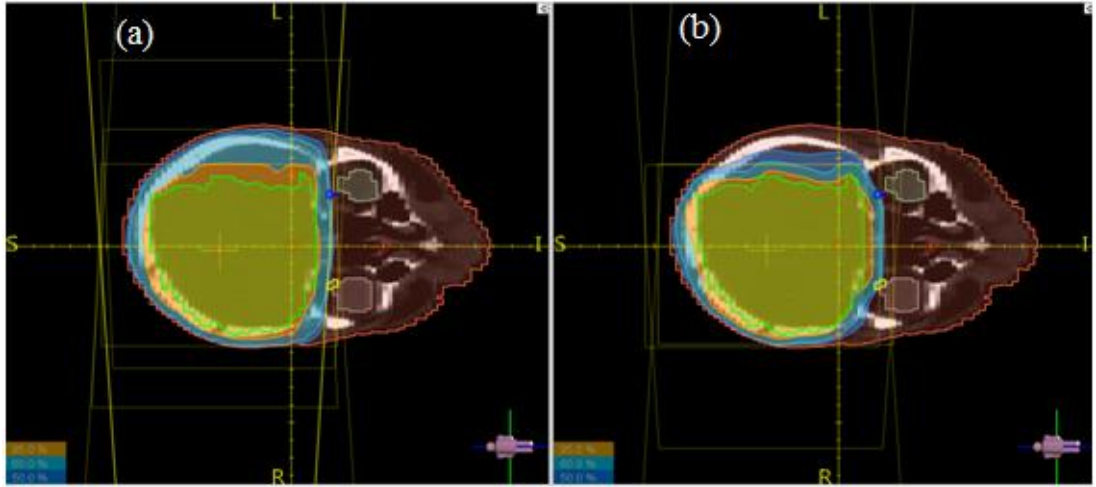
Frontoparietal loba yerleşmiş 530 cm^3 hacimli PTV için 4 alanlı farklı gantri açılarında 3BKRT ve 5 alan 3 segment YART planlaması sonucunda elde edilen transvers, sagittal ve koronal kesitteki doz dağılımları Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.1 Frontoparietal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın (a) YART planındaki (b) 3BKRT planındaki PTV'nin transvers kesitteki doz dağılımları

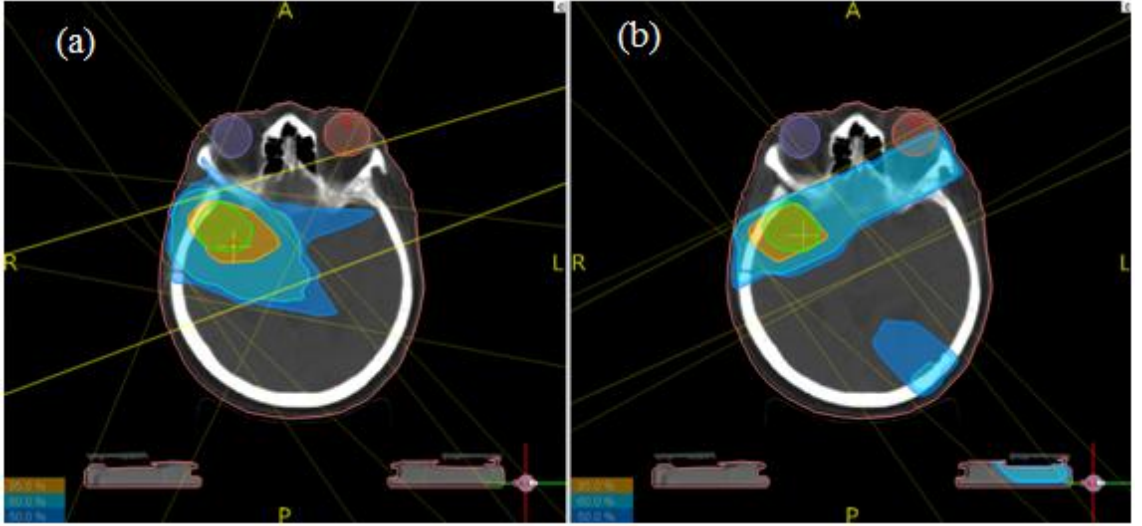


Şekil 4.2 Frontoparietal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın (a) YART planındaki (b) 3BKRT planındaki PTV'nin sagittal kesitteki doz dağılımları

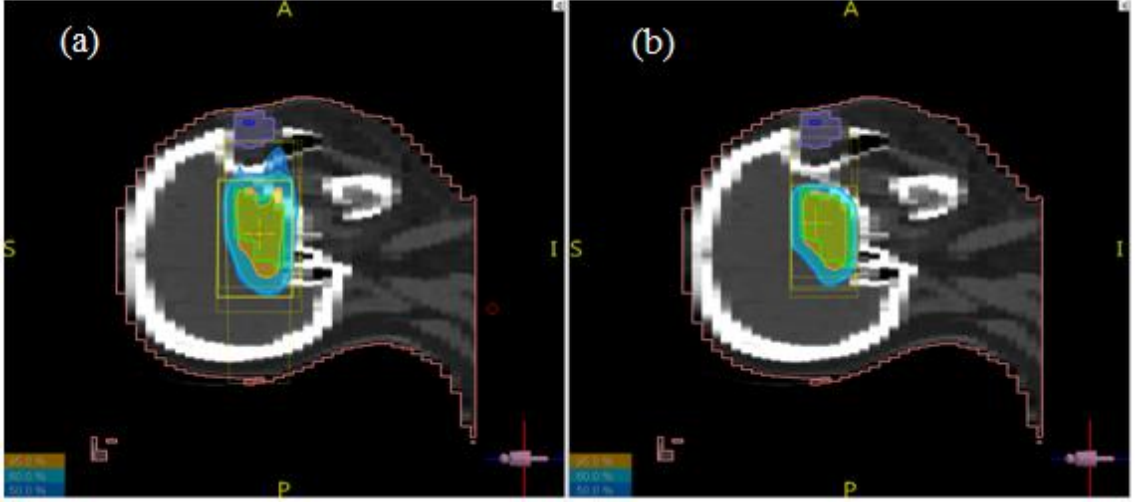


Şekil 4.3 Frontoparietal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın (a) YART planındaki (b) 3BKRT planındaki PTV'nin koronal kesitteki doz dağılımları

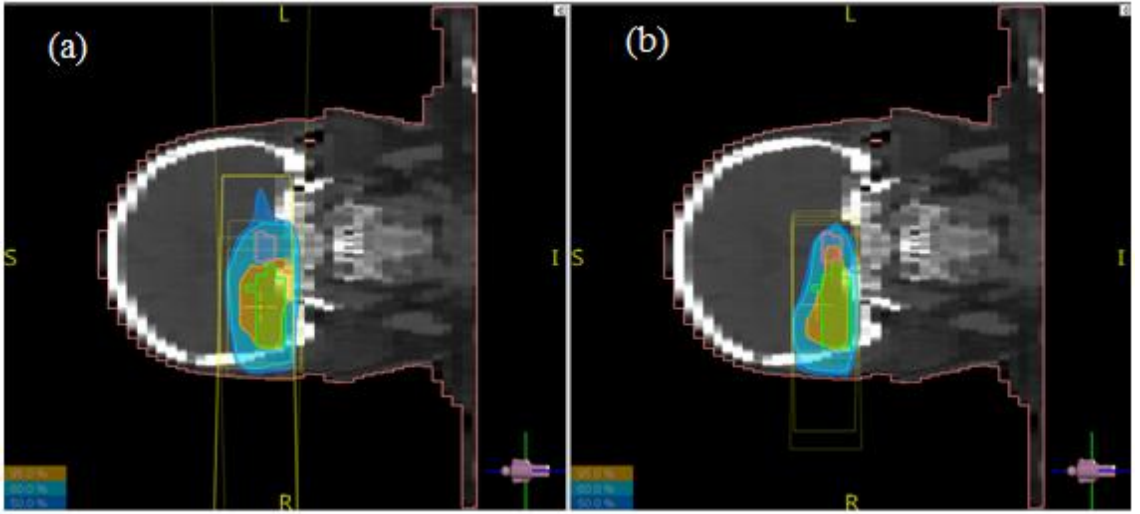
Temporal loba yerleşmiş 42 cm³ hacimli PTV için 4 alanlı farklı gantri açılarındaki 3BKRT ve 5 alan 3 segment YART planlaması sonucunda elde edilen transvers, sagittal ve koronal kesitteki doz dağılımları Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’de verilmiştir.



