



T.C.

ACIBADEM MEHMET ALİ AYDINLAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAŞ BOYUN IŞINLAMALARINDA TEK VE ÇOKLU
İZOMERKEZ VMAT PLANLARIN DOZİMETRİK KABUL
KRİTERLERİ AÇISINDAN ANALİZİ**

HATİCE SEVİNÇ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAĞLIK FİZİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Meltem Serin

İSTANBUL-2019



T.C.

ACIBADEM MEHMET ALİ AYDINLAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAŞ BOYUN IŞINLAMALARINDA TEK VE ÇOKLU
İZOMERKEZ VMAT PLANLARIN DOZİMETRİK KABUL
KRİTERLERİ AÇISINDAN ANALİZİ**

HATİCE SEVİNÇ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAĞLIK FİZİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Meltem Serin

İSTANBUL-2019

TEZ ONAY SAYFASI

Anabilim Dalı: Sağlık Fiziği
Program: Sağlık Fiziği Tezli Yüksek Lisans
Tez Başlığı: Baş Boyun Işınlamalarında Tek ve Çoklu İzomerkez VMAT Planların Dozimetrik Kabul Kriterleri Açısından Analizi
Öğrencinin Adı-Soyadı: Hatice SEVİNÇ
Savunma Sınavı Tarihi: 20/05/2019

Bu tez çalışması jürimiz tarafından Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı

Prof. Dr. Meriç ŞENGÖZ
Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar
Üniversitesi

Tez Danışmanı-Üye

Prof. Dr. Meltem SERİN
Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar
Üniversitesi

Üye

Prof. Dr. Meriç ŞENGÖZ
Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar
Üniversitesi

Üye

Doç. Dr. Hilal ACAR DEMİR
İstanbul Medipol Üniversitesi

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarımı ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Hatice SEVİNÇ



11/06/2019

İTHAF

Canım babam Mehmet YILDIZ' a ithaf ediyorum.



TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve tecrübesiyle beni destekleyen değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Meltem SERİN ve değerli hocam Uzm. Fiz. Görkem GÜNGÖR'e,

Yüksek lisans eğitimi süresince kendilerinden çok şey öğrendiğim tüm bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Enis ÖZYAR'a, Prof. Dr. Banu ATALAR'a, Uzm. Fiz. Bülent YAPICI'ya ve Uzm. Fiz. Gökhan AYDIN'a,

Klinikte bulunduğum süre boyunca bana her konuda destek olan Uzm. Dr. Bilgehan ŞAHİN'e,

Hayatım boyunca her zaman yanımda olan sevgi ve desteklerini esirgemeyen kıymetli ailem canım annem ve babam Hafize YILDIZ ve Mehmet YILDIZ'a,

Tezimin hazırlanmasında büyük katkıları bulunan maddi manevi desteğini esirmeyen hayatıma anlam katan değerli eşim Dr. Erkan SEVİNÇ'e,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
GRAFİKLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
KISALTMA VE SİMGELER LİSTESİ	xiii
ÖZET.....	1
SUMMARY.....	2
1. GİRİŞ VE AMAÇ	3
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Nazofarenks Anatomisi.....	5
2.2. Nazofarenks Kanseri.....	6
2.3. Yayılım ve Tanı.....	6
2.4. Nazofarenks Tedavisindeki Kritik Organlar	7
2.5. Nazofarenks Kanserinde Tedavi Yöntemleri.....	8
2.5.1. Cerrahi.....	8
2.5.2. Radyoterapi.....	9
2.6. Radyoterapi Teknikleri	9
2.6.1. Üç boyutlu konformal radyoterapi (3BKRT)	9
2.6.2. Yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART)	10
2.6.3. Yoğunluk ayarlı radyoterapi çeşitleri.....	12
2.6.4. Hacimsel ayarlı ark terapi (VMAT).....	12
2.6.4.1. Jaw tracking.....	13
2.6.4.2. Sabit jaw (fixed jaw) ve geniş alanda yaprak sınırı (large field leaf span)	15
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	16
3.1. Araç ve Gereçler.....	16
3.1.1. Bilgisayarlı tomografi (BT)	16
3.1.2. Tedavi planlama sistemi (TPS).....	17

3.1.3. VarianTruebeam lineer hızlandırıcı	18
3.1.4. Yüksek çözünürlüklü çok yapraklı kolimatör (high definition multileaf collimator-HDMLC).....	19
3.1.5. İstatistiki yöntem.....	21
3.1.5.1. Friedman testi.....	21
3.2. Yöntem.....	22
3.2.1. Hastaların seçimi.....	22
3.2.2. Tedavi planlama sisteminde planların hazırlanması	24
3.2.2.1. Birinci aşama; tek izomerkezli planlar	25
3.2.2.2. İkinci aşama; çift izomerkezli planlar.....	29
3.2.3. Planların değerlendirilmesi.....	30
4. BULGULAR.....	33
4.1. Farklı Tedavi Tekniklerinde Kritik Organ Dozları	33
4.1.1. Sağ parotis için ortalama doz değerleri (D_{ort}).....	33
4.1.2. Sol parotis için ortalama doz değerleri (D_{ort}).....	35
4.1.3. İki parotis için ortalama doz değerleri (D_{ort})	38
4.1.4. Beyin sapı için maksimum doz değerleri (D_{maks}).....	39
4.1.5. Spinal kord'un aldığı maksimum doz dağılımları (D_{maks}).....	41
4.1.6. Kiazma'nın aldığı maksimum doz değerleri (D_{maks}).....	44
4.1.7. Sol optik sinir'in aldığı maksimum doz değerleri (D_{maks})	46
4.1.8. Sağ optik sinir'in aldığı maksimum doz değerleri (D_{maks})	48
4.1.9. Lens'in aldığı maksimum doz değerleri (D_{maks})	50
4.1.10. Özefagus'un aldığı ortalama doz değerleri (D_{ort}).....	51
4.1.11. Larenks'in aldığı ortalama doz değerleri (D_{ort}).....	52
4.1.12. Sağ ve sol kohlea'nın $V_{55} < \%5$ alan doz değerleri.....	53
4.1.13. Hedef hacimler için hesaplanan konformite indeks değerleri	54
4.1.14. PTV70 için doz değerlendirmeleri	59
4.1.14.1. 70 Gy alan PTV hacminin yüzde 95'den büyük olan ($V_{70} > \%95$) doz değerleri	59
4.1.14.2. 65.1 Gy alan PTV hacminin yüzde 99 ve 97'den büyük olduğu ($V_{65.1} > \%99$ ve $V_{65.1} > \%97$) doz değerleri	61

4.1.14.3. Farklı tedavi teknikleri için 74 Gy ve 76 Gy ortalama doz değerleri	62
4.1.15. PTV60 için doz değerlendirmeleri	63
4.1.15.1. 60 Gy alan PTV hacminin aldığı yüzde 95'den büyük olduğu (V60 > %95) doz değerleri	63
4.1.15.2. PTV60 minör değeri olan 56 Gy alan hacmin yüzde 95'den büyük (V56 > %95) doz değerleri	65
4.1.15.3. PTV60 minör değeri olan 56 Gy alan hacmin yüzde 99'dan büyük (V56 > %99) doz değerleri	67
4.1.16. PTV56 için doz değerlendirmeleri	69
4.1.16.1. PTV56 minör değeri olan 56 Gy alan hacmin yüzde 95'den büyük (PTV56 > %95) doz değerleri	69
4.1.16.2. PTV56 minör değeri olan 52 Gy alan hacmin yüzde 99'dan büyük (PTV52 > %99) doz değerleri	71
4.1.17. Farklı tedavi tekniklerine göre hesaplanan MU değerleri	73
4.1.18. Parotis kesişim oranı	74
5. TARTIŞMA.....	75
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	79
KAYNAKLAR	82
EKLER.....	86
EK 1. Özgeçmiş	86

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Nazofarenks Anatomisi.....	5
Şekil 2.2. Farklı Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi Teknikleri	12
Şekil 2.3. Jaw Tracking Sistemi	14
Şekil 3.1. Siemens Somatom Force BT Cihazı	17
Şekil 3.2. Varian Truebeam Radyoterapi Cihazı.....	19
Şekil 3.3. Varian Truebeam STx Lineer Hızlandırıcı Cihazı HDMLC.....	20
Şekil 3.4. Varian Truebeam STx Lineer Hızlandırıcı Cihazı HDMLC Boyutları	20
Şekil 3.5. Tek İzomerkez Sagital Gösterimi	23
Şekil 3.6. Çift İzomerkez Sagital Gösterimi	23
Şekil 3.7. Hastalara Uygulanan Planların Şematiği.....	25
Şekil 3.8. 2 Ark'lı Tek İzomerkezli Plan Gösterimi.....	26
Şekil 3.9. 2 Ark'lı Tek İzomerkezli JT Tekniği Kullanılan Plan Gösterimi.....	27
Şekil 3.10. 2 Ark'lı Tek İzomerkezli JT Tekniği ve Asimetrik Alan Kullanılan Plan Gösterimi.....	28
Şekil 3.11. 4 Ark'lı Tek İzomerkezli JT Tekniği ve Asimetrik Alan Kullanılan Plan Gösterimi.....	29
Şekil 3.12. 4 Ark'lı Çift İzomerkezli JT Tekniği ve Asimetrik Alan Kullanılan Plan Gösterimi.....	30
Şekil 3.13. TPS'de Hesaplanan Planların Kritik Organ Dozlarının DVH Görüntüsü	31

GRAFİKLER LİSTESİ

	Sayfa No
Grafik 4.1. Sağ Parotis için Farklı Tedavi Tekniklerindeki Ortalama Dozu	34
Grafik 4.2. Sol Parotis için Farklı Tedavi Tekniklerindeki Ortalama Dozu	36
Grafik 4.3. İki Parotis için Farklı Tedavi Tekniklerindeki Ortalama Dozu	38
Grafik 4.4. Beyin Sapı'nın Farklı Tedavi Tekniklerindeki Maksimum Dozu (D_{maks})	40
Grafik 4.5. Spinal Kord'un Farklı Tedavi Tekniklerindeki Maksimum Dozu (D_{maks})	42
Grafik 4.6. Kiazma için Farklı Tedavi Tekniklerindeki Maksimum Doz.....	44
Grafik 4.7. Sol Optik Sinir için Farklı Tedavi Tekniklerindeki Maksimum Doz (D_{maks})	46
Grafik 4.8. Sağ Optik Sinir'in Farklı Tedavi Tekniklerindeki Maksimum Dozu (D_{maks})	48
Grafik 4.9. Farklı Tedavi Tekniklerinde PTV70 için Konformite İndeks Değerleri.	55
Grafik 4.10. Farklı Tedavi Tekniklerinde PTV60 için Konformite İndeks Değerleri	56
Grafik 4.11. Farklı Tedavi Tekniklerinde PTV56 için Konformite İndeks Değerleri	58
Grafik 4.12. Çiftizomerkez Değerlerine Normalize Edilmiş V70 Değerleri için Çizgi Grafiği.....	60
Grafik 4.13. Farklı Tedavi Teknikleri için V65.1 > %99 Doz Değerleri.....	61
Grafik 4.14. Farklı Tedavi Teknikleri için Ortalama Doz < 74 Gy Alan Değerler ...	63
Grafik 4.15. Farklı Tedavi Tekniklerinde V60 > %95 Değerleri için Çizgi Grafiği.	65
Grafik 4.16. Farklı Tedavi Tekniklerinde V56 > %95 Değerleri için Çizgi Grafiği.	67
Grafik 4.17. Farklı Tedavi Tekniklerinde V56 > %99 Değerleri için Çizgi Grafiği.	69
Grafik 4.18. Farklı Tedavi Tekniklerinde V56 > %95 Değerleri için Çizgi Grafiği.	71
Grafik 4.19. Farklı Tedavi Tekniklerinde V52 > %99 Değerleri için Çizgi Grafiği.	72
Grafik 4.20. Farklı Tedavi Teknikleri için MU Değerleri Grafiği	73
Grafik 4.21. Parotis'in Aldığı Ortalama Doz İle Parotis Kesişim Oranın Grafikselsel Gösterimi	74

TABLolar LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1. Risk Altındaki Organlar için Doz Sınırlandırmaları ve Tolerans Aşımında Olası Yan Etkileri	8
Tablo 2.2. SIB Tekniği Doz Değerleri	11
Tablo 3.1. Planlarda Uygulanan Doz Şeması	24
Tablo 3.2. RTOG-0615 Protokolü Kritik Organların Tolerans Dozu	31
Tablo 3.3. RTOG-0615 Protokolü PTV Hacimlerinin None ve Minör Değerleri	32
Tablo 4.1. Sağ Parotis'in Farklı Tedavi Tekniklerinde Aldığı Ortalama Dozların Tanımsal İstatistik Değerleri	33
Tablo 4.2. Sağ Parotis için Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi.....	34
Tablo 4.3. Sağ Parotis için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi.....	34
Tablo 4.4. Sol Parotis'in Farklı Tedavi Tekniklerinde Aldığı Ortalama Dozların Tanımsal İstatistik Değerleri	35
Tablo 4.5. Sol Parotis için Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi	36
Tablo 4.6. Sol Parotis için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi.....	37
Tablo 4.7. İki parotis için Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi	38
Tablo 4.8. İki Parotis için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi.....	38
Tablo 4.9. Beyin Sapı'nın Farklı Tedavi Tekniklerinde Aldığı Maksimum Doz için Tanımsal İstatistik Değerleri	39
Tablo 4.10. Beyin Sapı için Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi.....	40
Tablo 4.11. Beyin Sapı için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi.....	40

Tablo 4.12. Spinal Kord'un Farklı Tedavi Tekniklerinde Aldığı Maksimum Doz için Tanımsal İstatistik Değerleri	41
Tablo 4.13. Spinal Kord'un Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi.....	42
Tablo 4.14. Spinal Kord için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi.....	43
Tablo 4.15. Kiazma'nın Farklı Tedavi Tekniklerinde Aldığı Maksimum Doz için Tanımsal İstatistik Değerleri	44
Tablo 4.16. Kiazma için Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi	45
Tablo 4.17. Kiazma için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi	45
Tablo 4.18. Sol Optik Sinir'in Farklı Tedavi Tekniklerinde Aldığı Maksimum Doz için Tanımsal İstatistik Değerleri.....	46
Tablo 4.19. Sol Optik Sinir'e Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi.....	47
Tablo 4.20. Sol Optik Sinir'e Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi.....	47
Tablo 4.21. Sağ Optik Sinir'in Farklı Tedavi Tekniklerinde Aldığı Maksimum Doz için Tanımsal İstatistik Değerleri.....	48
Tablo 4.22. Sağ Optik Sinir'e Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi.....	49
Tablo 4.23. Sağ Optik Sinir'e Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi.....	49
Tablo 4.24. Lens'in Farklı Tedavi Tekniklerinde Aldığı Maksimum Doz için Tanımsal İstatistik Değerleri	50
Tablo 4.25. Lens için Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi ...	50
Tablo 4.26. Lens için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi.	50
Tablo 4.27. Özefagus'a Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi	51
Tablo 4.28. Larenks'in Farklı Tedavi Tekniklerinde Aldığı Maksimum Doz için Tanımsal İstatistik Değerleri	52
Tablo 4.29. Larenks'e Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi ..	52

Tablo 4.30. Larenks için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi	52
Tablo 4.31. Sağ ve Sol Kohlea için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi.....	53
Tablo 4.32. Beş Farklı Planlama Tekniğine Göre PTV70 için CI değerlerinin Tanımsal İstatistik Değerleri	54
Tablo 4.33. Farklı Tedavi Tekniklerinde PTV70 CI Değerleri için Yapılan Friedman Testi.....	55
Tablo 4.34. PTV70 CI Değerleri için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi.....	55
Tablo 4.35. Farklı Tedavi Tekniklerinde PTV60 CI Değerleri için Yapılan Friedman Testi.....	57
Tablo 4.36. Farklı Tedavi Tekniklerinde PTV60 CI Değerleri için Yapılan İkili İlişkiler Testi.....	57
Tablo 4.37. Farklı Tedavi Tekniklerinde PTV56 CI Değerleri için Yapılan Friedman Testi.....	58
Tablo 4.38. Farklı Tedavi Tekniklerinde V70 > %95 Değerleri için Yapılan Friedman Testi.....	59
Tablo 4.39. Tablo Farklı Tedavi Tekniklerinde V70 > %95 Değerleri için Yapılan İkili İlişkiler Testi	59
Tablo 4.40. Farklı Tedavi Tekniklerinde $D_{ort} < 74$ Gy Değerleri için Yapılan Friedman Testi.....	62
Tablo 4.41. Farklı Tedavi Tekniklerinde $D_{ort} < 74$ Gy Değerleri için Yapılan İkili İlişkiler Testi.....	62
Tablo 4.42. Farklı Tedavi Tekniklerinde V60 > %95 Değerleri için Yapılan Friedman Testi.....	63
Tablo 4.43. Farklı Tedavi Tekniklerinde V60 > %95 Değerleri için Yapılan İkili İlişkiler Testi.....	64
Tablo 4.44. Farklı Tedavi Tekniklerinde V56 > %95 Değerleri için Yapılan Friedman Testi.....	65
Tablo 4.45. Farklı Tedavi Tekniklerinde V56 > %95 Değerleri için Yapılan İkili İlişkiler Testi.....	66

Tablo 4.46. Farklı Tedavi Tekniklerinde V56 > %99 Değerleri için Yapılan Friedman Testi.....	67
Tablo 4.47. Farklı Tedavi Tekniklerinde V56 > %99 Değerleri için Yapılan İkili İlişkiler Testi.....	67
Tablo 4.48. Farklı Tedavi Tekniklerinde V56 > %95 Değerleri için Yapılan Friedman Testi.....	69
Tablo 4.49. Farklı Tedavi Tekniklerinde V56 > %95 Değerleri için Yapılan İkili İlişkiler Testi.....	70
Tablo 4.50. Farklı Tedavi Tekniklerinde V52 > %99 Değerleri için Yapılan Friedman Testi.....	71
Tablo 4.51. Farklı Tedavi Tekniklerinde V52 > %99 Değerleri için Yapılan İkili İlişkiler Testi.....	71
Tablo 4.52. Beş Farklı Planlama Tekniğine Göre MU Hesapları için Tanımsal İstatistik Değerleri.....	73

KISALTMA VE SİMGELER LİSTESİ

3KBRT	: Üç-Boyutlu Konformal Radyoterapi
AS	: Asimetrik Alan
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
D_{maks}	: Maksimum Doz
D_{ort}	: Ortalama Doz
DSCT	: Çift Kaynaklı Bilgisayarlı Tomografi
EBV	: Epstein Barr Virüsü
FFF	: Düzleştirici Filtresiz
Gy	: Gray (Ölçüm Birimi)
HDMLC	: Yüksek Çözünürlüklü Çok Yapraklı Kolimatör (High Definition Multi Leaf Collimator)
HLA	: İnsan Lökosit Antijeni (Human Leucocyte Antigen)
IGRT	: Görüntü Eşliğinde Radyoterapi
KT	: Kemoterapi
KV	: Kilo Volt
MeV	: Megaelektron Volt
MLC	: Çok Yapraklı Kolimatör
MRG	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
MU	: Monitor Unit
MV	: Mega Volt
NFK	: Nazofarenks Kanseri
OAR	: Risk Altındaki Organlar (Organ At Risk)
PET	: Pozitron Emisyon Tomografisi
PTV	: Planlanan Hedef Hacim (Planning Target Volume)
RT	: Radyoterapi
RTOG	: Radiation Therapy Oncology Group
SBRT	: Stereotaktik Vücut Radyoterapi Tedavisi
SİB	: Eş Zamanlı Entegre Boost (Simultaneous Integrated Boost)

- SPSS** : Sosyal Bilimler için İstatistik Paket Programı (Statistical Package for the Social Science)
- SRT** : Stereotaktik Radyoterapi
- SSD** : Kaynak Cilt Mesafesi (Source Skin Distance)
- TPS** : Tedavi Planlama Sistemi
- VMAT** : Hacimsel Ayarlı Ark Terapi
- YART** : Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi



ÖZET

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte yeni cihazların kullanılmaya başlamasıyla ve bu cihazlar tarafından desteklenen yeni radyoterapi tekniklerinin uygulanmasıyla tedavi süresi oldukça kısalmış, daha iyi hedef sarımı ve kritik organların korunması sağlanmıştır. Bu doğrultuda anatomik yerleşiminden dolayı cerrahinin kısıtlı olması, kritik organlara yakın olması ve oldukça radyoduyarlı olması nazofarenks kanserlerinin tedavisinde yeni radyoterapi tekniklerinin önemini oldukça arttırmıştır. Bu çalışmada amaçlanan nazofarenks kanserli hastalarda, VMAT tekniği yardımıyla tek ve çift izomerkezli olarak yapılan planların, hedef volümlerde ve kritik organlarda oluşturduğu doz dağılımları arasında anlamlı fark olup olmadığının istatistiki olarak ortaya konulmasıdır. Bu amaçla Acıbadem Hastanesinde 2009-2017 yılları arasında nazofarenks kanseri tanısı konmuş olup lenf nodu tutulumu olan ve tümör boyutu 22 cm'den büyük hastalar arasından 11 nazofarenks hastası seçilmiştir. Seçilen bu hastalar için jaw tracking tekniği ve asimmetrik alanlar kullanılarak öncelikle 2 ark ve 4 ark için Milenium MLC ile tek izomerkezli planlar, daha sonra ise HDMLC ile 4 arklı çift izomerkezli planlar yapılmıştır. Planlar hedef sarımı, kritik organların aldığı maksimum ve ortalama doz değerleri ve konformite indeks değerleri açısından istatistiki olarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda tek ve çift izomerkez planlarda istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Asimmetrik alan ve jaw tracking tekniği kullanılarak yapılan çift izomerkezli planların aynı teknikler kullanılarak yapılan tek izomerkezli planlara benzer ve üstün sonuçlar vermekte olduğu bulgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tek izomerkez, Çift izomerkez, Nazofarenks kanseri

SUMMARY

Analysis of Single and Multi Isocenter VMAT Plans in Head and Neck Irradiation in Terms of Dosimetric Acceptance Parameters Criteria

With the development of technology, the use of new devices and the application of new radiotherapy techniques supported by these devices have shortened the treatment period, better target coverage and protection of critical organs. Limited surgery due to its anatomical location, close to critical organs and highly radiative sensitivity have increased the importance of new radiotherapy techniques in the treatment of nasopharyngeal cancers. The aim of this study is to determine whether there is a significant difference between the single and double isocentric plans of the patients with nasopharyngeal cancer by using the VMAT technique. For this purpose, 11 nasopharyngeal cancer patient were selected who were diagnosed with nasopharyngeal carcinoma who had lymph node and bigger tumor than 22 cm at Acibadem Hospital between 2009 and 2017. For all those selected patients, at first single isocentric plans were made with 2 arcs and 4 arcs Milenium MLC by using jaw tracking technique and asymmetric field and then double isocentric plans were made with 4 arcs HDMLC by using jaw tracking technique and asymmetric fields. These plans has been analyzed statistically regarding the target coverage, maximum and average dose values of critical organs and conformity index values. As a result of the analysis, it has been found that there are not any statistically significant difference between the single and double isocentric plans. Double isocentric plans using asymmetric field and jaw tracking technique were found to be similar and superior to single isocentric plans using the same techniques.

Keywords: Single isocenter, Double isocenter, Nasopharyngeal cancer

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Radyoterapi, iyonize radyasyonun (x ışını, gama ışını ve elektronlar) kanser tedavisinde kullanılmasıdır. Radyoterapi, planlanan radyasyon dozunun tanımlanan hedef hacme verilirken radyasyon alanı içinde kalan sağlıklı dokuların mümkün olan en az dozu almasını amaçlamaktadır.

İyonize radyasyonun tıp alanında kullanılması 1895 yılında Röntgen'in X-ışınlarını ve 1898'de Curie'nin radyumu keşfi ile başlamaktadır. 1952 yılında lineer hızlandırıcının geliştirilmesiyle birlikte radyoterapi cihazlarının temeli atılmış ve günümüze kadar bir çok gelişme göstermiştir (1).

Teknolojik gelişmelerle birlikte yeni cihazlar ve bu cihazlar tarafından desteklenen yeni radyoterapi teknikleri uygulanmaya başlanmıştır. Böylece 2-boyutlu radyoterapinin yerini 3-boyutlu konformal radyoterapi (3-BKRT) almıştır (2) (3). İlerleyen yıllarda 3BKRT'nin eksikliklerini giderilmesi, kritik organlar da daha iyi koruma ve daha iyi bir hedef sarımı sağlanması amacıyla konformal radyoterapinin özel bir formu olan yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) tekniği geliştirilmiş ve yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. YART tekniğinin sahip olduğu pek çok avantajlarının yanında tedavi sürelerinin uzun olması hasta konforu açısından tedaviyi zorlaştırmaktadır (4). Günümüzde kullanılan yeni lineer hızlandırıcıların sağladığı hacimsel ayarlı ark terapi (VMAT) tekniği ile ışınlama sırasında lif hareketlerine izin verilirken aynı zamanda gantri hareketine de imkan vererek tedavi süresi oldukça kısalmıştır (5).

Radyoterapi alanında yapılan bu teknolojik gelişmeler radyoterapinin amacı olan tümöre yüksek doz verilirken sağlıklı dokuların korunmasına olanak sağlamıştır. Radyoterapi, anatomik yerleşimi dolayısıyla cerrahiye kısıtlayan ve radyoterapinin temel tedavi yöntemi olarak kullanıldığı tek malign hastalık olan nazofarenks kanserlerinde de kullanılmaktadır. Nazofarenks karsinomlarının radyasyona duyarlı

olması ve erken evrede yaygın lenf nodu tutulumunun olması radyoterapi tedavisinin temel tedavi olarak seçilmesinin nedenleri arasında gösterilmektedir (6).

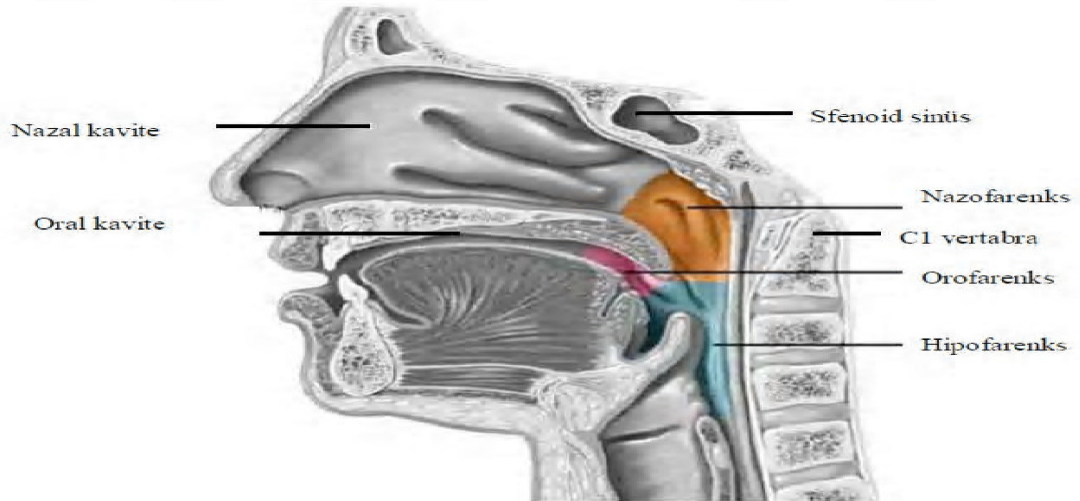
Nazofarenks karsinomlarına uygulanan radyoterapi planlarında yüksek çözünürlü çok yapraklı kolimatörün (HDMLC) kullanılması bazı avantajlar sağlamaktadır. Sahip olduğu önemli avantajlarından birisi kritik organların daha az doz almasıdır. HDMLC'nin lif tasarımının daha ince olmasından dolayı HDMLC'nin Milenium MLC'ye göre lifler arasındaki radyasyon geçirgenliği %20'den daha az olup; bundan dolayı da kritik organların aldığı doz da daha az olmaktadır. Kritik organları korumada göstermiş olduğu avantaj HDMLC'nin tercih edilmesine neden olmaktadır (7). Tedavilerde lifler arası radyasyon iletiminin olabildiğince az olması istenen bir durumdur. Her ne kadar HDMLC bunu sağlıyor olsa da bu avantajının yanında HDMLC'nin alan boyutunun 22x40 cm² olması nazofarenks gibi büyük alanlarda dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. HDMLC'nin sahip olduğu bu alan boyutu, ortalama alan boyutu 20-25 cm olan nazofarenks karsinomları gibi büyük ve karmaşık hedeflerin tek izomerkez kullanılarak planlanmasına engel olmakta ve bu durumda bu hedeflerin kapsanabilmesi için planlarda çift izomerkez kullanılması gerekliliğini doğurmaktadır.

Bu çalışmada amaçlanan nazofarenks kanserli hastalarda VMAT tekniği yardımıyla tek ve çift izomerkez kullanılarak yapılan planlarda, hedef volümlerde ve kritik organlarda oluşan doz dağılımları arasında anlamlı fark olup olmadığının istatistiki olarak ortaya konulmasıdır. Bu amaca yönelik olarak öncelikle jaw tracking tekniği ve asimetrik alanlar kullanılarak 2 ark ve 4 ark için tek izomerkezli planlar yapılmıştır. Daha sonra jaw tracking tekniği ve asimetrik alanlar kullanılarak 4 arklı çift izomerkezli planlar yapılmıştır. Tek izomerkezli planlar için Milenium MLC kullanılırken çift izomerkezli planlarda ise HDMLC kullanılmıştır. Tek ve çift izomerkezli planlarda 6 MV foton enerjisi kullanılmış olup; hedef hacimler ve kritik organlar RTOG-0615 protokolüne göre değerlendirilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Nazofarenks Anatomisi

Nazofarenks kafa tabanının altında ve burunun gerisinde kübik bir yapıya sahip olup genişliği 4–5 cm, ön arka uzunluğu 2.5–3.5 cm ve yüksekliği 4 cm civarındadır (8). Nazofarenksin ön kısmında koanalar, üst kısmında sfenoidin korpusu, posteriorda klivus ile üst iki servikal vertebra ve alt kısmında yumuşak damak bulunmaktadır. Lateral ve posterior duvarlar, karotis kanalının medyalindeki petroz piramidin apeksinin alt yüzeyi boyunca her iki yanda dışa doğru uzanan faringeyal fasyadan oluşmaktadır. Nazofarenksin çatısı aşağı doğru eğilimlidir ve posterior duvarla devam eder. Östaki tüpü lateral duvara açılır; östaki tüpünün posterior kısmı kıkırdak olup nazofarenkse girerek torus tubarusun hemen posteriorunda kabarıklık yapar. Torusun hemen arkası Rosenmüller çukuru denilen girintidir. Nazofarenks kanseri Rosenmüller fossadan köken alır bu nedenle oldukça önemlidir (9).



Şekil 2.1. Nazofarenks Anatomisi

Kaynak: Çelik H. Nazofarenks Kanserlerinin Radyoterapisinde Tedavi Alanı Değişikliklerinin Lens Dozuna Etkisi, Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı Radyasyon Fiziği Yüksek Lisans Programı Yayınlanmamış Tezi, Kayseri, 2010 (Yrd. Doç. Dr. O. ORHAN)

2.2. Nazofarenks Kanseri

Nazofarenks kanseri dünyada Güneydoğu Asya ülkelerinde sıklıkla görülmekle birlikte ülkemizin de içinde yer aldığı Akdeniz ülkelerinde orta sıklıkta görülmektedir. Batı ülkelerinde ise nazofarenks kanserinin görülme sıklığı oldukça düşüktür (6). Nazofarenks kanseri (NFK) görülme sıklığı genellikle artış göstererek 40-50 yaş grubu arasında görülme olasılığı en yüksek seviyeye ulaşmaktadır (10). NFK lezyonları kadınlara göre erkeklerde daha yaygın olarak görülmektedir (11).