Şekil 4.4 Temporal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın (a) YART planındaki (b) 3BKRT planındaki PTV'nin transvers kesitteki doz dağılımları

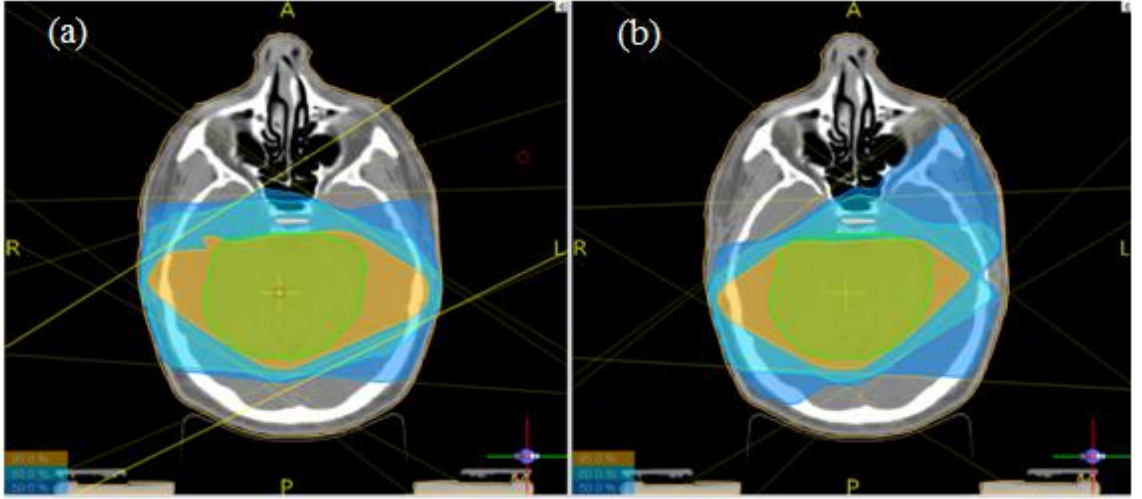


Şekil 4.5 Temporal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın (a) YART planındaki (b) 3BKRT planındaki PTV'nin sagittal kesitteki doz dağılımları

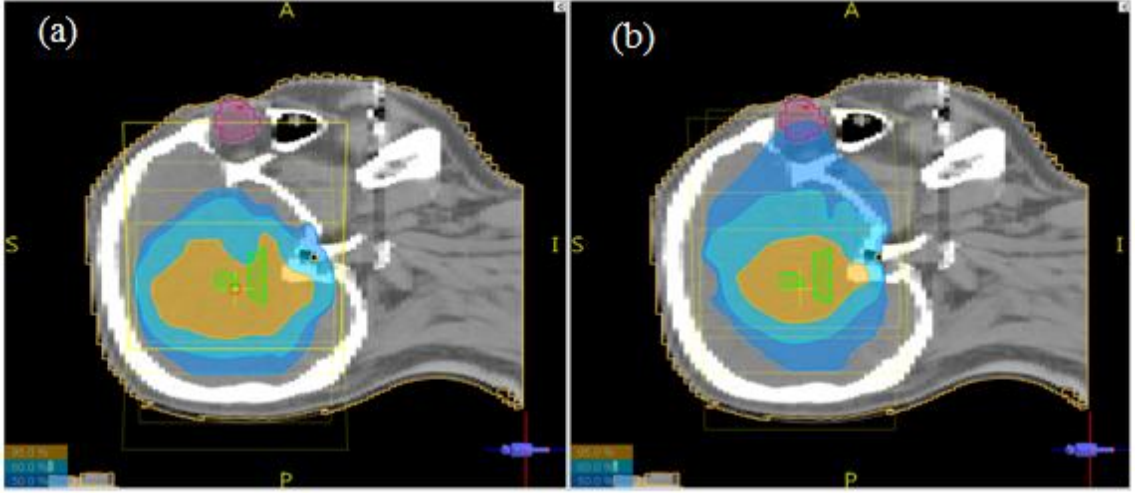


Şekil 4.6 Temporal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın (a) YART planındaki (b) 3BKRT planındaki PTV'nin koronal kesitteki doz dağılımları

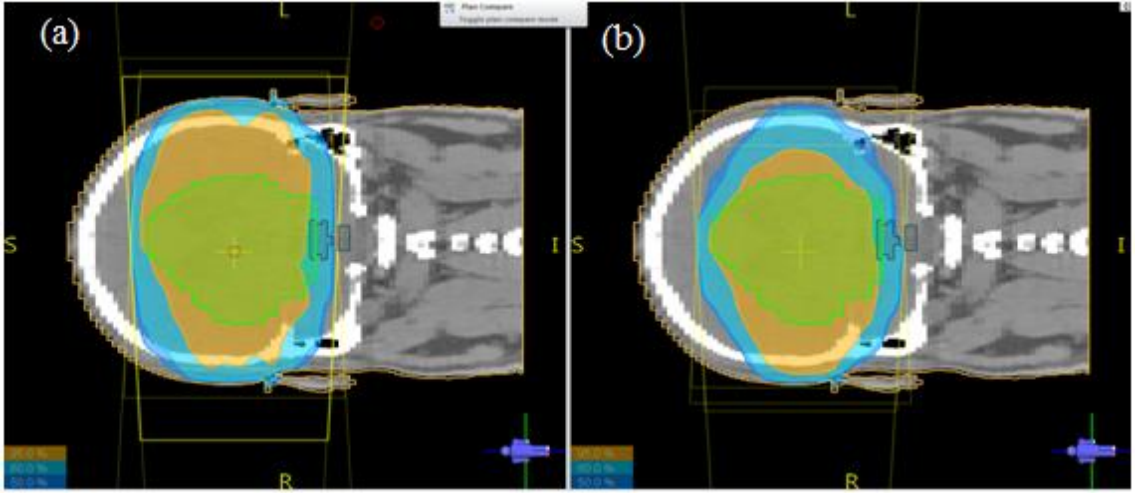
Serebellar loba yerleşmiş 318 cm³ hacimli PTV için 4 alanlı farklı gantri açılarındaki 3BKRT ve 5 alan 3 segment YART planlaması sonucunda elde edilen transvers, sagittal ve koronal kesitteki doz dağılımları Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’de verilmiştir.



Şekil 4.7 Serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın (a) YART planındaki (b) 3BKRT planındaki PTV'nin transvers kesitteki doz dağılımları

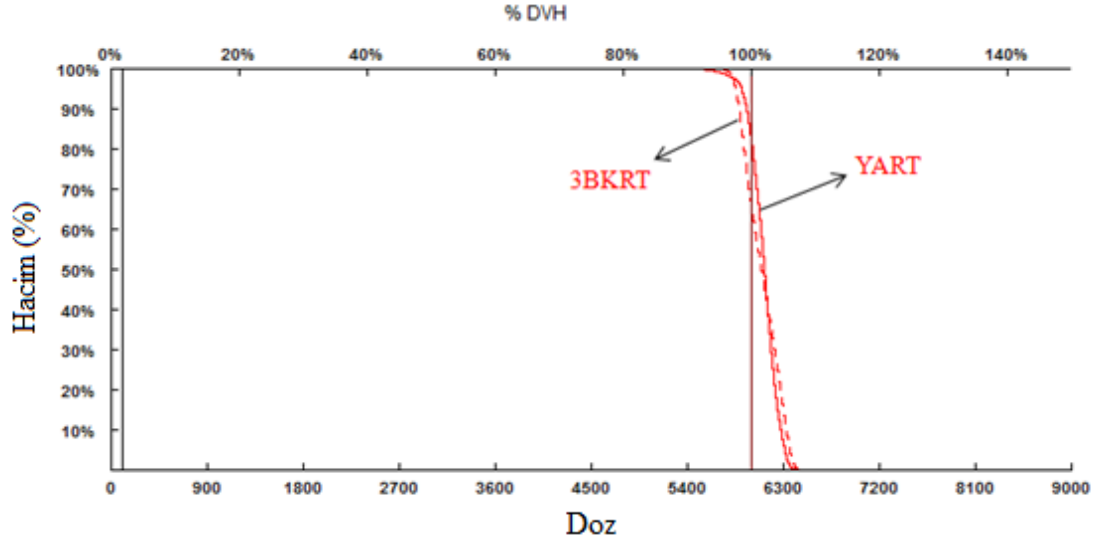


Şekil 4.8 Serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın (a) YART planındaki (b) 3BKRT planındaki PTV'nin sagittal kesitteki doz dağılımları

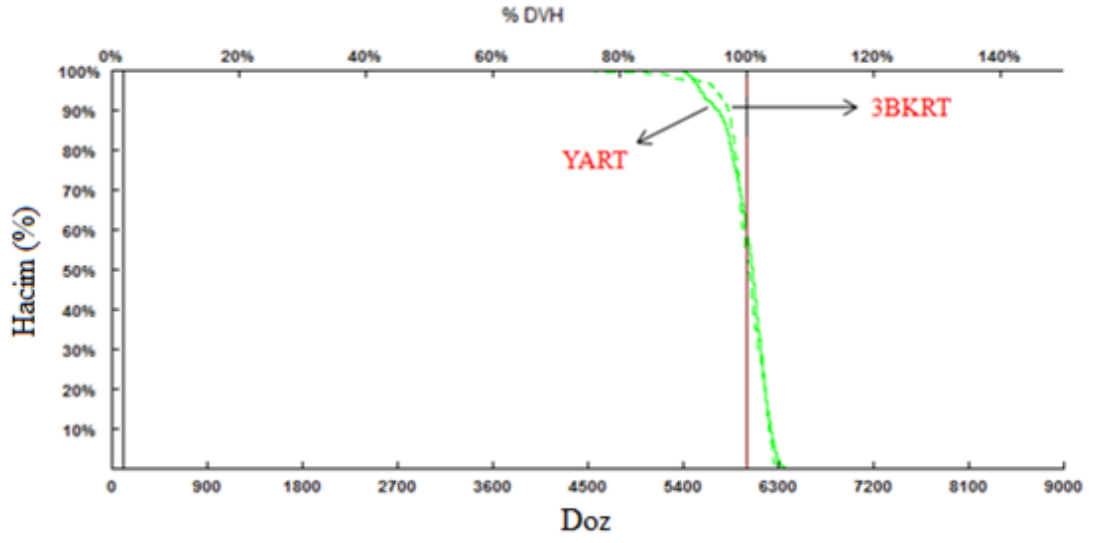


Şekil 4.9 Serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın (a) YART planındaki (b) 3BKRT planındaki PTV'nin koronal kesitteki doz dağılımları