Nazofarenks kanserinin meydana gelmesi çevresel, viral ve genetik olmak üzere 3 temel faktöre bağlıdır (12). Odun dumanına ve kimyasal karsinojenlere maruz kalınması, kroton içeren ve özellikle karsinojen etkisi bulunan dimetilnitrozamin açısından zengin olan tütülenmiş balık tüketilmesi, erken yaşlarda radyasyona maruz kalınması çevresel etkenler olarak karşımıza çıkmaktadır. EpsteinBarr Virüsü (EBV) enfeksiyonu ile enfekte olmanın NFK riskini artırması viral etki olarak gösterilmektedir. Buna göre EBV virüsü ile enfekte olunduktan yıllar sonra nazofarenks kanserinin ortaya çıkma olasılığı artmakla birlikte ortaya çıkan nazofarenks kanseri hastalarının çoğunda EBV'ye karşı bağışıklık sisteminin yüksek miktarda antikor titreleri geliştirdiği bulgulanmıştır. Hastalığın Asya ülkelerine doğru gidildikçe artması ve özellikle Çin ve Güney Asya ülkelerinde sıkça görülüyor olması genetik faktörün etkili olduğunu ortaya koymakta ve hastalık HLA (human leucocyte antigen - insan lökosit antijeni) ile ilgili genlerle ilişkilendirilmektedir. Bu doğrultuda yapılan çalışmalar özellikle Çin'de NFK hastalarında HLA sınıfında yer alan HLA-A2 ve HLA-Bw46 antijenlerinin oldukça artış gösterdiği bulgulanmıştır (13).

2.3. Yayılım ve Tanı

NFK temel olarak aşağıda belirtildiği üzere üç farklı şekilde yayılım göstermektedir (14).

- I. Lenf bezleri yoluyla yayılımı
- II. Komşuluk yoluyla yayılımı

III. Uzak bölgelere yayılımı

Öncelikle NFK'lar sahip oldukları zengin lenfatik damarlanma özelliklerinden dolayı bölgesel sıçramalar yaparak birincil olarak boyun lenf bezlerine yayılım gösterirler. İkincil yayılım yeri olarak komşuluk yoluyla yukarı kısma doğru sıçrama göstermekte olup; bu kısımda kafa kemiklerinden beyine veya öne kısımda bulunan burun boşluğuna veya aşağı kısımda yer alan ağız bölgesine yayılım gösterir. NFK'ların son olarak uzak bölgelerdeki yayılımının en çok görüldüğü dokular arasında ise kemik, akciğer ve karaciğer bulunmaktadır.

Hastalığın belirtileri arasında burun tıkanıklığı, burun kanaması, boyunda şişlik, koku alma bozuklukları, yüzde uyuşukluk, işitme kaybı, çift görme gibi bulgular görülür.

NFK evrelemesi fiziksel muayenenin dışında boyun ultrasonu, bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MRG), pozitron emisyon tomografisi (PET) gibi görüntüleme yöntemleri kullanılır. Hastalığın kesin tanısı geniz bölgesinden alınan biyopsinin patolojik değerlendirilmesi ile yapılır.

2.4. Nazofarenks Tedavisindeki Kritik Organlar

Nazofarenks anatomik yapısı dolayısıyla çok sayıda kritik organla komşuluğa sahiptir. Beyin sapı, kiazma, lens, parotis, spinal kord, kohlea, optik sinirler, özefagus, larenks bu kritik organlar arasındadır. İlgili tüm kritik organlara ilişkin olası yan etkiler ve tolerans dozları ise tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Risk Altındaki Organlar için Doz Sınırlandırmaları ve Tolerans Aşımında Olası Yan Etkileri

Organ	Olası Yan Etkiler	Tolerans Dozları
Medulla Spinallis	Felç, Yarı Felç	Maksimum 45 - 50 Gy
Beyin	Felç, Koma	Maksimum 60 - 65 Gy
Parotisler	Ağız Kuruluğu	Ortalama 26 - 30 Gy
Beyin Sapı	Felç	Maksimum 54 - 60 Gy
İç Kulaklar	İşitme Kaybı	Maksimum 40 - 45 Gy
Brakial Sinirler	Kolda Felç	Maksimum 65 - 70 Gy
Görme Sinirleri - Kiazma	Görme Kaybı	Maksimum 54 - 56 Gy
Oral Kavite	Ağızda Ülserli Yara	Maksimum 65 Gy
Mandibula	Osteoradyonekroz	Maksimum 70 Gy
Cilt	Ülser, Nekroz	Ortalama 60 Gy

Kaynak: Özyar E, Temel ve Klinik Radyoterapi. 2. Baskı, Türk Radyasyon Onkolojisi Derneği Yayınları 2015; 169-175

2.5. Nazofarenks Kanserinde Tedavi Yöntemleri

Nazofarenks kanserleri radyoterapi dışında tedavi alternatifi olmayan tek malign hastalıktır. Nazofarenks karsinomları anatomik yerleşimi nedeniyle cerrahi yöntemleri kısıtlarken radyoterapi (RT) ve kemoterapiye (KT) karşı duyarlıdır (6).

2.5.1. Cerrahi

Nazofarenks kanserlerinin tedavisinde cerrahinin yeri sınırlıdır; çünkü NFK'lar infiltratif büyüyen ve komşu dokulara yayılım gösteren bir kitle şeklinde ortaya çıkmaktadır bu da cerrahi olarak kitleyi tamamen çıkarma olasılığını ortadan kaldırır.

Tümörlü dokunun yayılımına bağlı olarak boyun metastazlarına ve primer tümöre yönelik olmak üzere iki farklı şekilde cerrahi yöntem uygulanabilir. Primer tümöre yapılan cerrahi radyoterapi sonrası gelişen nüks veya küçülen ancak tümörün tam olarak yok olmadığı durumlarda uygulanabilir (15).

Radyoterapi uygulanarak primer tümörün yok edildiği fakat boyun metastazlarının devam ettiği durumlarda boyuna yönelik cerrahi tedavi uygulanabilir. Bu tür hastalara genellikle radikal boyun diseksiyonu uygulanır. Radikal boyun diseksiyonundan sonra seroma, kanama, hematoma ve fistül gibi komplikasyonlar gelişebilir (15).

2.5.2. Radyoterapi

Nazofarenksin anatomik yerleşimi sebebiyle cerrahi tedavi yöntemlerinin kısıtlı olarak uygulanabilmesi, bu bölgedeki tümörlerin radyasyona karşı olan duyarlılığı ve erken evrede yaygın lenf nodu tutulumunun görülüyor olması nazofarenks kanserinde standart tedavi yöntemi olarak radyoterapinin kullanılmasının temel nedenleri arasında gösterilebilir.

Radyoterapide en sık kullanılan fraksiyonasyon gross hedef hacime (GTV) günde 1.8-2 Gy'den haftada beş kez olacak şekilde uygulanabilir.

2.6. Radyoterapi Teknikleri

2.6.1. Üç boyutlu konformal radyoterapi (3BKRT)

Nazofarenks kanserinin tedavisinde iki boyutlu planlamanın en önemli sınırlamaları üç boyutlu konformal RT ve YART ile aşılabilmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte 2-boyutlu konvansiyonel radyoterapinin yerini 3-boyutlu konformal radyoterapi almıştır. 3-boyutlu konformal radyoterapinin tedavi planlaması hastanın optimal tedavi parametreleri olan hastanın pozisyonu, hedef hacim, tedavi hacminin belirlenmesi, kritik organların doz limitleri, toplam dozun belirlenmesi, fraksiyon dozu, doz dağılımı, tedavi cihazı limitlerinin tanımlandığı bir süreçtir. 3-boyutlu BT simülasyonu, 3-boyutlu tedavi planlaması yapabilen TPS, MLC, sistemlerin birbirleri ile bağlantısını sağlayan bilgisayar ağı konformal radyoterapinin gerekliliklerindedir (2) (3).

2.6.2. Yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART)

Yoğunluk ayarlı radyoterapi konformal radyoterapinin özel bir formudur. Konkav doz dağılımı ve hedefe çok yakın riskli organların olduğu bölgelerde konformal radyoterapiden daha üstün bir tedavi tekniğidir. Hızlı doz düşüşü ile hedefe çok yüksek dozlar verilirken hemen yanındaki risk altındaki organlar tolerans dozlarında tutulabilir.

Nazofarenks karsinomları tedavisinde yoğunluk ayarlı radyoterapi standart hale gelmiştir. YART, primer tümör ve lenfatikleri tek bir hacim içinde tedavi etmeye olanak sağladığından primer tümör ve boyun hedef lenfatikleri arasındaki kesişim noktasında oluşan doz belirsizliğini ortadan kaldırmaktadır (16).

YART tekniği uygulandığında hasta tedavi süresi uzamaktadır. Uzayan tedavi süresi hastanın tedavi pozisyonunun doğruluğunu tehlikeye atabilir. tekrarlanabilirliğini engellemektedir. Diğer bir ifadeyle uzun tedavi süresi boyunca hastanın aynı tedavi pozisyonunda sabit kalması zorlaşmaktadır. Bununla birlikte uzun tedavi süresi radyobiyolojik nedenlerden dolayı tümör hücrelerindedeki onarıma ve çoğalmaya (repair ve repopülasyon) sebep olabilir (4).

YART tekniğinde konturlama, konformal planlamada olduğundan daha fazla öneme sahiptir. YART'a doz düşüşlerinin keskin olması hedefin tam olarak belirlenemediği durumlarda hedefin istenilen dozun çok altında doz almasına sebep olabilmektedir. Bu yüzden hedefin ve normal dokuların belirlenebilmesi, tedavinin doğru şekilde uygulanabilmesi için Görüntü Rehberliğinde Radyoterapi (Image Guided Radiation Therapy-IGRT) teknikleriyle birlikte kullanılması gerekmektedir.

YART planlarında planlama sistemine hedef hacimde ve normal dokularda istenilen dozlar ve öncelikler tanımlanır. Ters planlama sistemi 'invers planning' ve otomatik optimizasyon ile istenilen doz dağılımını elde etmeye çalışır. Optimizasyon sonlandırıldığında yoğunlukları belirlenen alanlar için gerekli lif hareketleri hesaplanır (17). YART planlarında tedavi süresini kısaltmak için SİB (Simültane

integre boost) tekniği uygulanır. SİB tekniğinde GTV'e daha yüksek fraksiyon dozları uygulanırken, koruyucu amaçlı olarak ışınlanan bölgelere daha düşük fraksiyon dozları uygulanır (6). Hedef hacim dışında ya da risk altındaki organların çok yakınında yüksek dozların olduğu sıcak noktalara sanal konturlar tanımlanarak tedavi planları iyileştirilir. Optimizasyon sırasında DVH izlenerek öncelikler ve dozlar düzenlenir. İstenilen DVH parametreleri sağlandığında optimizasyon sonlandırılır. Plan değerlendirilirken doz istatistik değerleri ve DVH incelenerek istenilen kriterlere uygunluğu kontrol edilir. Planlanan hedef hacmin (PTV) %95'i tanımlanan dozu almalıdır.

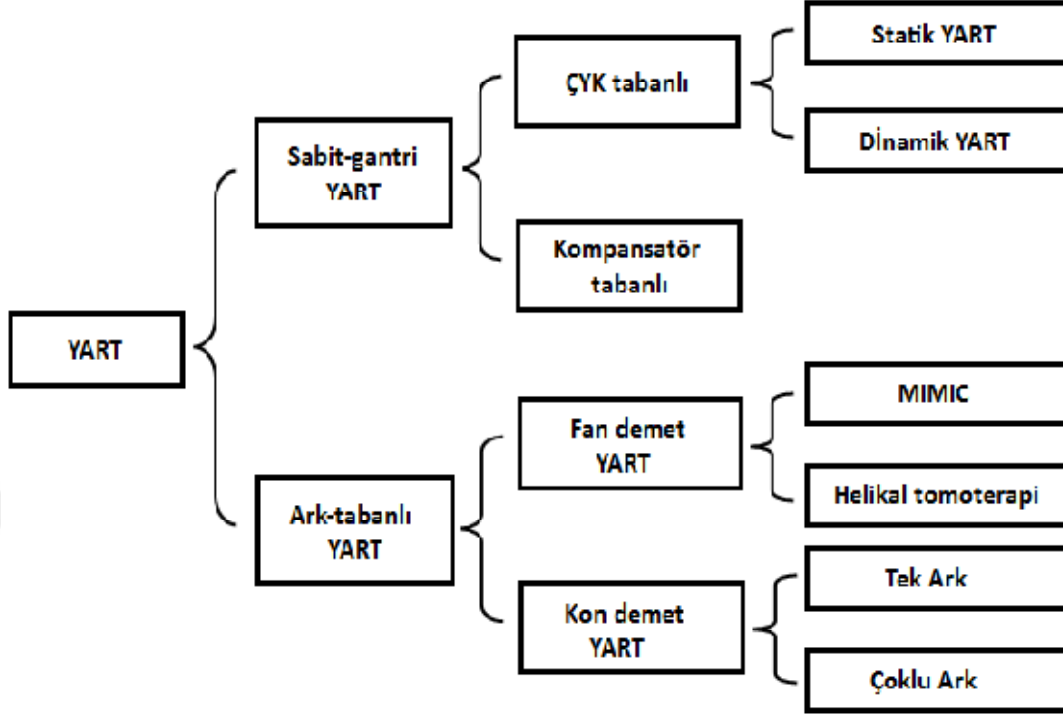
SİB tekniği uygulanan hastalarda doz tanımlaması tabloda gösterilmektedir.

Tablo 2.2. SİB Tekniği Doz Değerleri

Doz Tanımlaması		
Fraksiyon Dozu	Fraksiyon Sayısı	Doz
170	33	56 Gy
182		60 Gy
212		70 Gy

Kaynak: Radiation Therapy Oncology Group (RTOG) 0615 protokolü.

2.6.3. Yoğunluk ayarlı radyoterapi çeşitleri



Şekil 2.2. Farklı Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi Teknikleri

Kaynak: Güneyli O. Prostat Kanseri Hastalarda Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi Uygulamasında Flattening Filter Kullanılan ve Kullanılmayan Planların Karşılaştırılması, Acıbadem Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı Radyasyon Fizikçi Yüksek Lisans Programı Yayınlanmış Tezi, İstanbul, 2013 (Prof. Dr. M.Garipağaoğlu)

Şekil 2.2’ de farklı yoğunluk ayarlı radyoterapi teknikleri (YART) gösterilmektedir. YART temel olarak sabit gantrili ve ark tabanlı olmak üzere iki yöntem ayrılmaktadır. Çalışmada ilerleyen başlıklarda ark tabanlı yoğunluk ayarlı radyoterapi tekniğine yer verilmiştir.

2.6.4. Hacimsel ayarlı ark terapi (VMAT)

Hacimsel ayarlı ark terapi (Volumetric-Modulated Arc Therapy-VMAT) gelişmiş bir YART uygulamasıdır. VMAT tek ya da çoklu arkların kullanıldığı radyasyon demetinin hasta etrafında 360° dönmesiyle birlikte 3-boyutlu doz

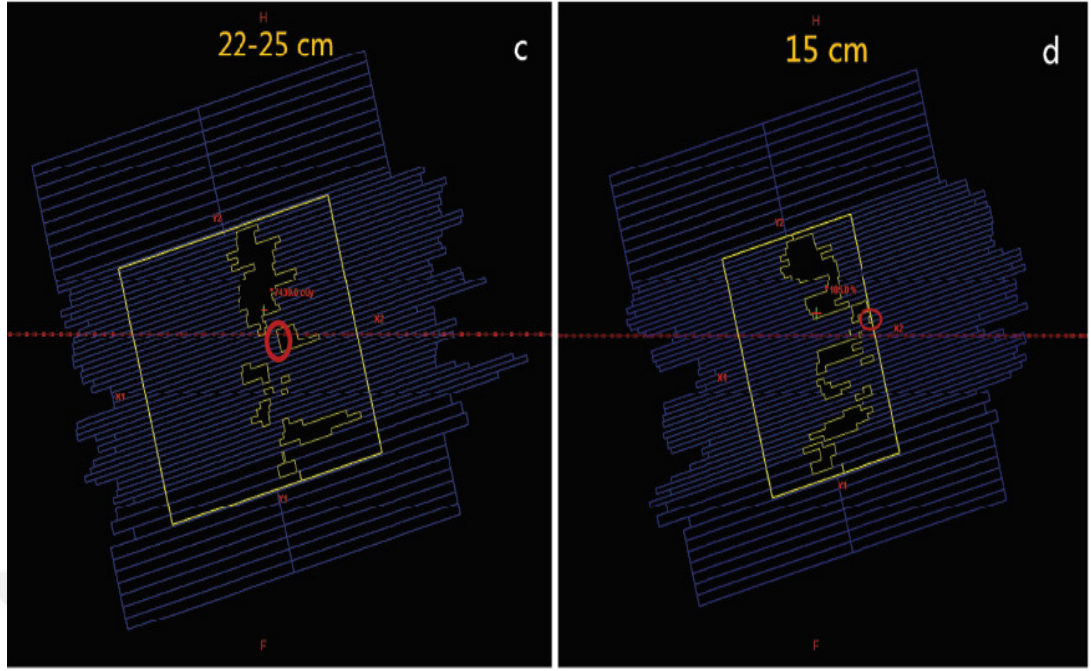
dağılımının sağlandığı radyoterapide uygulanan tedavi tekniklerinden bir tanesidir (18). Tedavi süresi boyunca gantri hızı, doz hızı ve çok yapraklı kolimatör pozisyonu ve hızı değişim göstermektedir.

Holt ve arkadaşlarının 2013 yılında yaptığı 'Multi-institutional comparison of volumetric modulated arc therapy vs. intensity-modulated radiation therapy for head-and-neck cancer: a planning study' konulu çalışmada VMAT tekniği YART tekniği ile karşılaştırılmış olup kritik organlarda daha iyi koruma olduğu, hedef hacmin (PTV) daha iyi kapsandığı ve hasta tedavi süresinde ise %35-60 oranında kısalma olduğu gözlemlenmiştir (5).

Lalya ve arkadaşlarının 2017 yılında yaptığı 'Radiotherapy of nasopharyngeal cancer using Rapidarc: dosimetric study of military teaching hospital Mohamed V, Morocco' başlıklı çalışmada ise nazofarenks kanseri tedavisinde VMAT tekniğinin daha iyi bir hedef (PTV) sınırlarının olduğu, sinir yapılarının ve tükürük bezlerinin daha iyi korunabildiği bulgulanmıştır (4).

2.6.4.1. Jaw tracking

Jaw tracking tekniği, tedavinin uygulandığı açıklığı takip eden lifler arasındaki saçılmayı azaltarak alan kenar dozlarını düşüren bir sistemdir. Lineer hızlandırıcılar tarafından desteklenen jaw tracking tekniği lifler arasındaki radyasyon sızıntısını ve radyasyon geçirgenliğini en aza indirir.



Şekil 2.3. Jaw Tracking Sistemi

Kaynak: Wu-Zhe Zhang, Jia-Yang Lu, Jian-Zhou Chen, Tian-Tian Zhai, Bao-Tian Huang, De Rui Li, Chuang-Zhen Chen, A dosimetric study of using fixed-jaw volumetric modulated arc therapy for the treatment of nasopharyngeal carcinoma with cervical lymph node metastasis, Plos One, Cilt:11, Sayı:5, Mayıs, 2016

Şekil 2.3’de bulunan c gösteriminde geniş alanlı VMAT plan yer almaktadır. Geniş alanlı volümetrik ark terapide MLC hareketinin jaw genişlikleri 22-25 cm aralığındadır. D gösteriminde ise sabit jaw’lı VMAT plan gösterilmektedir. Şekilde yer alan kırmızı daire MLC’nin mekanik limiti olan 15 cm’yi göstermektedir.

Baş boyun ve prostat hastalarında uygulanan dinamik YART ve VMAT tekniklerinde uygulanan jaw tracking’in dozimetrik olarak faydası çalışmalarda gösterilmiştir. Bu çalışmalarda yeni nesil lineer hızlandırıcılarının desteklediği jaw tracking tekniği çoklu yapraklı kolimatörlerdeki sızıntı ve iletimi azaltarak hedefe yakın kritik organlardaki dozu düşürdüğü gözlemlenmiştir (19) (20).

Yapılan çalışmalar da Jaw tracking tekniğinin kullanımıyla lens, göz, beyin sapı, omurilik ve sağ optik sinir gibi kritik organların aldığı dozlarda azalma olduğu bulgulanmıştır (21).

2.6.4.2. Sabit jaw (fixed jaw) ve geniş alanda yaprak sınırı (large field leaf span)

Nazofarenks kanserinde PTV düzensiz şekilli olup karakteristik olarak geniş bir skala aralığındadır. Geleneksel VMAT'ta alan boyutu tipik olarak tüm PTV bölgesini kapsayacak şekilde lateral kesit doğrultusunda 20-25 cm'dir. MLC lif aralığının en fazla 15 cm olmasından dolayı Varian tipi lineer hızlandırıcılarındaki MLC'ler mekanik olarak sınırlamayla karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu doğrultuda eğer x yönündeki kolimatör genişliği 15 cm'den büyük ise MLC modülasyon seviyesi azaltılmalıdır. Modülasyon seviyesinin azaltılması göreceli olarak yeterli olmayan hedef dozu dağılımı ve aynı şekilde yeterli olmayan kritik organ korumasına neden olmaktadır. Eğer yüksek modülasyon isteniyorsa x yönündeki kolimatörler 15 cm'de küçük veya eşit olmalıdır (22) (23). Böylece yeterli hedef dozu dağılımı ve kritik organ korunumu sağlanmaktadır. Dolayısıyla sabit alan VMAT kullanımı (yani kolimatörlerin x yönündeki genişliğinin $x \leq 15$ olması) geniş alanlı VMAT kullanımına göre (yani kolimatörlerin x yönündeki genişliğinin $x > 15$ olması) PTV'nin tam olarak kapsanmasında ve kritik organların korunmasında daha üstün bir kullanım olanağı sunmaktadır (24).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araç ve Gereçler

Bu çalışma Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü'nde yapılmış olup Acıbadem Maslak Hastanesi'nde bulunan bilgisayarlı tomografi (BT) görüntü modaliteleri, Eclipse™ tedavi planlama sistemi (TPS), IBM SPSS versiyon 23 istatistik programı, Milenium MLC için TrueBeam Linak modeli ve HDMLC için TrueBeam STx Linac modeli kullanılmıştır.

3.1.1. Bilgisayarlı tomografi (BT)

Bilgisayarlı tomografi x ışınlarını kullanarak kesitsel görüntüleme sağlayan bir cihazdır. Röntgen tüpü ve dedektörlerin hasta etrafında döndürülmesi ile kesitsel görüntüler elde edilir. 2-boyutlu kesitsel görüntüler bir araya getirilerek hastanın 3-boyutlu görüntüsü elde edilir (25).

Bu çalışmada Siemens tarafından çift kaynaklı bilgisayarlı tomografi (BT-DSCT) teknolojisi ile geliştirilmiş Siemens marka Somatom Force model BT cihazı kullanılmıştır. Somatom Force model cihaz daha düşük radyasyon dozunda daha hızlı tarama yapmaya olanak sağlar. Bu cihaz çift kaynaklı BT teknolojisi ile geliştirilmiş olup iki vektör X- ışını tüpü ve dedektörlerden oluşmaktadır. Cihazın gantri genişliği 78 cm'dir. Vektör X ışın tüpü 70 ile 150 kv aralığında değişebilen enerjiye ve 120 kW güce sahiptir (26).



Şekil 3.1. Siemens Somatom Force BT Cihazı

Kaynak: Siemens Somatom Definition Flash El Kitabı, Siemens Healthcare GmbH, Almanya, 2016, s.5

3.1.2. Tedavi planlama sistemi (TPS)

EclipseTM TPS elektron, foton, FFF (Flattening Filter Free) ışınları, proton, brakiterapi gibi radyasyon ve kullanım ünitelerini destekleyen ve kişilerin kullanımına sunan tedavi planlama sistemidir.

Bu çalışmada ‘EclipseTM versiyon 13.6’ yazılımı kullanılmıştır. MRG, PET gibi görüntüler yardımcı görüntü olarak kullanılarak BT görüntüleri üzerinden planlama yapılabilmektedir. Tedavi planlama sisteminde 3-boyutlu konformal radyoterapi (3BKRT), brakiterapi ve yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) gibi tedavi teknikleri planlanabilmektedir (27).

3.1.3. VarianTruebeam lineer hızlandırıcı

VarianTruebeam lineer hızlandırıcı cihazında 6 MV, 6 FFF MV, 10 MV ve 10 FFF MV foton enerjileri, 6-9 ve 12 MeV elektron enerjileri bulunmaktadır. Foton enerjilerin için doz hızı aralığı 6-10 MV için 100-600 MU/dk, 6-10 FFF MV enerjileri için 1400-2400 MU/dk'dır.

VarianTruebeam cihazı Milenium MLC'ye sahiptir. Milenium MLC'de iç kısımda 0.5 cm, dış kısımda 1 cm olmak üzere 120 adet lif bulunmaktadır. Alan boyutları kaynak cilt mesafesi (SSD) 100 cm'de maksimum 40x40 cm²'dir.

Varian Truebeam STx cihazı HD MLC özelliğine sahiptir. HD MLC'de iç kısımda 0.25 cm, dış kısımda 0.5 cm olmak üzere 120 adet lif bulunmaktadır. Alan boyutları SSD 100 cm'de maksimum 40x22 cm²'dir (27).

Bu cihazda 3-Boyutlu Konformal Radyoterapi (3-BKRT), Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (IMRT), Görüntü Eşliğinde Radyoterapi (IGRT), Hacimsel Ayarlı Ark Terapi (VMAT), Stereotaktik Radyocerrahi (SRS), Stereotaktik Beden Radyoterapisi (SBRT), Adaptif Radyoterapi tedavi yöntemleri yapılabilmektedir. Truebeam lineer hızlandırıcı ile kurulum (set-up) doğruluğunu arttırmak için kV, MV ve CBCT görüntüleri alınabilir. TruebeamSTx cihazının 6 boyutlu masayla birlikte kullanılması SRS ve SBRT tedavilerinin daha kolay olmasını sağlamakla birlikte hasta için daha konforlu şekilde uygulanmasına olanak sağlamaktadır.



Şekil 3.2. Varian Truebeam Radyoterapi Cihazı

Kaynak: Varian Medical System Inc. Eclipse Treatment Planning System. [Çevrimiçi] 2008; [Alıntı Tarihi: 22.08.2018.] <https://www.varian.com/oncology/products/software/treatment-planning/eclipse-treatment-planning-system>.

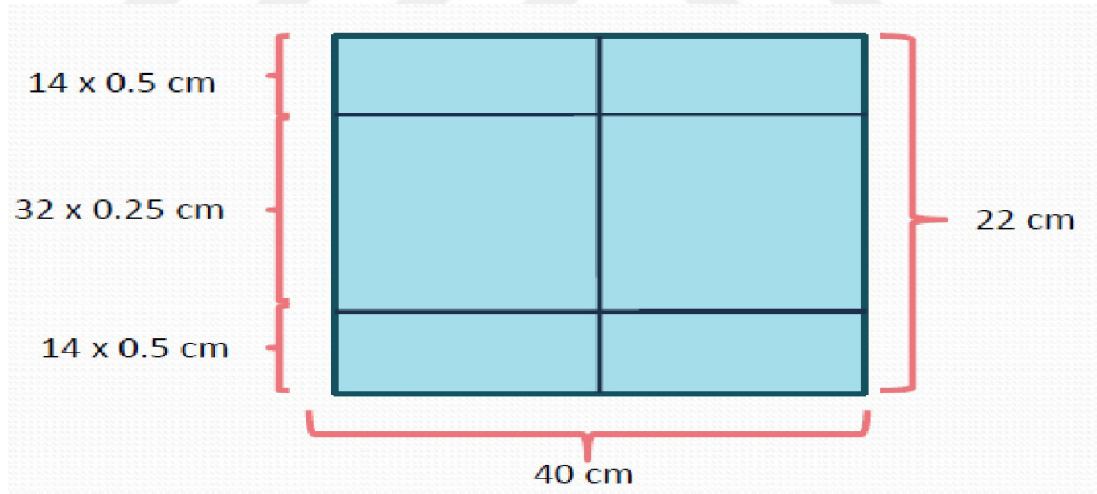
3.1.4. Yüksek çözünürlüklü çok yapraklı kolimatör (high definition multileaf collimator-HDMLC)

Varian TrueBeam STx lineer hızlandırıcı 120 yapraklı yüksek çözünürlüklü çok yapraklı kolimatöre (HDMLC-high definition multileaf collimator) sahiptir. En içteki 32 tungsten yaprak çifti 2.5 mm genişliğinde ve 28 dış yaprak çifti ise 5 mm genişliğindedir (Şekil 3.4). Milenium MLC'lerde kullanılan girinti ve çıkıntı (tongue and groove), yaprak kenarı bu cihazların güncellenmiş versiyonu olan HDMLC'lerde de aynı tasarımda kullanılmaktadır. Milenium MLC'nin eğrilik yarıçapı 8 cm olup HDMLC'nin eğrilik yarıçapı 16 cm'dir. HDMLC kullanılarak 40 cm genişliğinde ve 22 cm uzunluğunda düzensiz şekilli alanlar oluşturulabilmektedir (28).



Şekil 3.3. Varian Truebeam STx Lineer Hızlandırıcı Cihazı HDMLC

Kaynak: Güneyli O. Prostat Kanseri Hastalarda Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi Uygulamasında Flattening Filter Kullanılan ve Kullanılmayan Planların Karşılaştırılması, Acıbadem Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı Radyasyon Fiziği Yüksek Lisans Programı Yayınlanmış Tezi, İstanbul, 2013 (Prof. Dr. M.Garipağaoğlu)



Şekil 3.4. Varian Truebeam STx Lineer Hızlandırıcı Cihazı HDMLC Boyutları

Kaynak: Güneyli O. Prostat Kanseri Hastalarda Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi Uygulamasında Flattening Filter Kullanılan ve Kullanılmayan Planların Karşılaştırılması, Acıbadem Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı Radyasyon Fiziği Yüksek Lisans Programı Yayınlanmış Tezi, İstanbul, 2013 (Prof. Dr. M.Garipağaoğlu)

3.1.5. İstatistiki yöntem

SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) temel ve ileri düzeyde istatistiksel analiz yapmaya imkân sağlayan bir bilgisayar programıdır.

SPSS sıklıkla Eğitim Bilimleri, Sağlık Bilimleri, Fen Bilimleri, Sosyal Bilimler başta olmak üzere ayrıca kurum ve kuruluşlar tarafından pazar araştırması yapmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, verilerin istatistiksel analizi için SPSS versiyon 23 kullanılmış, veriler arası karşılaştırmalar Friedman testi ile yapılmıştır.