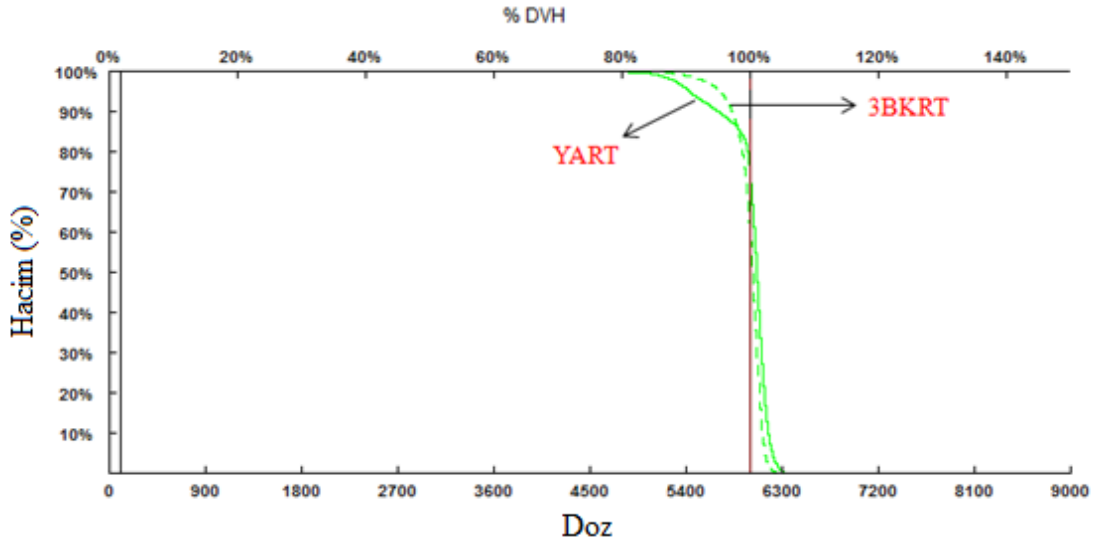
Frontoparietal, temporal ve serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın PTV için 3BKRT ve YART planlarına ait DVH eğrileri Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.10 Frontoparietal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın PTV için DVH eğrileri



Şekil 4.11 Temporal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın PTV için DVH eğrileri



Şekil 4.12 Serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın PTV için DVH eğrileri

Tüm hastaların PTV için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 PTV için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri

Hastalar	PTV					
	Maksimum Doz (Gy)		Minimum Doz (Gy)		Ortalama Doz (Gy)	
	3BKRT	YART	3BKRT	YART	3BKRT	YART
1	64,74	62,40	44,21	49,98	60,00	60,01
2	64,79	64,04	44,40	43,80	60,49	60,05
3	63,96	62,02	49,87	52,21	60,07	60,00
4	64,68	64,70	54,46	50,49	61,00	61,14
5	64,53	64,81	40,47	40,23	59,87	60,06
6	64,76	62,95	53,81	56,21	59,98	60,62
7	62,87	63,87	44,23	54,02	60,02	60,08
8	62,63	63,36	47,07	45,49	59,90	60,02
9	63,62	63,16	45,81	51,84	60,23	60,00
Ortalama	64,06	63,48	47,15	49,36	60,17	60,22

Her iki planlama tekniği sonrasında kafa içerisinde oluşan maksimum doz değerleri (ideal değer < % 107) izelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Kafa içerisinde oluşan maksimum doz değerleri

Maksimum Doz Değer (%)			
Hastalar	3BKRT	YART	Fark (%)
1	108,3	104,0	3,9
2	107,9	106,7	1,1
3	107,1	103,4	3,4
4	107,8	107,8	0
5	107,5	108,0	0,5
6	107,9	104,9	2,8
7	104,8	106,4	2,3
8	107,9	107,6	0,3
9	106,0	105,3	0,7
Ortalama	107,2	106,0	1,1

Homojenite İndeks (HI) değerleri PTV'nin maksimum ve öngörülen doz değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

$$HI = \frac{\text{Maksimum PTV dozu}}{\text{Öngörülen PTV dozu}}$$

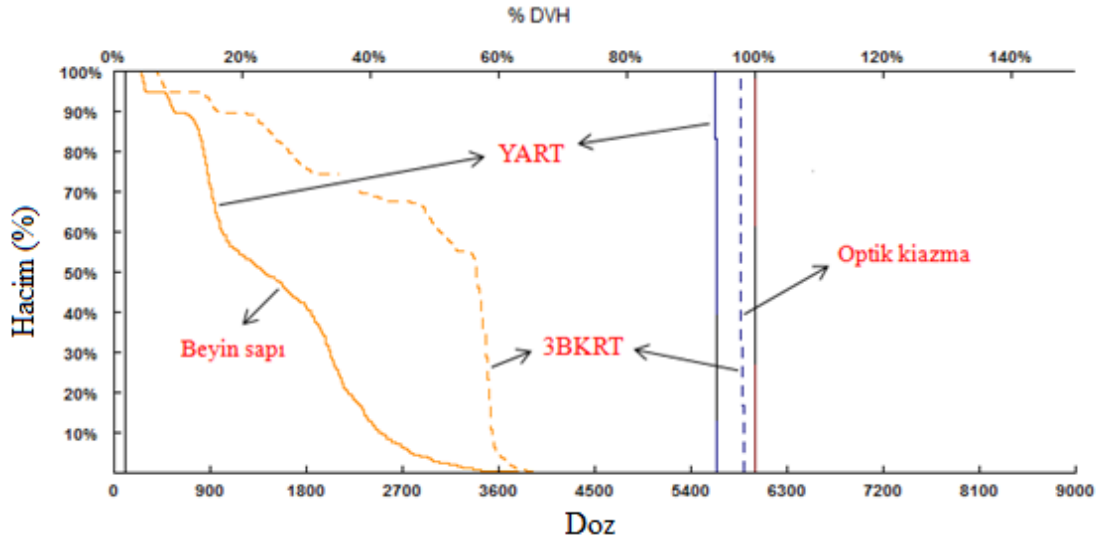
bağıntısıyla hesaplanan Homojenite İndeks değerleri Çizelge 4.3'de gösterilmiştir (en uygun HI=1).

Çizelge 4.3 PTV için Homojenite İndeks (HI) değerleri

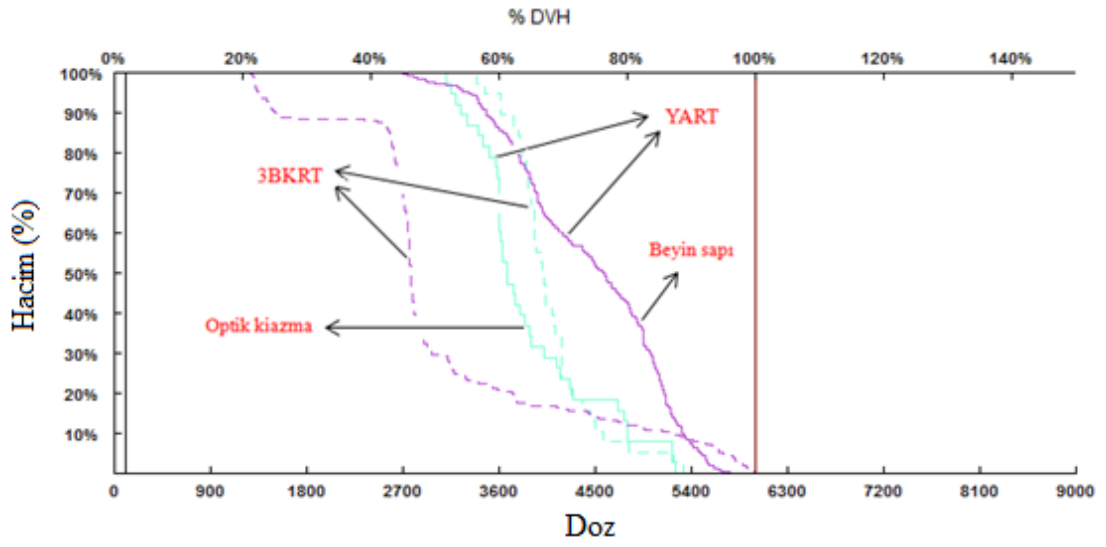
Homojenite İndeks (HI)			
Hastalar	3BKRT	YART	Fark (%)
1	1,07	1,04	2,8
2	1,07	1,06	1
3	1,06	1,03	2,8
4	1,07	1,07	0
5	1,07	1,08	0,9
6	1,07	1,04	2,8
7	1,04	1,06	1,9
8	1,04	1,05	0,9
9	1,06	1,05	1
Ortalama	1,06	1,05	1