3.1.5.1. Friedman testi

Hipotez testleri parametrik ve parametrik olmayan testler şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Kullanım alanları sınırlı olan parametrik testlerin yerine parametrik olmayan teknikler geliştirilmiştir. Parametrik testler ana kütle dağılımları hakkında varsayımlara dayanmanın yanında örnek sayısının (n) belli bir büyüklükte ($n \geq 30$) olmasını gerektirmektedir. Buna karşılık parametrik olmayan teknikler ana kütle dağılımları hakkında belirli bir varsayıma dayanmadıkları ve küçük örneklere de uygulanabilmeleri sebebiyle araştırmalarda önemli ve geniş bir kullanım alanına sahiptirler (29).

Çalışmamızda kullandığımız Friedman testi parametrik olmayan testler arasında yer almaktadır. Friedman testi örneklerin normal dağıldığı varsayımında bulunmaması ve örnek sayısının 30'dan küçük olduğu ($n < 30$) analizlerde kullanılmasına imkan sağladığı için çalışmamızda tercih edilmiştir.

Friedman testinde iki faktör yer almakta olup bu iki hipotezi test etmek amacıyla satırlar kendi içinde sütunlar kendi içinde olmak üzere sıralanır ve aşağıdaki hipotezlere göre test edilir (29).

1. H_0 ; Sütunlar arası fark yoktur. (1. Faktör etkisiz)
 H_1 ; Sütunlar arası fark vardır. (1. Faktör etkili)

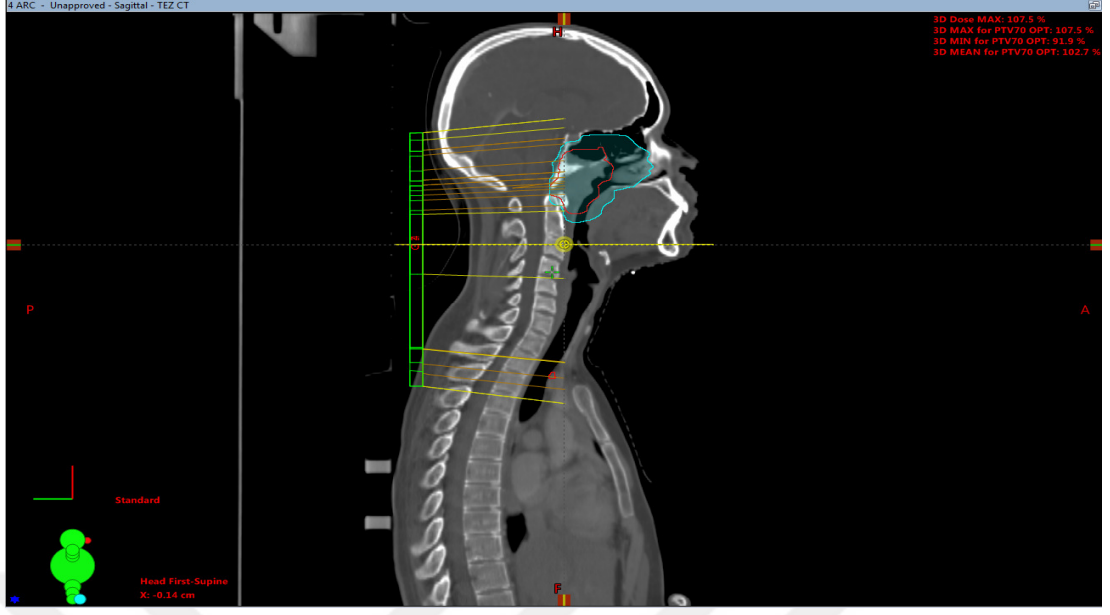
2. H_0 ; Sütunlar arası fark yoktur. (2. Faktör etkisiz)
 H_1 ; Sütunlar arası fark vardır. (2. Faktör etkili)

3.2. Yöntem

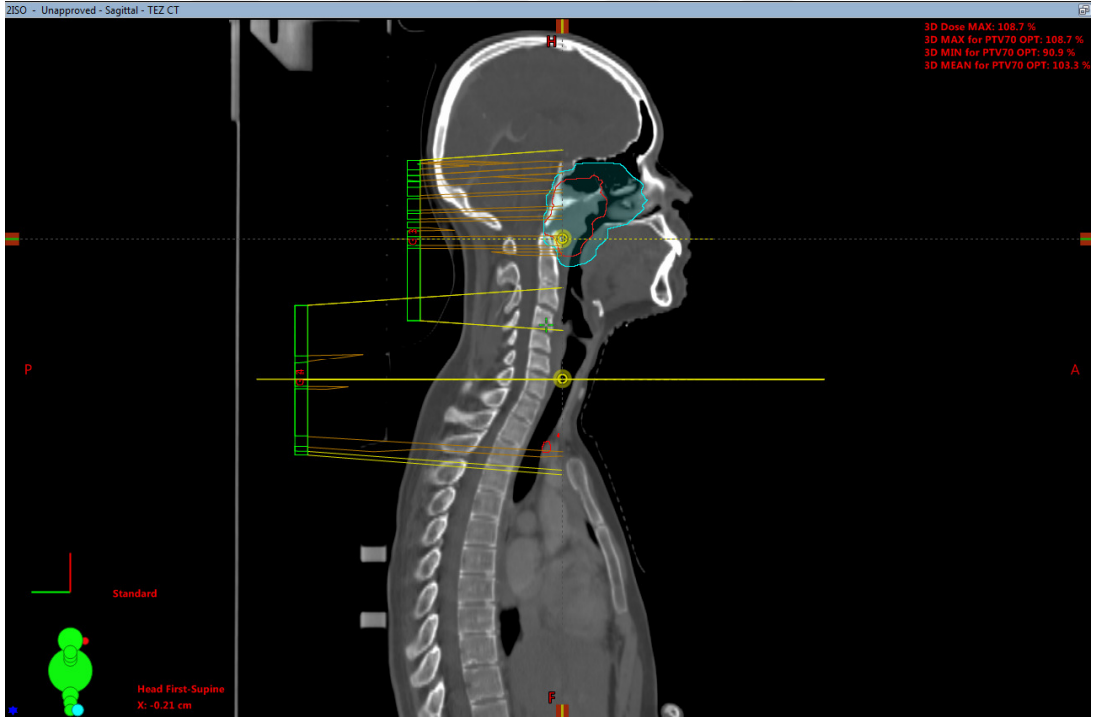
3.2.1. Hastaların seçimi

Bu çalışma, Acıbadem Maslak Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Bölümü'nde yapılmıştır. Araştırma kapsamında, 2009-2017 yılları arasında nazofarenks kanseri tanısı ile tedavi görmüş olan hastalar içinden, nazofarenks kanseri tanısı yanında lenf nodu tutulumu bulunan ve tümör boyutu 22 cm'den büyük ($x > 22$ cm) olan hastalar içinden 11 hasta örnekleme seçilmiştir. Hasta örnekleme belirlendikten sonra seçilen hastaların mevcut tomografileri kullanılarak Varian Eclipse™ 13.6 planlama sistemi yardımıyla tek ve çift izomerkezli planları yapılmış olup bu planlar dozimetrik olarak karşılaştırılmıştır.

Tek ve çift izomerkezli planlar yapılırken hastalara uygulanan fraksiyon dozu, fraksiyon sayısı ve doz değerlerini gösteren doz şeması aşağı yer alan tablo 3.1'de verilmiştir. Şekil 3.5'de tek izomerkez gösterimi ve şekil 3.6'da çift izomerkez gösterimi yer almaktadır.



Şekil 3.5. Tek İzomerkez Sagittal Gösterimi



Şekil 3.6. Çift İzomerkez Sagittal Gösterimi

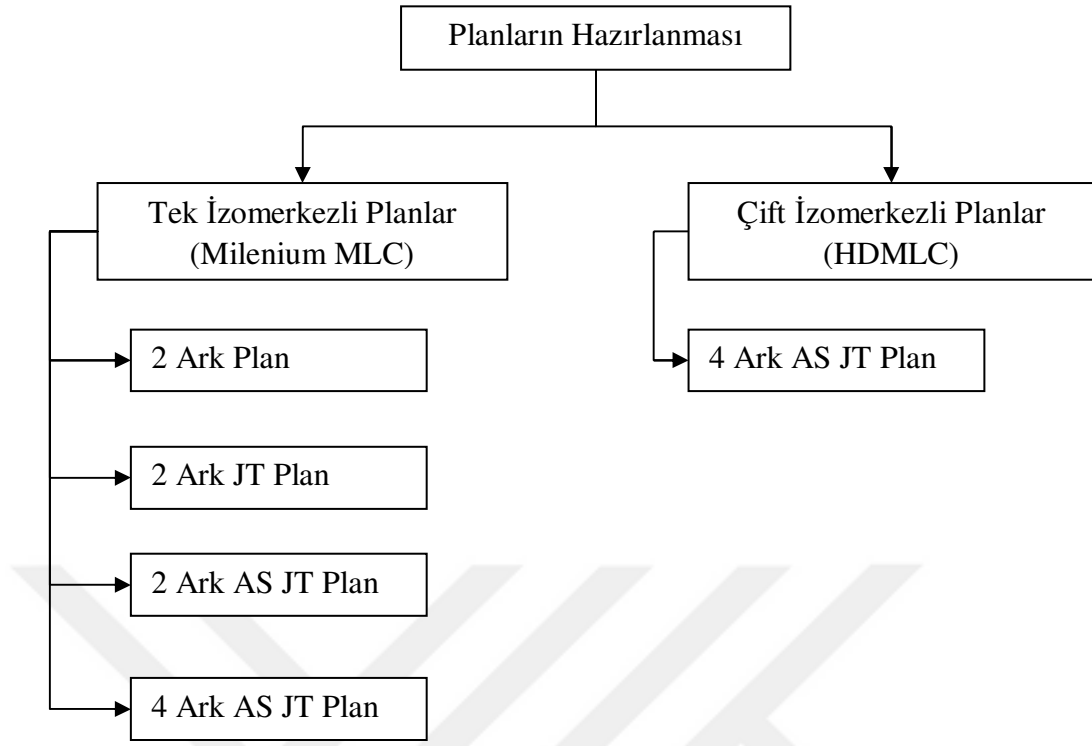
Tablo 3.1. Planlarda Uygulanan Doz Şeması

Doz Tanımlaması		
Fraksiyon Dozu	Fraksiyon Sayısı	Doz
170	33	56 Gy
182		60 Gy
212		70 Gy

3.2.2. Tedavi planlama sisteminde planların hazırlanması

Bu çalışmada tedavi planlama sisteminde tek ve çift izomerkezli planlar yapılmıştır. Tek ve çift izomerkezli planlar yapılırken tedavi planlama aşamasında 6 MV enerji kullanılmış olup maksimum doz hızı olan 600 MU/dk seçilmiş ve her plan için kolimatör açısı 10° ve hedef marjin 0.5 cm olarak ayarlanmıştır. Planların doz hesaplaması için Anisotropic Analytical Algorithm (AAA) yazılımının 13.6.23 versiyonu kullanılmıştır. Planların optimizasyonu sırasında hedefe istenilen dozu verebilmek ve kritik organ dozlarını olabildiğince en düşük seviyede tutabilmek için gerekli doz değerleri girilmiş ve ayarlamalar yapılarak optimizasyonda en iyi plan elde edilmeye çalışılmıştır. Planlar hedef hacmin %100'nün tanımlanan dozun %95'ini alacak şekilde normalize edilmiştir.

Çalışmamız temel olarak iki aşamadan oluşmakta olup; çalışmamızın ilk aşamasında Varian Trubeam cihazı kullanılarak VMAT planlama tekniği ile birlikte tek izomerkezli 4 farklı plan yapılmıştır. Çalışmamızın ikinci aşamasında da ise Varian Truebeam STX cihazı kullanılarak VMAT planlama tekniği ile çift izomerkezli plan yapılmıştır.



Şekil 3.7. Hastalara Uygulanan Planların Şematiği

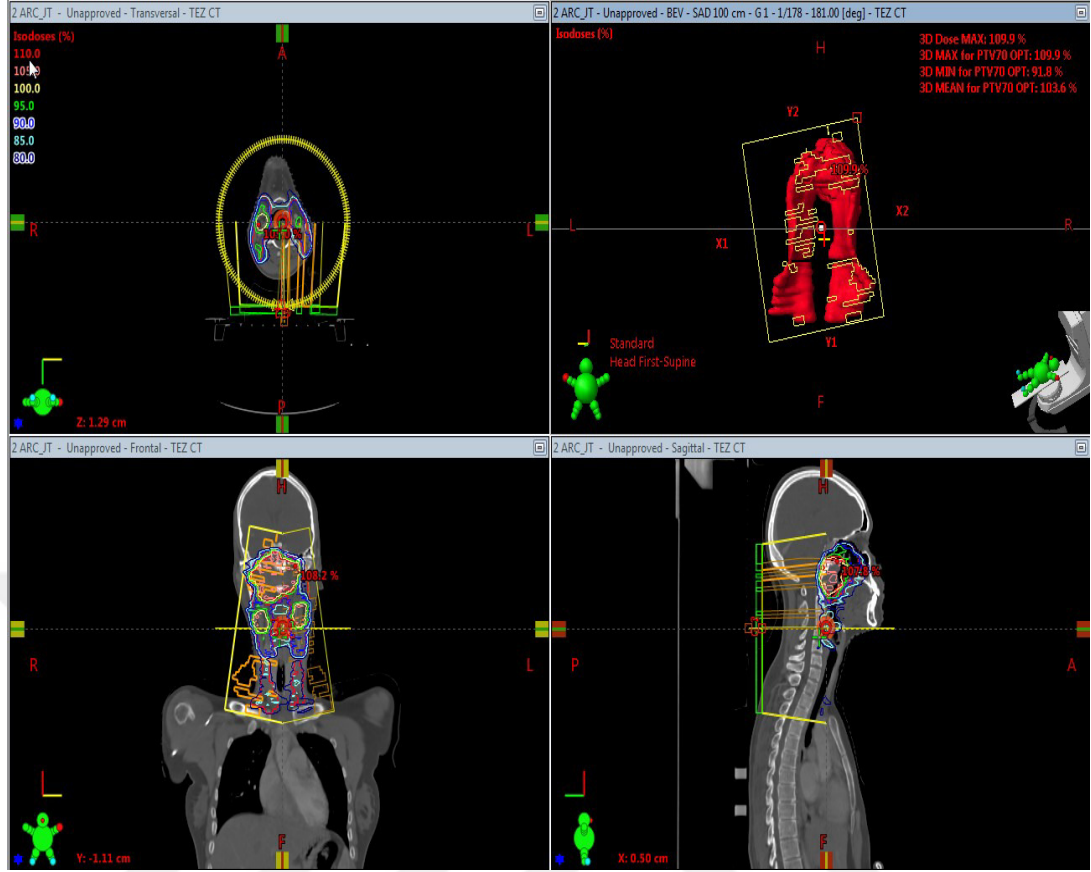
3.2.2.1. Birinci aşama; tek izomerkezli planlar

- Birinci Plan: Her hasta için 2 ark kullanılarak tek izomerkezli planlar yapılmıştır. Birinci ark yönü, saat yönünde 181 dereceden 179 dereceye kadardır. İkinci ark yönü saat yönünün tersinde 179 dereceden 181 dereceye kadardır.



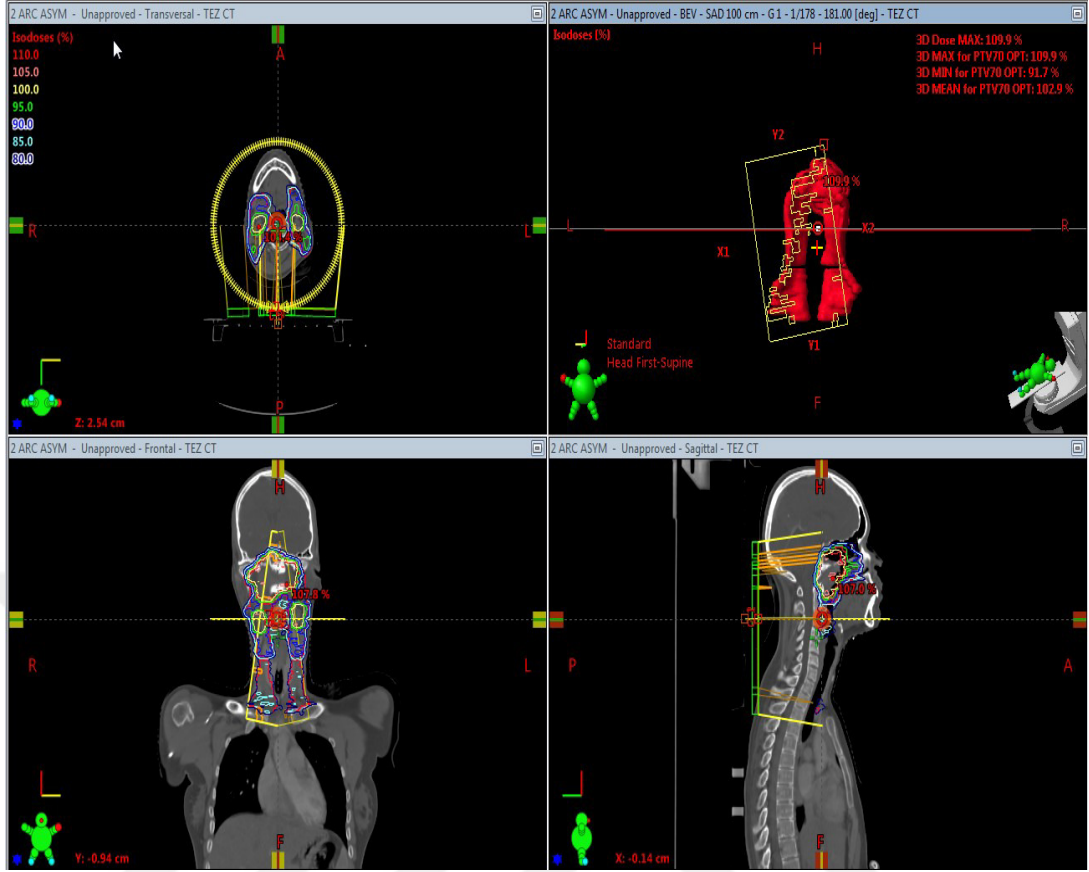
Şekil 3.8. 2 Ark'lı Tek İzomerkezli Plan Gösterimi

- İkinci Plan: Her hasta için 2 ark ve JT tekniği kullanılarak tek izomerkezli planlar yapılmış ve arkların yönü birinci ark için saat yönünde 181 dereceden 179 dereceye kadardır. İkinci ark yönü ise saat yönünün tersinde 179 dereceden 181 derece olacak şekilde ayarlanmıştır.



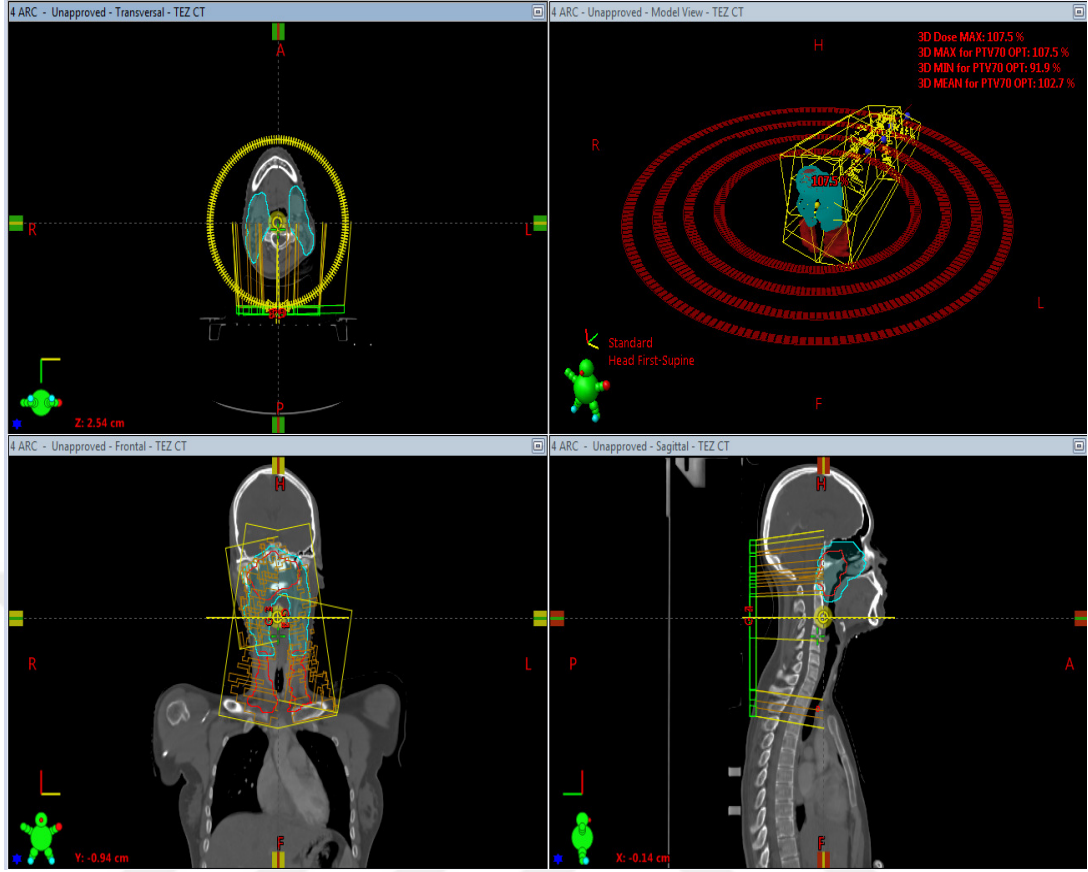
Şekil 3.9. 2 Ark'lı Tek İzomerkezli JT Tekniği Kullanılan Plan Gösterimi

- Üçüncü Plan: Her hasta için 2 ark ve JT tekniği kullanılarak tek izomerkezli planlar yapılmıştır. Planlarda asimetrik alanlar kullanılmış ve arkların yönü birinci ark için saat yönünde 181 dereceden 179 dereceye kadardır. İkinci ark yönü ise saat yönünün tersinde 179 dereceden 181 dereceye kadardır.



Şekil 3.10. 2 Ark'lı Tek İzomerkezli JT Tekniği ve Asimetrik Alan Kullanılan Plan Gösterimi

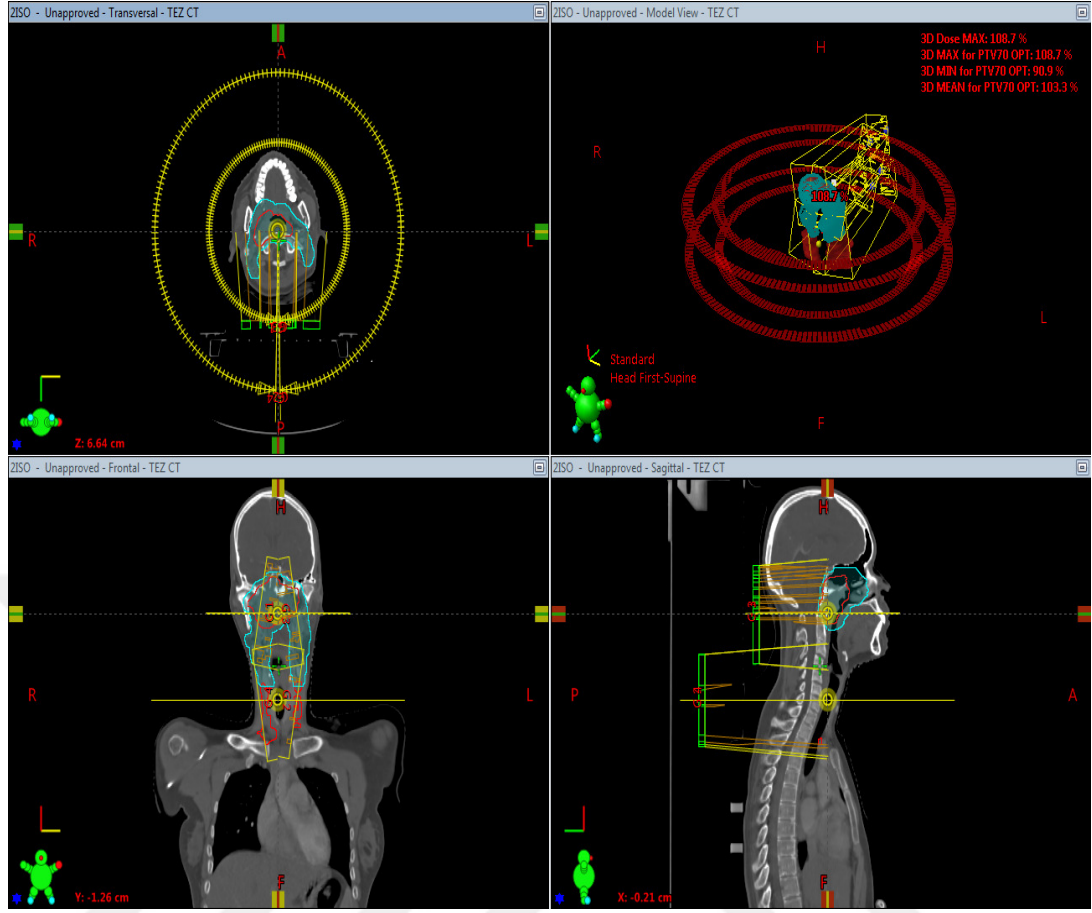
- Dördüncü Plan: Her hasta için 4 ark ve JT tekniği kullanılarak tek izomerkezli planlar yapılmıştır. Planlarda asimetrik alanlar kullanılmış olup arkların yönü birinci ark için saat yönünde 181 dereceden 179 dereceye kadardır ve kolimatör açısı 10°'dir. İkinci ark yönü, saat yönünün tersinde 179 dereceden 181 dereceye kadardır ve kolimatör açısı 350°'dir. Üçüncü ark yönü, saat yönünde 181 dereceden 179 dereceye kadardır ve kolimatör açısı 80°'dir. Dördüncü ark yönü ise saat yönünün tersinde 179 dereceden 181 dereceye kadardır ve kolimatör açısı ise 100° olacak şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 3.11. 4 Ark'lı Tek İzomerkezli JT Tekniği ve Asimetrik Alan Kullanılan Plan Gösterimi

3.2.2.2. İkinci aşama; çift izomerkezli planlar

- Planlarda hedef sarımının daha iyi olmasından dolayı 4 ark seçilmiş olup arkların yönü, birinci ark için saat yönünde 181 dereceden 179 dereceye kadardır ve kolimatör açısı 10°'dir. İkinci ark yönü, saat yönünün tersinde 179 dereceden 181 dereceye kadardır ve kolimatör açısı 10°'dir. Üçüncü ark yönü, saat yönünün tersine 179 dereceden 181 dereceye kadardır ve kolimatör açısı 350°'dir. Dördüncü ark yönü ise saat yönünde 181 dereceden 179 dereceye kadardır ve kolimatör açısı 350° olacak şekilde ayarlanmıştır. Çift izomerkezli planlarda asimetrik alanlar ve JT tekniği kullanılmıştır.



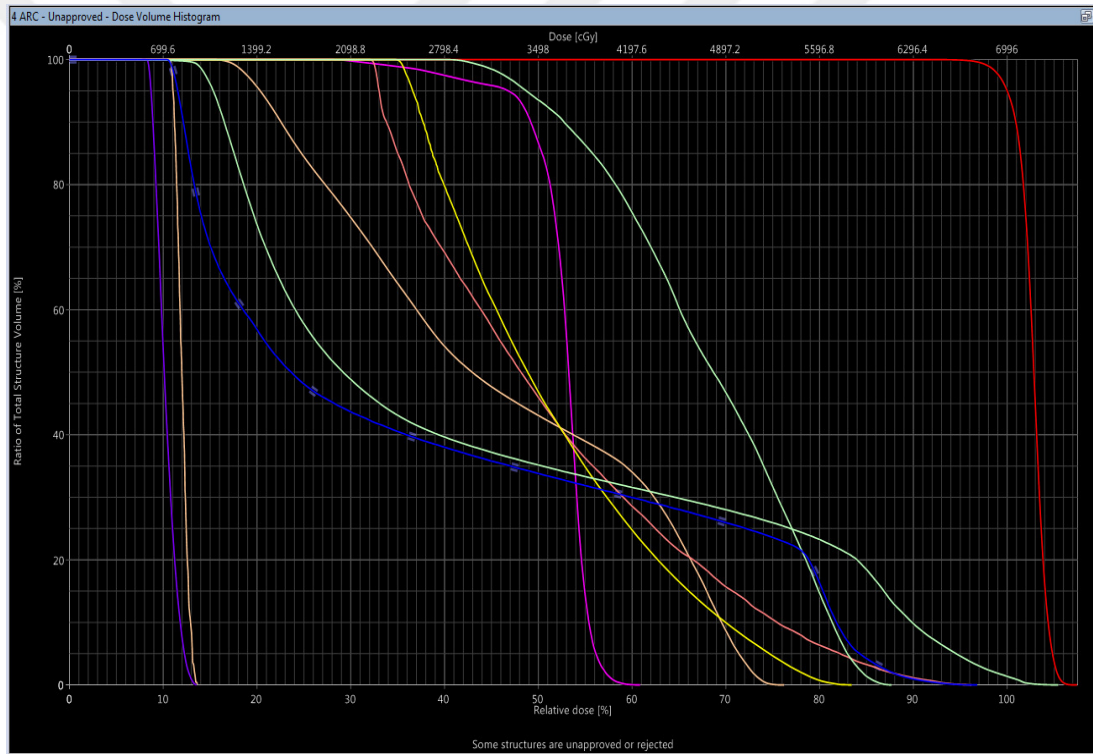
Şekil 3.12. 4 Ark'lı Çift İzomerkezli JT Tekniği ve Asimetrik Alan Kullanılan Plan Gösterimi

3.2.3. Planların değerlendirilmesi

Bu çalışmada yapılan planlar RTOG-0615 protokolüne göre değerlendirilmiştir. Kritik organların doz değerleri planlama sisteminden elde edilmiştir.

Tablo 3.2. RTOG-0615 Protokolü Kritik Organların Tolerans Dozu

Kritik Organ	Tolerans Dozu
Beyin Sapı	Dmaks < 54 Gy
Beyin Sapı PRV	V60 < %1
Kohlea	V55 < %5
Kiazma	Dmaks < 50 Gy
Spinal Kord	Dmaks < 45 Gy
Spinal Kord PRV	V50 < %1
Lens	Dmaks < 25 Gy
Larenks	Dort<45 Gy
Optik Sinir	Dmaks<50 Gy
Özefagus	Dort<54 Gy



Şekil 3.13. TPS’de Hesaplanan Planların Kritik Organ Dozlarının DVH Görüntüsü

RTOG-0615 protokolüne göre PTV hacimleri none ve minör kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Buna ek olarak PTV ile kesişen parotis hacmi TPS yardımıyla hesaplanmış ve kesişim ile PTV60 arasında ki ilişkinin varlığı aranmıştır.