4.2 Kritik organlar için elde edilen veriler

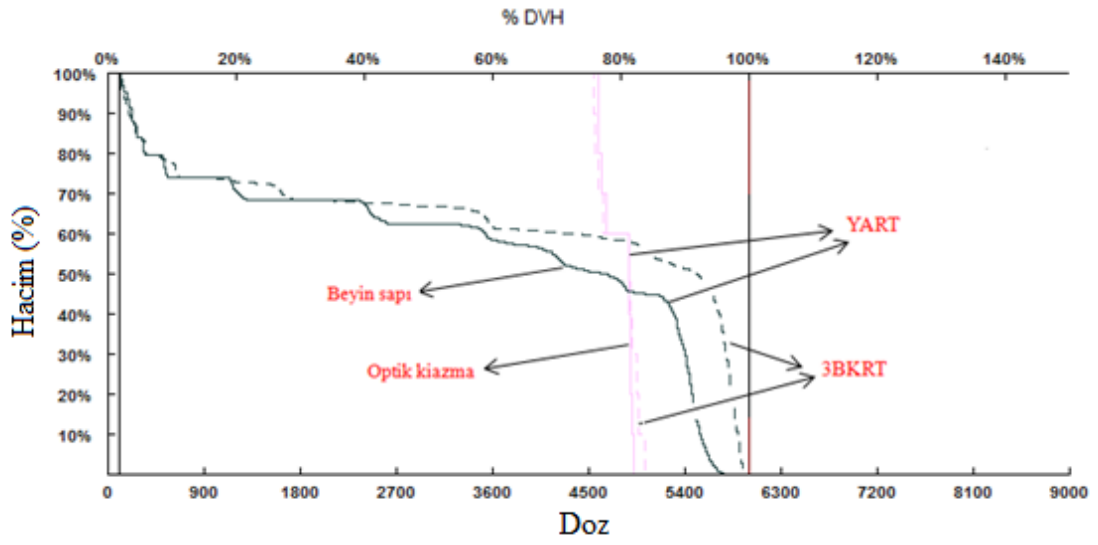
Frontoparietal, temporal ve serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın beyin sapı ve optik kiazma için 3BKRT ve YART planlarına ait DVH eğrileri Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.13 Frontoparietal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın beyin sapı ve optik kiazma için DVH eğrileri



Şekil 4.14 Temporal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın beyin sapı ve optik kiazma için DVH eğrileri



Şekil 4.15 Serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın beyin sapı ve optik kiazma için DVH eğrileri

Tüm hastaların beyin sapı ve optik kiazma için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’de verilmiştir.

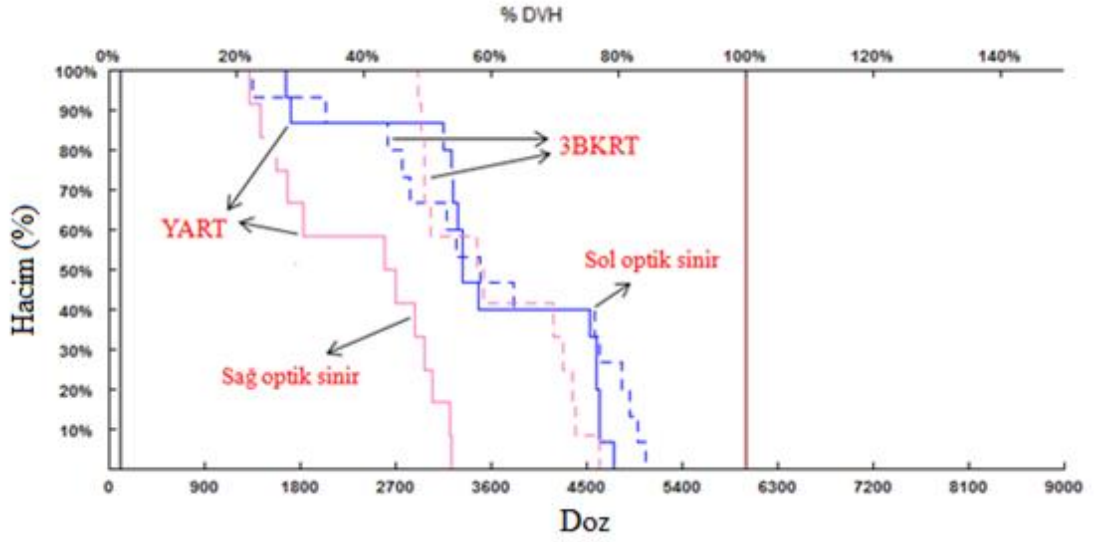
Çizelge 4.4 Beyin sapı için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri

Beyin Sapı						
Hastalar	Maksimum Doz (Gy)		Minimum Doz (Gy)		Ortalama Doz (Gy)	
	3BKRT	YART	3BKRT	YART	3BKRT	YART
1	59,88	59,79	34,10	9,74	42,55	35,34
2	4,54	4,51	0,81	0,73	1,97	2,00
3	3,08	2,52	0,41	0,43	1,35	1,19
4	40,44	39,33	4,02	2,52	27,66	15,09
5	58,02	57,60	34,93	41,03	46,43	50,37
6	8,05	6,44	0,60	0,65	2,27	2,06
7	59,86	57,59	12,81	26,94	30,90	44,60
8	59,78	58,08	1,02	1,16	38,52	34,75
9	59,61	58,89	14,29	47,41	47,06	55,57

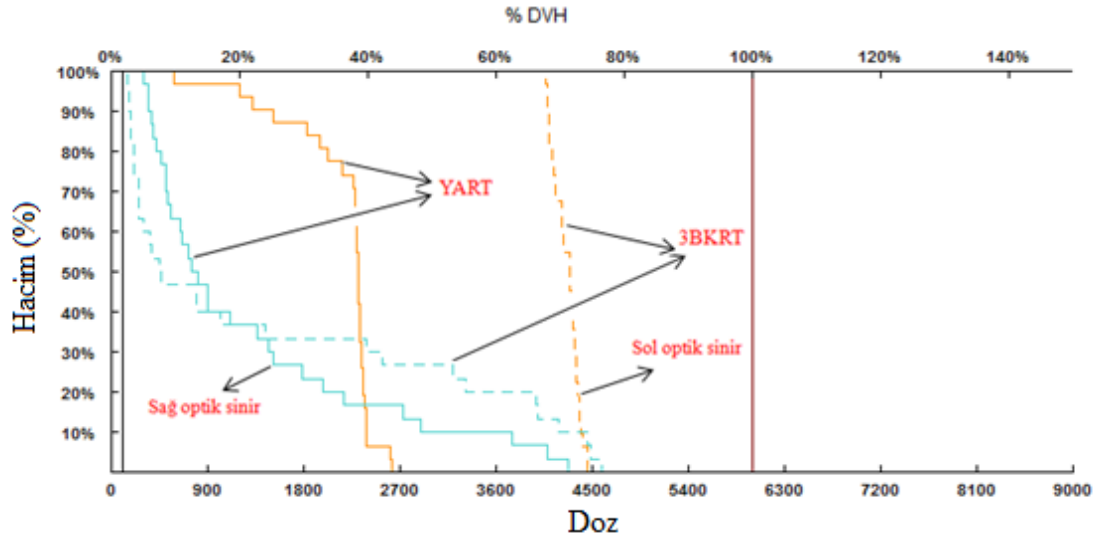
Çizelge 4.5 Optik kiazma için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri

Optik Kiazma						
Hastalar	Maksimum Doz (Gy)		Minimum Doz (Gy)		Ortalama Doz (Gy)	
	3BKRT	YART	3BKRT	YART	3BKRT	YART
1	61,09	60,95	60,38	60,39	60,66	60,66
2	23,93	17,65	22,95	14,79	23,44	16,47
3	48,79	29,44	33,59	11,71	41,24	19,82
4	58,92	56,47	58,61	56,29	58,71	56,40
5	55,92	48,32	27,79	32,03	39,30	41,20
6	28,06	25,76	15,56	6,12	20,11	13,69
7	53,26	52,49	33,85	31,05	40,86	39,03
8	50,23	49,27	45,51	45,83	47,94	47,82
9	55,32	54,78	45,35	34,54	47,36	41,48

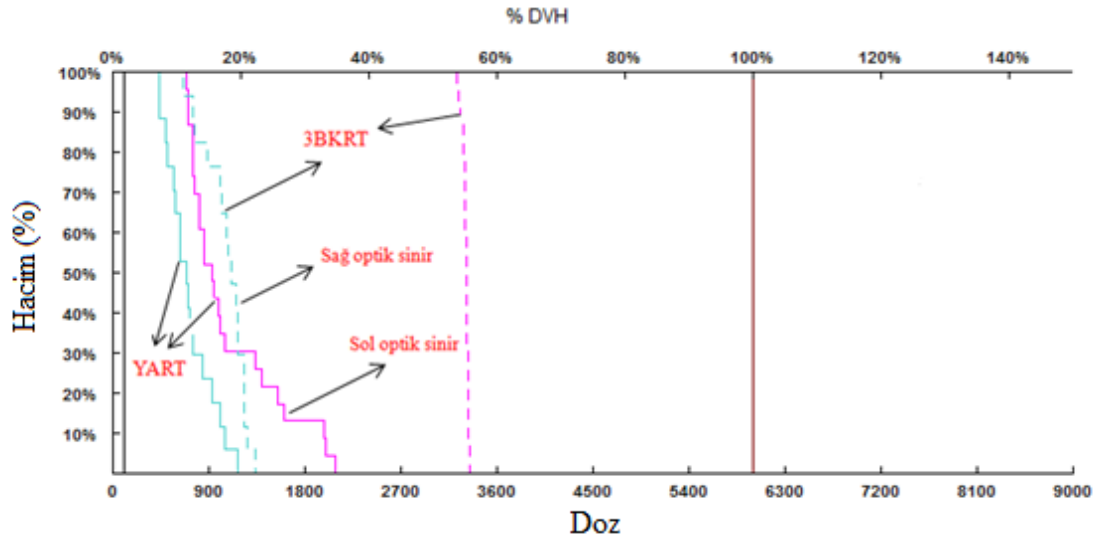
Frontoparietal, temporal ve serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ optik sinir ve sol optik sinir için 3BKRT ve YART planlarına ait DVH eğrileri Şekil 4.16, Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de verilmiştir.