Tablo 3.3. RTOG-0615 Protokolü PTV Hacimlerinin None ve Minör Değerleri

	NONE	MİNÖR
PTV70	$V_{70} > 95\%$	$V_{70} > 95\%$
	$V_{65.1} > 99\%$	$V_{65.1} > 97\%$
	$V_{77} < 20\%$	$V_{77} < 40\%$
	$V_{80} < 5\%$	$V_{80} < 20\%$
	Dort < 74 Gy	Dort < 76 Gy
PTV60	$V_{60} > 95\%$	$V_{56} > 95\%$
	$V_{56} > 99\%$	-
	$V_{77} < 20\%$	$V_{77} < 40\%$
	$V_{80} < 5\%$	$V_{80} < 20\%$
PTV56	$V_{56} > 95\%$	$V_{52} > 95\%$
	$V_{52} > 99\%$	-
	$V_{68} < 20\%$	$V_{68} < 40\%$
	$V_{71} < 5\%$	$V_{71} < 20\%$

Planlarında hedef hacim dozları (CTV,PTV) değerlendirilmesi yapılırken ICRU-62'nin önermiş olduğu Konformite İndeks (CI) tanımlaması kullanılır. Konformite indeks tedavi edilen volümün planlanan hedef volüme oranı olarak tanımlanır. İdeal doz dağılımında bu oran 1 olmalıdır. Pratikte bu oranın 1 olması mümkün olmayabilir. RTOG yayınları konformite indeks değerini planın uygunluk derecesini belirlemede kullanılır. Konformite indeksi 1'e yakın olan planlar kabul edilebilir. Konformite indeksin 1'den büyük olması ışınlanan hacmin hedef hacimden büyük olduğu anlamındadır. Konformite indeksin 1'den küçük olması hedef hacmin kısmen ışınlandığı anlamına gelmektedir (30). Çalışmamızda planlar değerlendirilirken PTV56, PTV60 ve PTV70 için konformite indeks değerleri incelenmiştir.

$$CI = \frac{TV}{PTV} \quad \text{formülüyle tanımlanır.}$$

4. BULGULAR

4.1. Farklı Tedavi Tekniklerinde Kritik Organ Dozları

4.1.1. Sağ parotis için ortalama doz değerleri (D_{ort})

Beş ayrı planlama tekniği için sağ parotisin aldığı ortalama doz değerleri karşılaştırılmıştır.

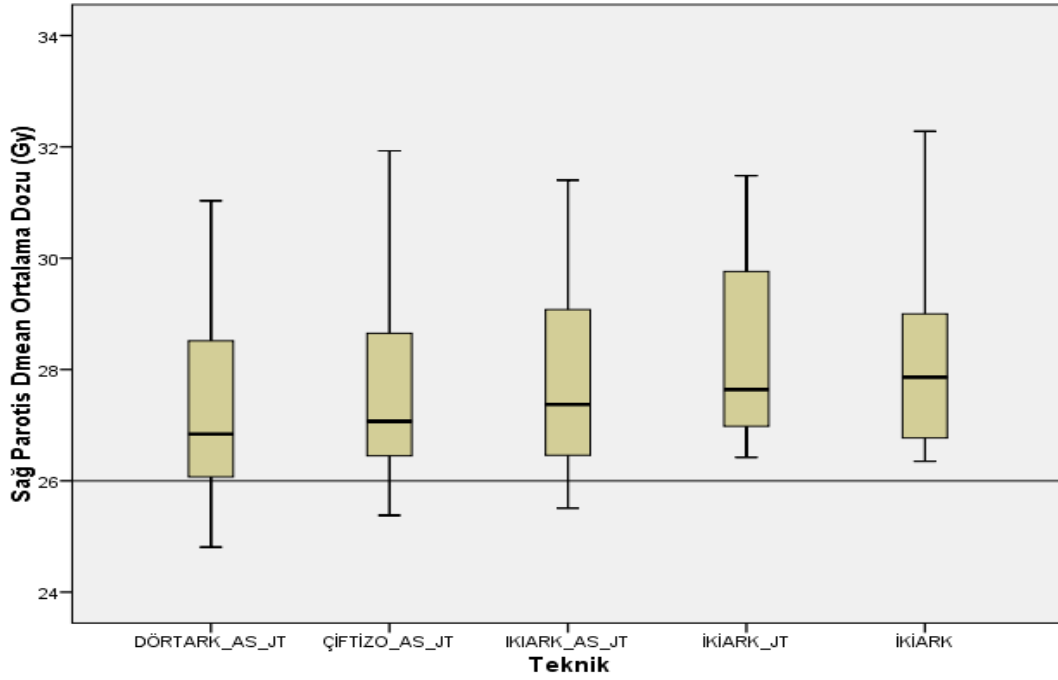
Farklı planlama teknikleri için sağ parotis'in aldığı ortalama doz değerlerinin maksimum (maks), minimum (min), ortalama (ort) ve standart sapma değerleri tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Sağ Parotis'in Farklı Tedavi Tekniklerinde Aldığı Ortalama Dozların Tanımsal İstatistik Değerleri

Tedavi Tekniği	Hasta Sayısı	Min ve Maks Değer (Gy)	Ortalama Değer (Gy)	Standart Sapma
İKİ ARK	11	26.35 - 32.28	28.28	1.96
İKİ ARK-JT	11	26.42 - 31.48	28.46	1.89
İKİ ARK-AS-JT	11	25.51 - 31.40	27.89	1.94
DÖRT ARK-AS-JT	11	24.81 - 31.03	27.39	1.95
ÇİFTİZO-AS-JT	11	25.38 - 31.93	27.73	1.96

Tablo 4.1 görüldüğü gibi sağ parotisin aldığı ortalama doz değerleri 24.81 Gy ile 32.28 Gy arasında değişmektedir. En düşük doz değeri dört ark asimetrik JT tekniğinde çıkarken en yüksek doz değeri ise iki arklı tedavi tekniğinde çıkmaktadır.

Grafik 4.1. Sağ Parotis için Farklı Tedavi Tekniklerindeki Ortalama Dozu



Grafik 4.1’de görüldüğü gibi tedavi teknikleri arasında Dört ark AS JT tekniğinin uygulanmasıyla elde edilen doz dağılım değerlerinin medyan değeri kritik değer olan 26 Gy değerine en yakın doz dağılım değerini vermektedir.

Tablo 4.2. Sağ Parotis için Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi

H₀ Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.000

Tablo 4.3. Sağ Parotis için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi

İkili İlişkiler	p değeri
Çiftizo AS JT ile İki ark AS JT	1.000
Dört ark AS JT ile Çiftizo AS JT	0.591

Sağ Parotis için uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testinin sonucu tablo 4.2'de gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.00 çıkmıştır. Buna göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için (p-değeri $<\alpha$) sağ parotis için uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birisinin dağılımı ile diğer tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Friedman testi sonucu uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birinin dağılımının farklı olduğu tespit edildikten sonra hangi tedavi tekniğinin dağılımının diğerinden farklı olduğu ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.3'de verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p-değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için Çiftizo AS JT ile İki ark AS JT tedavi tekniği ve Dört ark AS JT ile Çiftizo AS JT arasından anlamlı bir fark bulunmadığı görülmektedir

4.1.2. Sol parotis için ortalama doz değerleri (D_{ort})

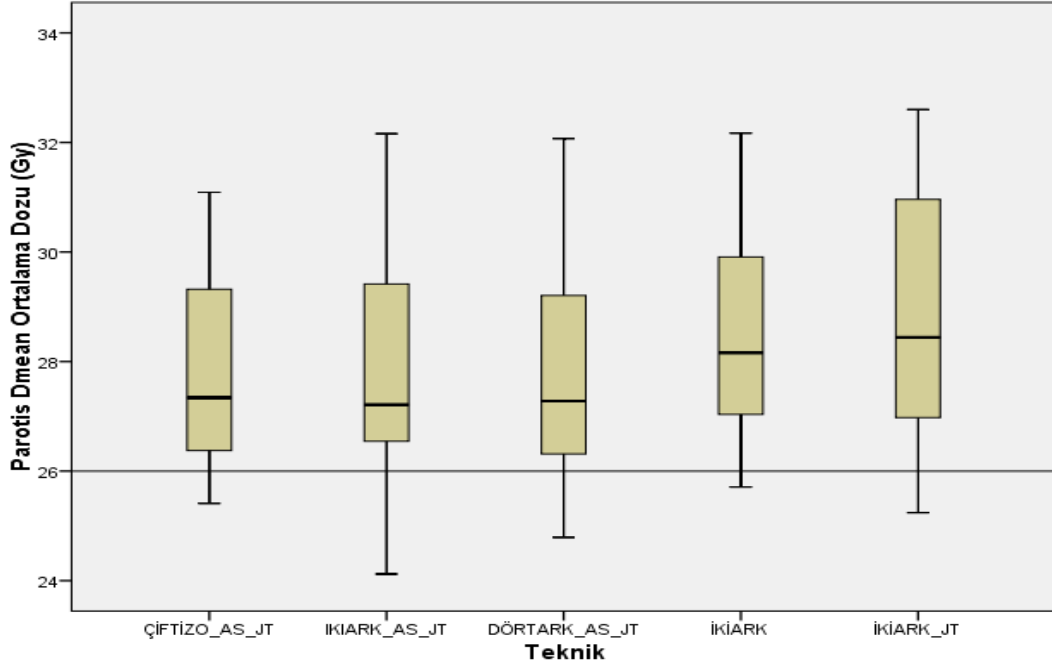
Farklı planlama teknikleri için sol parotis'in aldığı ortalama doz değerlerinin maksimum (maks), minimum (min), ortalama (ort) ve standart sapma değerleri tablo 4.4'de gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Sol Parotis'in Farklı Tedavi Tekniklerinde Aldığı Ortalama Dozların Tanımsal İstatistik Değerleri

Tedavi Tekniği	Hasta Sayısı	Min ve Maks Değer (Gy)	Ortalama Değer (Gy)	Standart Sapma
İKİ ARK	11	25.71 - 32.17	28.62	2.24
İKİ ARK-JT	11	25.24 - 32.60	28.85	2.61
İKİ ARK-AS-JT	11	24.12 - 32.16	27.98	2.49
DÖRT ARK-AS-JT	11	24.79 - 32.07	27.92	2.31
ÇİFTİZO-AS-JT	11	25.41 - 31.09	27.91	2.09

Tablo 4.4'te görüldüğü gibi sol parotisin aldığı ortalama doz değerleri 24.12 Gy ile 32.60 Gy arasında değişmektedir. En düşük doz değeri iki ark AS JT tekniğinde çıkarken en yüksek doz değeri ise iki ark JT'li tedavi tekniğinde çıkmaktadır.

Grafik 4.2. Sol Parotis için Farklı Tedavi Tekniklerindeki Ortalama Dozu



Grafik 4.2' de görüldüğü üzere tedavi teknikleri arasında Çiftizo AS JT, İki ark AS JT ve Dört ark AS JT'nin medyan değerleri birbirine yakın iken İki ark ve İki ark JT tekniklerinin medyan değerleri farklılık göstermiştir.

Tablo 4.5. Sol Parotis için Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi

H₀ Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.000

Tablo 4.6. Sol Parotis için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi

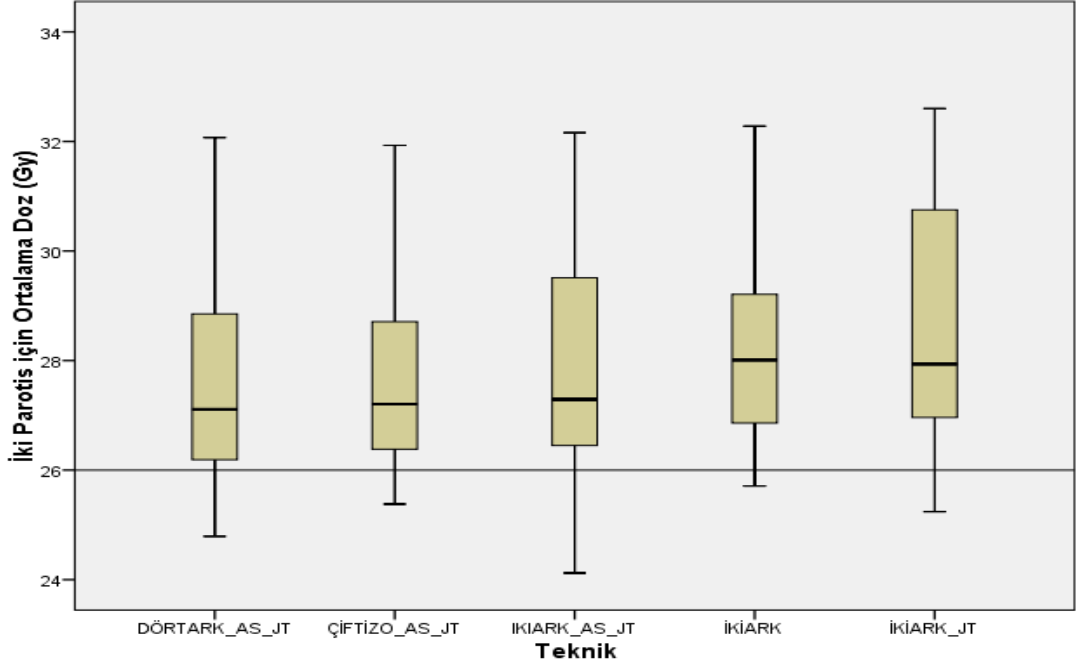
İkili İlişkiler	p değeri
Dört ark AS JT ile Çiftizo AS JT	1.000
Dört ark AS JT ile İki ark AS JT	1.000
Çiftizo AS JT ile İki ark AS JT	1.000

Sol Parotis için uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testinin sonucu tablo 4.5’de gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.00 çıkmıştır. Buna göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için (p-değeri $<\alpha$) sol parotis için uygulanan İkiark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birisinin dağılımı arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Friedman testi sonucu uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birinin dağılımının farklı olduğu tespit edildikten sonra hangi tedavi tekniğinin dağılımının diğerinden farklı olduğu ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.6’da verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p-değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için Dört ark AS JT ile Çiftizo AS JT tedavi tekniği, Dört ark AS JT ile İki ark AS JT tedavi tekniği ve Çiftizo AS JT ile İki ark AS JT tedavi tekniği arasında anlamlı bir fark bulunmadığı görülmektedir.

4.1.3. İki parotis için ortalama doz değerleri (D_{ort})

Grafik 4.3. İki Parotis için Farklı Tedavi Tekniklerindeki Ortalama Dozu



Grafik 4.3’de görüldüğü üzere tedavi teknikleri arasında Çiftizo AS JT, İki ark AS JT ve Dört ark AS JT’nin medyan değerleri birbirine yakın iken İki ark ve iki ark JT tekniklerinin medyan değerleri farklılık göstermiştir.

Tablo 4.7. İki parotis için Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi

H₀ Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT’nin dağılımları aynıdır.	0.000

Tablo 4.8. İki Parotis için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi

İkili İlişkiler	p değeri
Dört ark AS JT ile Çiftizo AS JT	0.701
Çiftizo AS JT ile İki ark AS JT	1.000

İki Parotis için uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu tablo 4.7’de gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.00 çıkmıştır. Buna göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için (p-değeri $<\alpha$) iki parotis için uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birisinin dağılımı arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Friedman testi sonucu uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birinin dağılımının farklı olduğu tespit edildikten sonra hangi tedavi tekniğinin dağılımının diğerinden farklı olduğu ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.8’de verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p-değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için Dört ark AS JT tedavi tekniği ile Çiftizo AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile İki ark AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark bulunmadığı sonucu elde edilmiştir.