Şekil 4.16 Frontoparietal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ optik sinir ve sol optik sinir için DVH eğrileri



Şekil 4.17 Temporal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ optik sinir ve sol optik sinir için DVH eğrileri



Şekil 4.18 Serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ optik sinir ve sol optik sinir için DVH eğrileri

Tüm hastaların sağ optik sinir ve sol optik sinir için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de verilmiştir.

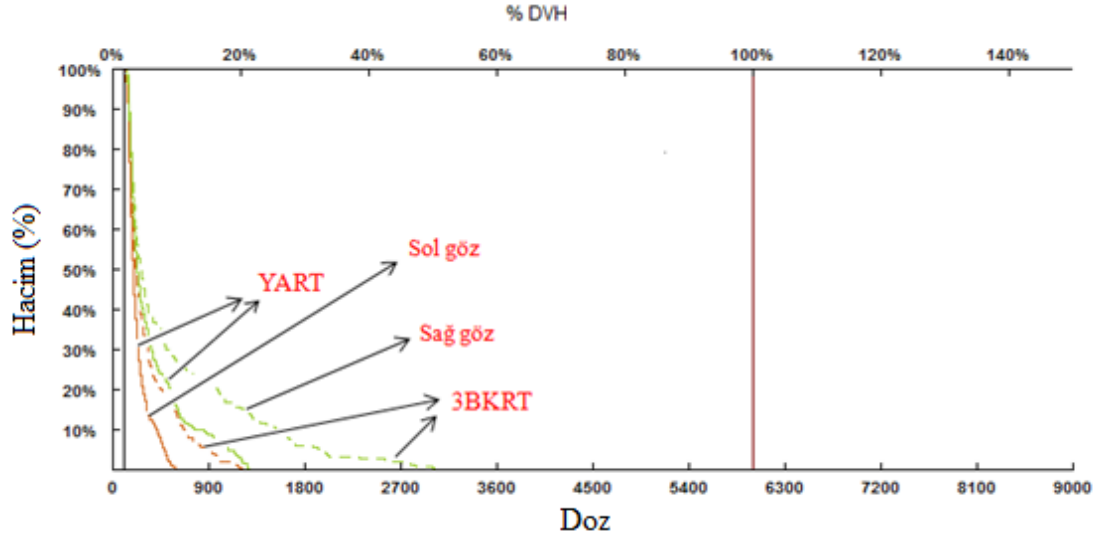
Çizelge 4.6 Sağ optik sinir için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri

Sağ Optik Sinir						
Hastalar	Maksimum Doz (Gy)		Minimum Doz (Gy)		Ortalama Doz (Gy)	
	3BKRT	YART	3BKRT	YART	3BKRT	YART
1	12,21	4,83	3,87	2,42	6,91	3,46
2	14,87	10,29	6,01	3,76	10,31	6,50
3	16,68	5,03	1,97	1,62	8,51	3,02
4	46,26	32,30	29,12	13,13	36,38	23,72
5	45,85	35,56	9,21	8,14	31,81	20,64
6	1,35	1,56	1,18	1,22	1,26	1,38
7	45,97	42,70	1,45	3,07	15,11	13,08
8	13,42	11,77	6,66	4,28	10,67	7,16
9	13,18	9,99	10,60	4,77	11,88	6,04

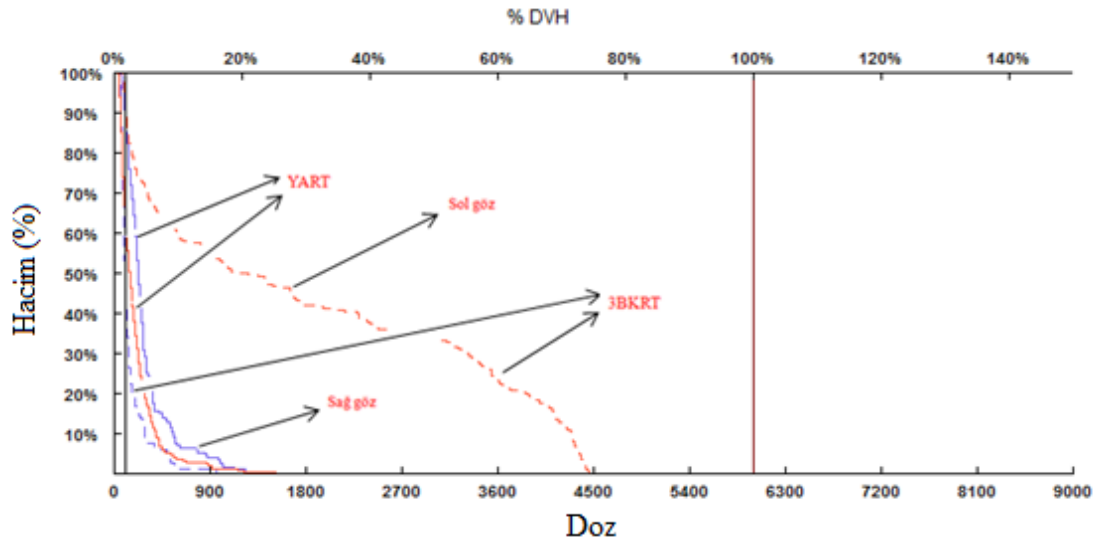
Çizelge 4.7 Sol optik sinir için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri

Sol Optik Sinir						
Hastalar	Maksimum Doz (Gy)		Minimum Doz (Gy)		Ortalama Doz (Gy)	
	3BKRT	YART	3BKRT	YART	3BKRT	YART
1	15,50	12,03	5,77	5,03	11,11	8,86
2	10,34	8,97	4,91	4,02	7,52	6,24
3	15,97	4,78	1,96	1,70	6,13	2,75
4	50,48	47,52	13,54	16,69	36,23	36,06
5	28,30	25,45	25,96	8,93	27,71	17,61
6	5,02	3,29	1,90	1,67	3,37	2,49
7	44,57	26,24	40,72	5,81	42,59	21,51
8	33,48	20,89	32,29	6,91	33,07	10,99
9	49,56	47,10	8,12	5,90	22,31	20,96

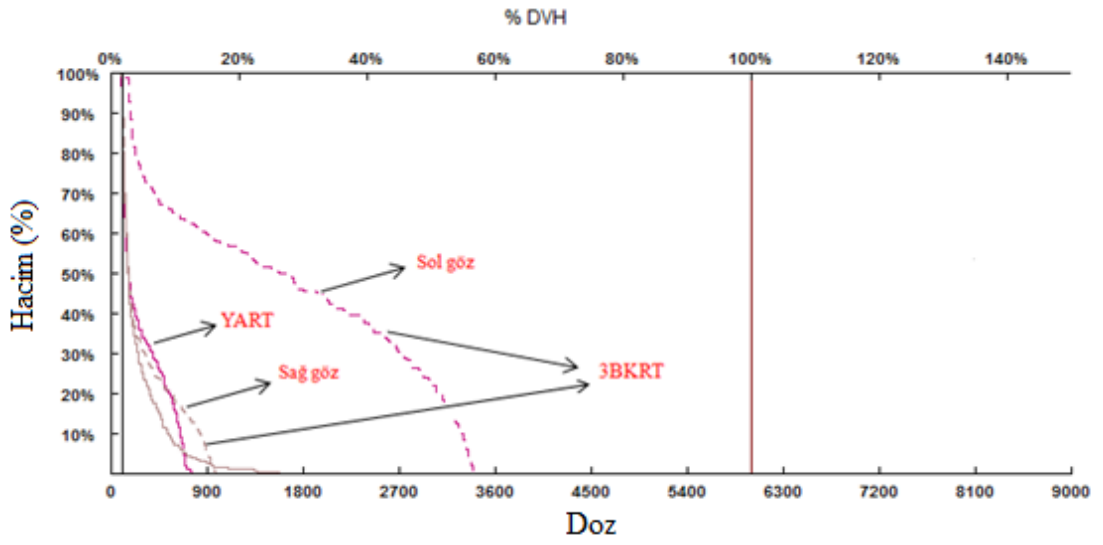
Frontoparietal, temporal ve serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ göz ve sol göz için 3BKRT ve YART planlarına ait DVH eğrileri Şekil 4.19, Şekil 4.20 ve Şekil 4.21’de verilmiştir.



Şekil 4.19 Frontoparietal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ göz ve sol göz için DVH eğrileri



Şekil 4.20 Temporal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ göz ve sol göz için DVH eğrileri



Şekil 4.21 Serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ göz ve sol göz için DVH eğrileri

Tüm hastaların sağ göz ve sol göz için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9’de verilmiştir.

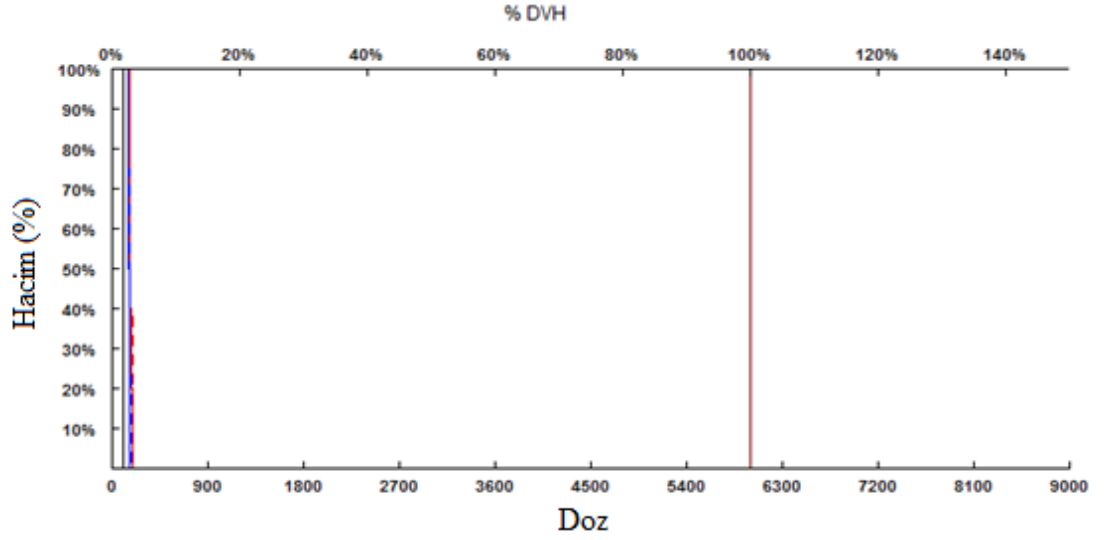
Çizelge 4.8 Sağ göz için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri

Sağ Göz						
Hastalar	Maksimum Doz (Gy)		Minimum Doz (Gy)		Ortalama Doz (Gy)	
	3BKRT	YART	3BKRT	YART	3BKRT	YART
1	33,49	15,09	1,44	1,32	6,35	3,66
2	41,68	32,09	1,25	1,32	11,99	7,91
3	49,04	35,91	1,17	1,29	9,03	6,02
4	3,23	12,70	1,25	1,36	5,68	3,62
5	28,81	15,14	2,19	3,68	9,13	6,78
6	1,88	2,84	62,3	73,7	1,22	0,97
7	9,56	13,06	0,48	0,67	2,87	1,50
8	9,73	15,68	1,04	0,97	3,08	2,55
9	10,84	5,08	1,11	1,01	4,88	3,12

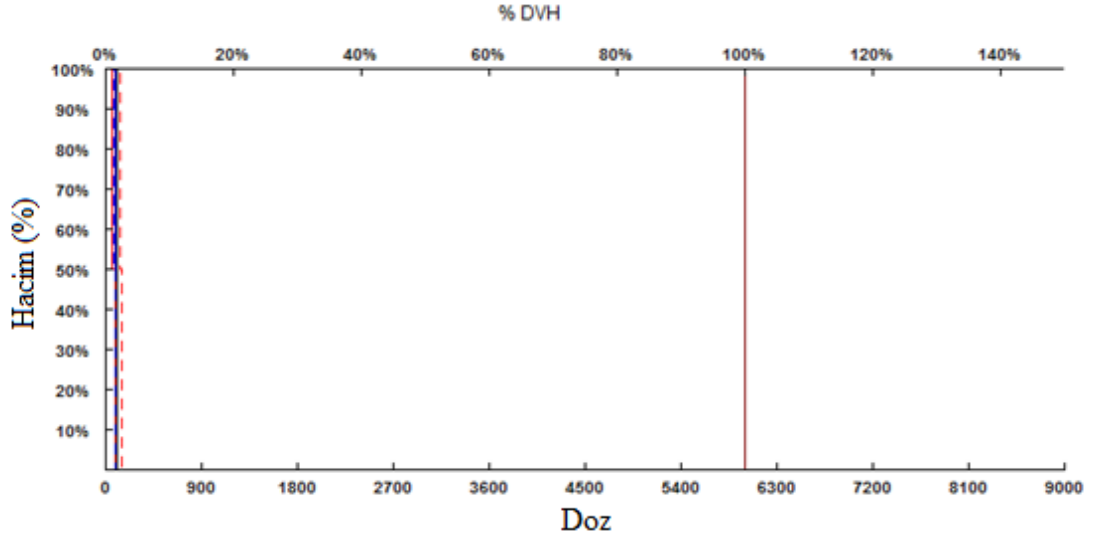
Çizelge 4.9 Sol göz için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri

Sol Göz						
Hastalar	Maksimum Doz (Gy)		Minimum Doz (Gy)		Ortalama Doz (Gy)	
	3BKRT	YART	3BKRT	YART	3BKRT	YART
1	38,04	32,42	1,91	1,73	12,41	12,02
2	57,80	46,91	1,78	1,35	15,86	11,63
3	51,99	35,92	1,13	1,37	8,91	7,36
4	12,61	5,88	1,11	1,25	3,21	2,30
5	28,51	8,45	0,60	0,06	8,94	2,21
6	12,77	6,73	0,93	0,91	2,26	2,03
7	45,15	15,17	0,74	0,36	18,25	2,02
8	34,01	7,44	1,22	0,94	16,39	2,83
9	20,69	22,69	4,67	1,45	8,56	6,36

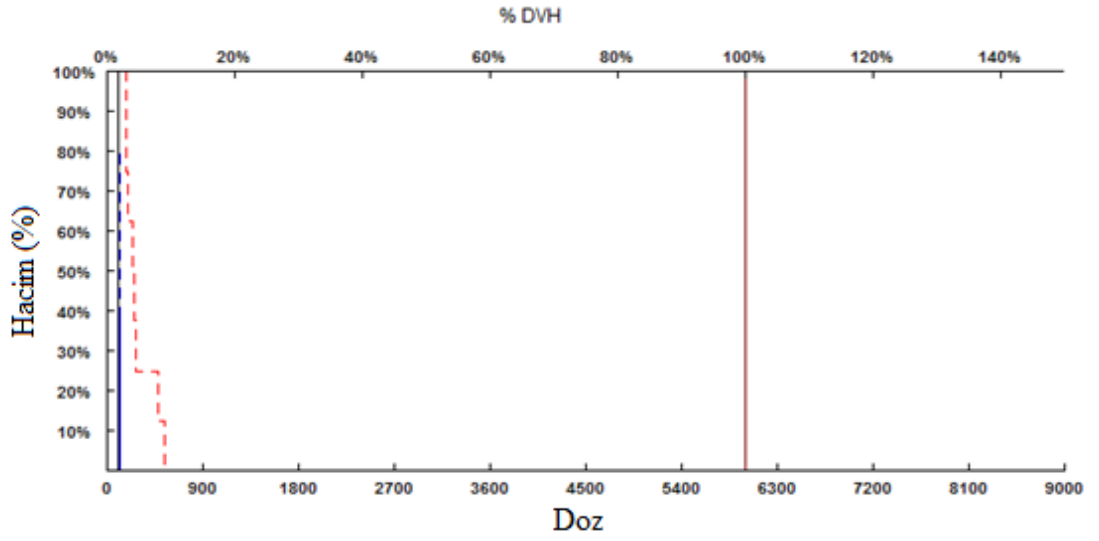
Frontoparietal, temporal ve serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ lens ve sol lens için 3BKRT ve YART planlarına ait DVH eğrileri Şekil 4.22, Şekil 4.23 ve Şekil 4.24’de verilmiştir.



Şekil 4.22 Frontoparietal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ lens ve sol lens için DVH eğrileri



Şekil 4.23 Temporal lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ lens ve sol lens için DVH eğrileri



Şekil 4.24 Serebellar lob yerleşimli tümöre sahip hastanın sağ lens ve sol lens için DVH eğrileri

Tüm hastaların sağ lens ve sol lens için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.10 Sağ lens için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri

Sağ Lens						
Hastalar	Maksimum Doz (Gy)		Minimum Doz (Gy)		Ortalama Doz (Gy)	
	3BKRT	YART	3BKRT	YART	3BKRT	YART
1	2,06	1,52	1,88	1,40	1,97	1,46
2	3,66	3,63	2,44	2,31	2,97	2,89
3	6,05	6,29	1,75	1,69	3,58	3,43
4	2,01	1,90	1,64	1,62	1,79	1,74
5	5,02	4,04	3,35	3,93	4,19	3,99
6	0,94	1,05	0,70	0,93	0,81	0,99
7	1,09	0,89	0,76	0,92	1,01	0,83
8	1,26	1,16	1,07	0,99	1,17	1,10
9	1,18	1,09	1,14	1,07	1,16	1,08

Çizelge 4.11 Sol lens için maksimum, minimum ve ortalama doz değerleri

Sol Lens						
Hastalar	Maksimum Doz (Gy)		Minimum Doz (Gy)		Ortalama Doz (Gy)	
	3BKRT	YART	3BKRT	YART	3BKRT	YART
1	5,56	2,96	4,22	2,52	5,08	2,73
2	5,12	4,48	2,43	2,08	3,50	2,85
3	6,90	6,86	1,69	1,63	4,41	3,75
4	1,74	1,65	1,55	1,46	1,64	1,55
5	3,72	1,45	1,97	1,23	2,63	1,31
6	1,47	1,38	1,17	1,08	1,29	1,22
7	1,49	0,92	1,32	0,67	1,41	0,80
8	5,44	1,09	1,85	1,02	2,92	1,05
9	6,02	2,80	4,67	1,56	5,21	1,96

Tüm hastalar için YART tekniği ile yapılan tedavi planlamasının 3BKRT tekniğine göre hedef hacim ve kritik organ dozlarının % değişimi Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13’de verilmiştir (Beyin sapı, optik kiazma, optik sinirler, lensler için maksimum doz değerleri, gözler için ortalama doz değerleri, hedef hacimler için maksimum ve ortalama doz değerleri dikkate alınmıştır).

Çizelge 4.12 YART tekniği ile yapılan tedavi planlamasının 3BKRT tekniğine göre kritik organ dozlarının % doz değişimi (Azalışlar yeşil, artışlar kırmızı renkte gösterilmiştir)

Kritik organ dozlarının değişimi (%)								
Hastalar	Beyin Sapı	Optik Kiazma	Sağ optik sinir	Sol optik sinir	Sağ Göz	Sol Göz	Sağ Lens	Sol Lens
1	0,2	0,2	60,4	22,4	42,3	3,1	26,2	46,8
2	0,7	26,2	30,8	13,2	34,1	26,7	0,8	12,5
3	18,1	39,6	69,8	70,1	33,3	17,4	3,9	0,6
4	2,7	4,1	30,2	5,9	36,2	28,3	5,5	5,2
5	0,7	13,6	22,4	10,1	25,7	75,2	19,5	61,3
6	20,1	8,2	15,5	34,5	20,5	10,2	11,7	6,1
7	3,8	1,4	7,1	41,1	47,7	88,9	18,3	38,2
8	2,8	1,9	12,3	37,6	17,2	82,7	7,9	79,9
9	1,2	0,9	24,2	4,9	36,1	25,7	7,6	53,5
Ortalama	5,6	10,7	26,8	26,6	32,6	39,8	7,8	33,8

Çizelge 4.13 YART tekniği ile yapılan tedavi planlamasının 3BKRT tekniğine göre hedef hacim dozlarının % doz değişimi (Azalımlar yeşil, artışlar kırmızı renkte gösterilmiştir)

Hedef hacim dozlarının değişimi (%)		
Hastalar	Maksimum Doz	Ortalama Doz
1	3,6	0,1
2	1,2	0,7
3	3,1	0,1
4	0,1	0,2
5	0,4	0,3
6	2,8	1,1
7	1,6	0,1
8	1,1	0,2
9	0,7	0,4
Ortalama	0,9	0,1

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Tüm hastaların hedef hacimlerine ait DVH verileri incelendiğinde YART planlamaları ile 3BKRT'e göre; hedef hacmin almış olduğu maksimum doz değeri %0,9 azalırken ortalama doz değeri %0,1 artmaktadır, %1 daha homojen bir doz dağılımı sağlanmaktadır.

Frontoparietal, temporal ve serebellar lob yerleşimli tümörler için 3BKRT planlamalarına ait izodoz dağılımı görüntüsündeki kritik organların, YART'e göre daha fazla doz aldığı görülmektedir. Ayrıca tüm hastalarda kritik organlara ait DVH verileri incelendiğinde 1 ve 4 numaralı hastalar haricindeki hastaların kritik organlarının aldığı dozlar sınırlamalar içerisinde kalmıştır (Beyin sapı, optik kiazma, optik sinirler, lensler için maksimum doz değerleri, gözler için ortalama doz değerleri, hedef hacimler için maksimum ve ortalama doz değerleri dikkate alınmıştır). YART planlamaları ile 3BKRT'e göre kritik organ dozları; beyin sapı için %5,6, optik kiazma için %10,7, sağ optik sinir için %26,8, sol optik sinir için %26,6, sağ göz için %32,6, sol göz için %39,8, sağ lens için %7,8, sol lens için %33,8 azalmaktadır.

YART planlamaları sırasında 6 numaralı hastanın sağ optik sinir ve sağ lensinin almış olduğu maksimum doz değeri 3BKRT'e göre yüksek bulunmuştur. Bu iki kritik organın aldığı maksimum doz değeri çok küçük olmakla beraber 3BKRT'e göre yüksek olmasının nedeni YART planlaması sırasında kullanılan açılardan kaynaklanmaktadır. Kullanılan açılar tümörü en iyi şekilde saracak şekilde seçilmiştir. Benzer şekilde YART planlamaları sırasında 3 numaralı hastanın sağ lensinin almış olduğu maksimum doz değeri 3BKRT'e göre yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni ise tümör frontal lobda

olduğu için hedef hacmin sağ lense yakın olduğu kısmının daha homojen doz gerekmektedir. Dolayısıyla o bölgedeki doz dağılımı 3BKRT' e göre daha yüksektir.

YART ve 3BKRT planlamaları sırasında 1 ve 4 numaralı hastaların optik kiazmalarının almış olduğu maksimum doz değerleri doz sınırlamalarının üzerinde olmuştur. Bunun nedeni optik kiazmanın hedef hacmin içerisinde olmasıdır.

YART ve 3BKRT planlamaları sırasında kafa içerisinde oluşan %107'den fazla olan sıcak noktaların tamamı tümör yatağında olduğu için kabul edilebilir olmakla beraber kafa içerisinde oluşan bu sıcak noktalar YART tekniği ile %1,1 azalmaktadır.

Hermanto ve arkadaşları tarafından 2007 yılında yapılan çalışmada intrakraniyal malign tümöre sahip 20 hastanın tedavi planları YART ve 3BKRT teknikleri ile hazırlanarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır (Hermanto 2007). 3BKRT planlarında 3-5 alan, YART planlarında 4-6 alan kullanılmıştır. YART planlarında "statik" tekniği kullanılmıştır. Her iki teknikte de fraksiyon dozu 2 Gy seçilerek manyetik rezonans görüntüleme ile elde edilen geniş PTV için 50 Gy, dar PTV için 10 Gy olmak üzere toplamda dar PTV 60 Gy olarak belirlenerek 6 MV X-ışınları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda YART planları ile beyin sapı maksimum dozu %10,7, optik kıyasma maksimum dozu %22,6, sağ optik sinir maksimum dozu %28,5, sol optik sinir maksimum dozu %36,7 oranında azalmıştır. Ayrıca 20 hastada hedef sarması incelediğinde geniş PTV için YART planlarında %9,7'lik bir azalma gözlenirken dar PTV için %10,9'luk bir artış gözlenmiştir.

Bu tez çalışmasında ise, 3BKRT planlarında 4 alanlı box tekniği (0°, 90°, 180°, 270°) veya 4 alanlı farklı gantri açıları, YART planlarında ise 5 alan, 3 segment kullanılmıştır. YART planlarında “statik” tekniği kullanılmıştır. Her iki teknikte de fraksiyon dozu 2 Gy seçilerek BT görüntüleme ile elde edilen PTV için 60 Gy olarak belirlenerek 6 MV X-ışınları kullanılmıştır. YART planları ile beyin sapı maksimum dozu %5,6, optik kiyasma maksimum dozu %10,7, sağ optik sinir maksimum dozu %26,8, sol optik sinir maksimum dozu %26,6 oranında azalmıştır. Ayrıca 9 hastada hedef sarması incelendiğinde PTV için YART planlarında %1’lik bir artış gözlenmiştir.

Chan ve arkadaşları tarafından 2003 yılında yapılan çalışmada GBM tanılı 5 hastanın tedavi planları YART ve 3BKRT teknikleri ile hazırlanarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır (Chan 2003). 3BKRT planlarında eşdüzlemsel olmayan kama filtreli 3 alan, YART planlarında “dinamik” tekniği kullanılmıştır. Her iki teknikte de BT görüntülerinden elde edilen PTV için fraksiyon dozu 1,8 Gy, toplam doz 59,4 Gy olarak belirlenerek 6 MV X-ışınları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda ortalama PTV dozları; YART için 64 Gy, 3BKRT için 62 Gy’dir. YART ile maksimum dozlar, beyin sapı için 59 Gy’den 58 Gy’e, optik kiyasma için 49 Gy’den 43 Gy’e, lensler için 3,1 Gy’den 2,9 Gy’e azalmıştır.

Bu tez çalışmasında ise, 3BKRT planlarında 4 alanlı box tekniği(0°, 90°, 180°, 270°) veya 4 alanlı farklı gantri açıları, YART planlarında “statik” tekniği kullanılmıştır. Her iki teknikte de BT görüntülerinden elde edilen PTV için fraksiyon dozu 2 Gy, toplam doz 60 Gy olarak belirlenerek 6 MV X-ışınları kullanılmıştır. Ortalama PTV dozları; YART için 60,22 Gy, 3BKRT için 60,17 Gy’dir. YART ile maksimum dozlar, beyin sapı için 39,2 Gy’den 38,3 Gy’e, optik kiyasma için 48,4 Gy’den 43,9 Gy’e, lensler için

3,4 Gy'den 2,5 Gy'e azalmıştır.

Narayana ve arkadaşları tarafından 2006 yılında yapılan çalışmada yüksek Grad'lı gliom tanılı 58 hasta eşdüzensel olmayan 3-5 alanlı "dinamik" YART tekniği ile tedavi edilmiştir. Daha sonra 3BKRT planlarıyla YART planları karşılaştırılmıştır (Narayana 2006). Her iki teknikte de PTV için fraksiyon dozu 1,8-2 Gy, toplam doz 59,4-60 Gy olarak belirlenerek 6 MV X-ışınları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda hedef sarması, maksimum ve ortalama PTV dozlarında büyük bir farklılık gözlenmemiştir. YART planlarında maksimum dozlar; beyin sapı için %7, optik sinirler için %7 azalmıştır.

Bu tez çalışmasında ise, her iki teknikte de PTV için fraksiyon dozu 2 Gy, toplam doz 60 Gy olarak belirlenerek 6 MV X-ışınları kullanılmıştır. YART ile hedef sarması %1 artmıştır, PTV maksimum doz değeri %0,9 azalırken ortalama doz değeri %0,1 artmıştır. Maksimum dozlar; beyin sapı için %5,6, optik sinirler için %26,7 azalmıştır.

New York Üniversitesinde 2007 yılında yapılan çalışmada yüksek Grad'lı gliom tanılı 20 hastanın tedavi planları YART ve 3BKRT teknikleri ile hazırlanarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır (MacDonald 2007). 3BKRT planları için ön-arka alan veya yanlardan kama filtreli 2-3 alan kullanılmıştır. YART planları için 4-5 oblik alan kullanılmıştır. Her iki teknikte de fraksiyon dozu 1,8 Gy, geniş PTV için 45 Gy, dar PTV için 14,4 Gy olmak üzere toplamda dar PTV 59,4 Gy olarak belirlenerek 4 MV veya 10 MV X-ışınları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda 3BKRT ile karşılaştırıldığında YART'nin daha üstün hedef sarması sağladığı belirlenmiştir. YART planları için elde edilen minimum, maksimum ve ortalama PTV dozları 54,52 Gy, 63,44 Gy ve 61,74 Gy dir. 3BKRT planları için elde edilen minimum, maksimum ve ortalama

PTV dozları 50,56 Gy, 62,58 Gy ve 60,06 Gy dir. YART planlarında 45 Gy'den yüksek doz alan beyin sapı hacmi %31, 54 Gy'den yüksek doz alan beyin sapı hacmi %30, 18 Gy'den yüksek alan beyin hacmi %10, 24 Gy'den yüksek doz alan beyin hacmi %14, ve 45 Gy'den yüksek doz alan beyin hacmi % 40 daha az bulunmuştur. YART planları için tümör kontrol olasılığı önemli derecede artmıştır, beyin ve beyin sapı için normal doku komplikasyon olasılığı azalmıştır.

YART tekniği genellikle tümörün kritik ve normal dokuların sınırında veya yakınında bulunduğu beyin, prostat, baş-boyun gibi bölgelerdeki tedavilerde kullanılmaktadır. Glioblastoma Multiforme tedavisinde kullanılan YART ve 3BKRT teknikleri karşılaştırıldığında YART tekniği ile her demetin yoğunluğu ayarlanarak tümör çevresinde bulunan kritik dokuların minimum, tümörün ise maksimum ve daha homojen doz alması sağlanabilmektedir. Elde edilen sonuçlar literatürdeki benzer çalışmaların sonuçlarıyla uyumludur. Bu nedenle GBM tedavisinde YART tekniğinin kullanılması daha uygun olmaktadır.

KAYNAKLAR

- ACS, (American Cancer Society), Cancer Facts and figures. 2002. Surveillance Research, Atlanta.
- Cameron, RB. 1994. Practical Oncology Appleton & Lange, Connecticut; pp: 435-444.
- MacDonald, S.M., Ahmad S., Kachris S., Vodgs B.J., DeRouen M., Gittleman A.E., DeWyngaert K., Vlachaki M.T. (2007). Intensity modulated radiotherapy versus three-dimensional conformal radiotherapy for the treatment of high grade glioma: A dosimetric comparison, Appl Clin Med Phys.; 8(2),47.
- Chan, M.F., Schupak K, Burman C., Chui C.S., Ling C.C. 2003. Comparison of intensity-modulated radiotherapy with three-dimensional conformal radiation therapy planning for glioblastoma multiforme, Medical Dosimetry; Vol. 28, No.4, pp.261.
- Chao, KSC, Apisarnthanarax S, Ozyigit G. 2005. Practical essentials of intensity modulated radiation therapy (Ed. 2nd). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Dirican, Bahar. 2011. İleri Radyasyon Terapisi Ders Notları. A.Ü. Nükleer Bilimler Enstitüsü
- Feighaum, F, Manz HJ, Platenberg LC, Martuza RL. 1999. Primary intrinsic tumors of the brain. In: Principles of Neurosurgery. Ed's Grossmann RG, Loftus CM, Philadelphia, Lippincott-Raven, pp:469-520.
- Fiveash, JB, Nordal RA, Markert JM, Ahmed RS, Nabors LB. 2007. High-Grade Gliomas. In: Gunderson LL, Tepper JE. eds: Clinical Radiation Oncology 2nd ed. Philadelphia, Pa: Elsevier Churchill Livingstone, pp 515-537.
- Gehan, EA, Walker MD. 1977. Prognostic factors for patients with brain tumors. Natl Cancer Inst Monogr;46:189-95.
- Hermanto, U., Frua EK, Lii MJ. 2007. Intensity modulated radiotherapy (IMRT) and conventional three-dimensional conformal radiotherapy for high-grade gliomas: Does IMRT increase the integral dose to normal brain? Radiation Oncology Biol, Phys.; 67(4), 135.
- ICRU 50, The International Commission on Radiation Units and Measurements Report 50. 1993. Prescribing, Recording and Reporting Photonl Beam Therapy.
- ICRU 62, The International Commission on Radiation Units and Measurements Report 62. 1999. Prescribing, Recording and Reporting Photonl Beam Therapy.

- MacDonald, S.M., Ahmad S., Kachris S., Vodgs B.J., DeRouen M., Gittleman A.E., DeWyngaert K., Vlachaki M.T. 2007. Intensity modulated radiotherapy versus three-dimensional conformal radiotherapy for the treatment of high grade glioma: A dosimetric comparison, *Appl Clin Med Phys.*; 8(2),47.
- Narayana, A, Yamada J, Berry S, Shah P, Hunt M, Gutin PH, Leibel SA. 2006. Intensity-modulated radiotherapy in high-grade gliomas: Clinical and dosimetric results, *Radiation Oncology Biol. Phys.*; Vol.64, No. 3, pp. 892.
- Nelson, DF, Diener- West M, Horton J, Chang CH, Schoenfeld D, Nelson JS. 1988. Combined modality approach to treatment of malignant gliomas-reevaluation of RTOG 7401/ECOG 1374 with long-term follow-up: a joint study of the Radiation Therapy Oncology Group and the Eastern Cooperative Oncology Group.
- Newlands, ES, Blackledge GRP, Slack JA. 1992. Phase I trial of temozolomide (CCRG 81045; M&B 39831; NSC 362856). *Br J Cancer*; 65: 287-91.
- Perez, C. 2004. Radyasyon Onkolojisi Tedavi Kararları. Nobel Kitabevi, Ankara.
- Purdy, J.A. 2004. Current ICRU definitions of volumes limitations and future directions. *Semin Radiat Oncol.*, 14(1); 27-40. Review.
- RTOG 0225, Radiation Therapy Oncology Group. 2005. A Phase II Study Of Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT) +/- Chemotherapy For Nasopharyngeal Cancer.
- RTOG 0825, Radiation Therapy Oncology Group. 2009. Phase III Double-Blind Placebo-Controlled Trial Of Conventional Concurrent Chemoradiation And Adjuvant Temozolomide Plus Bevacizumab Versus Conventional Concurrent Chemoradiation And Adjuvant Temozolomide In Patients With Newly Diagnosed Glioblastoma.
- RTOG 97-10, Radiation Therapy Oncology Group. 1999. A Phase II Study Of Conventional Radiation Therapy Followed With Recombinant Interferon Beta For Supratentorial Glioblastoma.
- Stupp R, Mason WP, van den Bent MJ, Weller M, Fisher B, Taphoorn MJ, et al. 2005. Radiotherapy plus concomitant and adjuvant temozolomide for glioblastoma. *N Engl J Med*;352(10):987-96.
- Sultanem, K., Patrocinio H., Lambert C., Corns R., Leblanc R., Parker W., Shenouda G., Souhami L. 2004. The Use of Hypofractionated Intensity-Modulated Irradiation in The Treatment of Glioblastoma Multiforme: Preliminary Results of a Prospective Trial, *Radiation Oncology Biol. Phys.*; 58(1), 247.
- Vougiouklakis, T, Mitselou A, Agnantis NJ. 2006. Sudden due to Death Primary Intrakranial Neoplasms. A Forensic Autopsy Study. *Forensic Scient May*; 158(2-3):200-3.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Salih GÖRÜR

Doğum Yeri : Samsun

Doğum Tarihi : 19.01.1987

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Namık Kemal Lisesi, 2002

Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi,
Fizik Bölümü, 2008

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