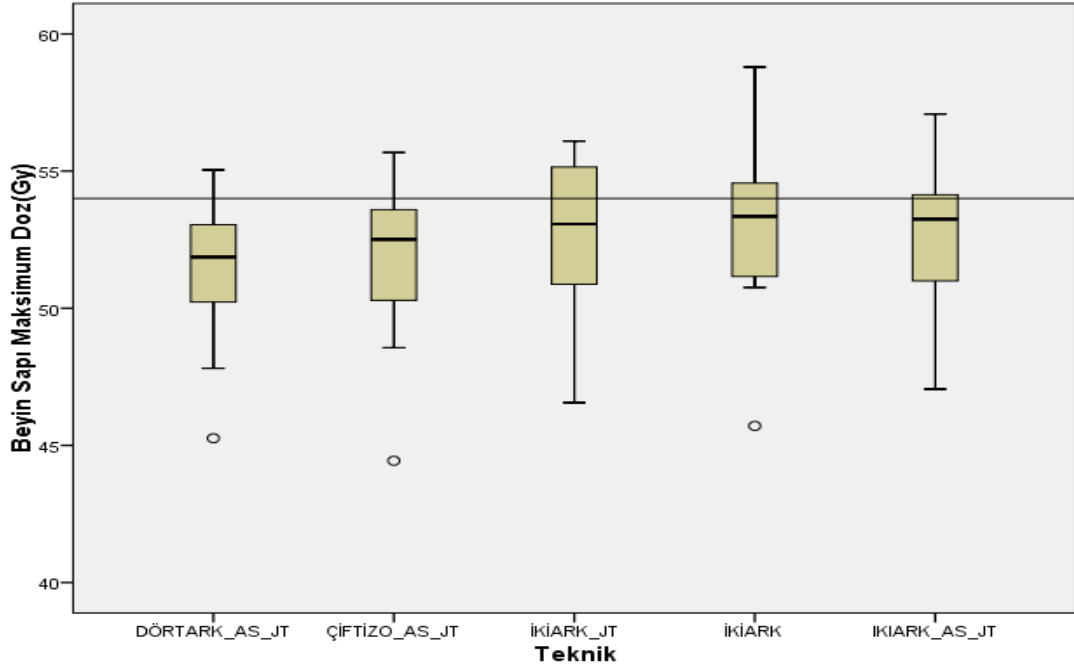
4.1.4. Beyin sapı için maksimum doz değerleri (D_{maks})

Tablo 4.9. Beyin Sapı’nın Farklı Tedavi Tekniklerinde Aldığı Maksimum Doz için Tanımsal İstatistik Değerleri

Tedavi Tekniği	Hasta Sayısı	Min ve Maks Değer (Gy)	Ortalama Değer (Gy)	Standart Sapma
İKİ ARK	11	45.71 - 58.79	52.92	3.30
İKİ ARK-JT	11	46.56 - 56.09	52.70	3.06
İKİ ARK-AS-JT	11	47.05 - 57.08	52.61	2.91
DÖRT ARK-AS-JT	11	45.26 - 55.04	51.32	2.89
ÇİFTİZO-AS-JT	11	44.44 - 55.68	51.77	3.23

Tablo 4.9’da görüldüğü gibi beyin sapının aldığı maksimum doz değerleri 44.44 Gy ile 58.79 Gy arasında değişmektedir. En düşük doz değeri Çiftizo AS JT tekniğinde çıkarken en yüksek doz değeri ise İki ark’lı tedavi tekniğinde çıkmaktadır.

Grafik 4.4. Beyin Sapı'nın Farklı Tedavi Tekniklerindeki Maksimum Dozu (D_{maks})



Grafik 4.4'de görüldüğü gibi iki ark AS JT'nin medyan değeri beyin sapının maksimum doz değeri olan 54 Gy en yakın değerde çıkmıştır. Beyin sapı en düşük doz değerlerini Dört ark AS JT, Çiftizo AS JT ve İki ark JT'de almış en iyi sonuç ise Dört ark AS JT'de çıkmıştır. Dört ark AS JT, Çiftizo AS JT ve İki ark tedavi tekniklerinde bazı değerler de büyük farklılık çıkmış ve grafik dışında kalmıştır.

Tablo 4.10. Beyin Sapı için Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi

H₀ Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.000

Tablo 4.11. Beyin Sapı için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi

İkili İlişkiler	p değeri
Dört ark AS JT ile Çiftizo AS JT	1.000
Çiftizo AS JT ile İki ark	0.070
Çiftizo AS JT ile İki ark JT	0.219

Beyin sapı için uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu tablo 4.10'da gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.00 çıkmıştır. Buna göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için (p-değeri $<\alpha$) beyin sapı için uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birisinin dağılımı arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Friedman testi sonucu uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birinin dağılımının farklı olduğu tespit edildikten sonra hangi tedavi tekniğinin dağılımının diğerinden farklı olduğu ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.11'de verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p-değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için Dört ark AS JT tedavi tekniği ile Çiftizo AS JT, Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile İki ark ve Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile İki ark tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark bulunmadığı sonucu elde edilmiştir.

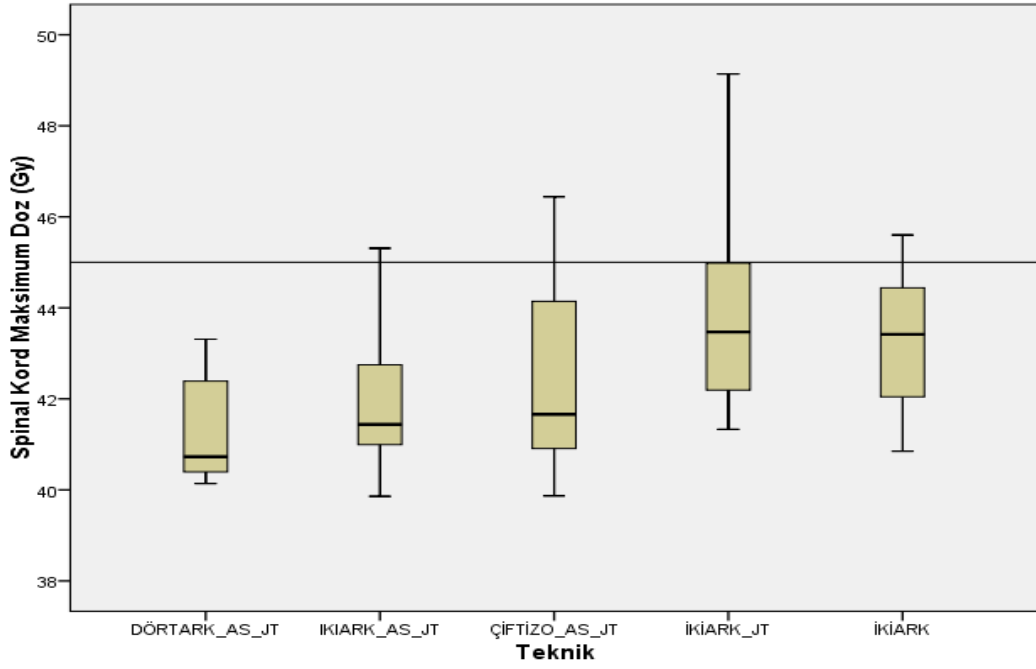
4.1.5. Spinal kord'un aldığı maksimum doz dağılımları (D_{maks})

Tablo 4.12. Spinal Kord'un Farklı Tedavi Tekniklerinde Aldığı Maksimum Doz için Tanımsal İstatistik Değerleri

Tedavi Tekniği	Hasta Sayısı	Min ve Maks Değer (Gy)	Ortalama Değer (Gy)	Standart Sapma
İKİ ARK	11	40.85 - 45.60	43.27	1.58
İKİ ARK-JT	11	41.33 - 49.14	43.84	2.32
İKİ ARK-AS-JT	11	39.86 - 45.31	41.97	1.57
DÖRT ARK-AS-JT	11	40.14 - 43.31	41.39	1.21
ÇİFTİZO-AS-JT	11	39.87 - 46.44	42.53	2.19

Tablo 4.12' de görüldüğü gibi Spinal Kord'un aldığı maksimum doz değerleri 39.86 Gy ile 49.14 Gy arasında değişmektedir. En düşük doz değeri İki ark AS JT tekniğinde çıkarken en yüksek doz değeri ise iki ark tedavi tekniğinde çıkmaktadır

Grafik 4.5. Spinal Kord'un Farklı Tedavi Tekniklerindeki Maksimum Dozu (D_{maks})



Grafik 4.5’de görüldüğü gibi tedavi teknikleri arasında Dört ark AS JT, İki ark AS JT ve Çiftizo AS JT tekniklerinin medyan değerleri birbirine yakın olmakla birlikte İki ark JT ve İki ark diğer tekniklere göre farklılık göstermiş ve en yüksek medyan değerleri almıştır.

Tablo 4.13. Spinal Kord’un Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi

H₀ Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.000

Tablo 4.14. Spinal Kord için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi

İkili İlişkiler	p değeri
Dört ark AS JT ile Çiftizo AS JT	0.431
Dört ark AS JT ile İki ark AS JT	1.000
Çiftizo AS JT ile İki ark JT	0.219
Çiftizo AS JT ve İki ark	1.000

Spinal Kord için uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu tablo 4.13’de verilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.00 çıkmıştır. Buna göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için ($p\text{-değeri} < \alpha$) spinal kord için uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birisinin dağılımı arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Friedman testi sonucu uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birinin dağılımının farklı olduğu tespit edildikten sonra hangi tedavi tekniğinin dağılımının diğerinden farklı olduğu ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.14’de verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p-değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için Dört ark AS JT tedavi tekniği ile Çiftizo AS JT, Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile İki ark, Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile İki ark JT ve Dört ark AS JT ile İki ark AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark bulunmadığı sonucu elde edilmiştir.

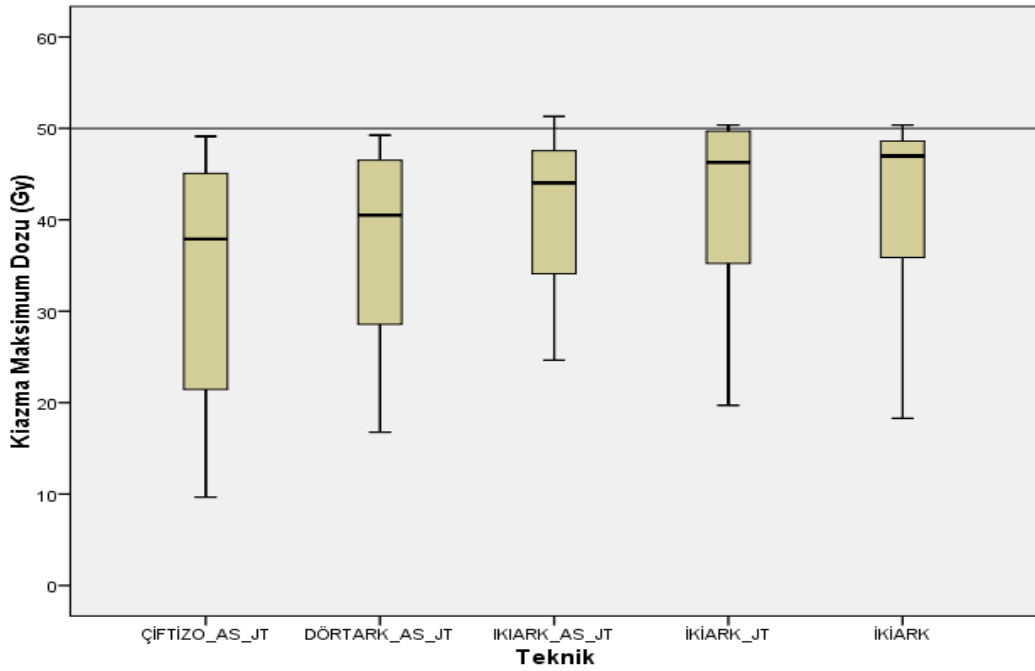
4.1.6. Kiazma'nın aldığı maksimum doz değerleri (D_{maks})

Tablo 4.15. Kiazma'nın Farklı Tedavi Tekniklerinde Aldığı Maksimum Doz için Tanımsal İstatistik Değerleri

Tedavi Tekniği	Hasta Sayısı	Min ve Maks Değer (Gy)	Ortalama Değer (Gy)	Standart Sapma
İKİ ARK	11	18.29 - 50.37	41.36	11.17
İKİ ARK-JT	11	19.71 - 50.37	41.52	11.06
İKİ ARK-AS-JT	11	24.65 - 51.30	40.92	9.17
DÖRT ARK-AS-JT	11	16.76 - 49.25	36.57	11.26
ÇİFTİZO-AS-JT	11	9.67 - 49.13	32.56	14.67

Tablo 4.15'de görüldüğü gibi Spinal Kord'un aldığı maksimum doz değerleri 9.67 Gy ile 51.30 Gy arasında değişmektedir. En düşük doz değeri Çiftizo AS JT tekniğinde çıkarken en yüksek doz değeri ise İki ark AS JT tedavi tekniğinde çıkmaktadır

Grafik 4.6. Kiazma için Farklı Tedavi Tekniklerindeki Maksimum Doz



Grafik 4.6’da görüldüğü gibi tedavi teknikleri arasında Çiftizo AS JT ve Dört ark AS JT tedavi tekniğinin medyan değerleri birbirine yakın ve en düşük değerleri almaktadırlar. İki ark tedavi tekniğinin medyan değeri ise diğer tekniklerden farklılık göstermiş ve en yüksek değeri almaktadır.

Tablo 4.16. Kiazma için Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi

H₀ Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.000

Tablo 4.17. Kiazma için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi

İkili İlişkiler	p değeri
Dört ark AS JT ile Çiftizo AS JT	0.796
Çiftizo AS JT ile İki ark AS JT	0.591

Kiazma için uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu tablo 4.16’da gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.00 çıkmıştır. Buna göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için ($p\text{-değeri} < \alpha$) kiazma için uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birisinin dağılımı arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Friedman testi sonucu uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birinin dağılımının farklı olduğu tespit edildikten sonra hangi tedavi tekniğinin dağılımının diğerinden farklı olduğu ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.17’de verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p-değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için Dört ark AS JT tedavi tekniği ile Çiftizo AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile İki ark AS JT

tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark bulunmadığı sonucu elde edilmiştir.

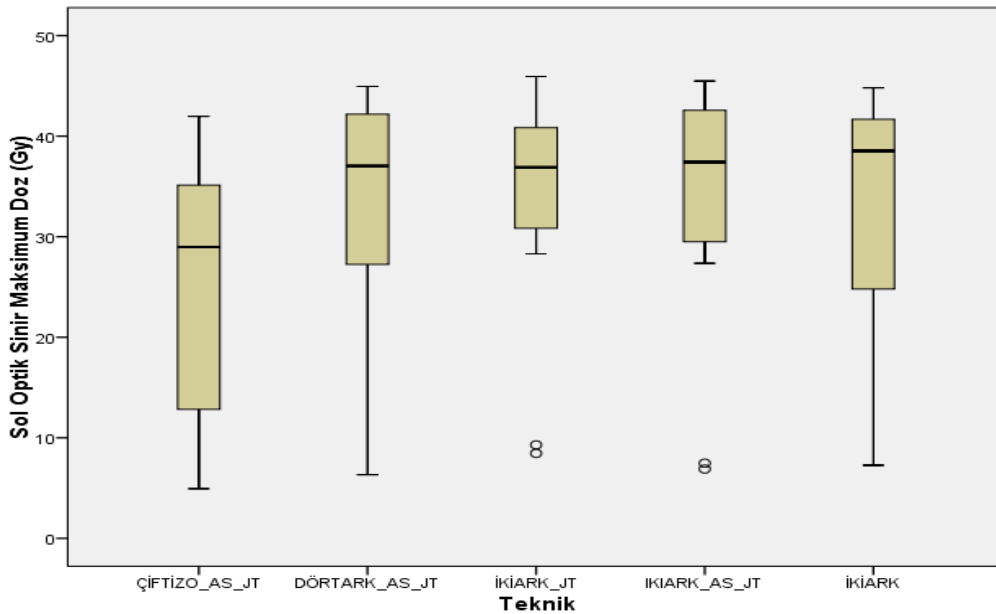
4.1.7. Sol optik sinir'in aldığı maksimum doz değerleri (D_{maks})

Tablo 4.18. Sol Optik Sinir'in Farklı Tedavi Tekniklerinde Aldığı Maksimum Doz için Tanımsal İstatistik Değerleri

Tedavi Tekniği	Hasta Sayısı	Min ve Maks Değer (Gy)	Ortalama Değer (Gy)	Standart Sapma
İKİ ARK	11	7.26 - 44.81	32.05	13.93
İKİ ARK-JT	11	8.45 - 45.94	32.89	12.85
İKİ ARK-AS-JT	11	6.89 - 45.40	32.70	13.69
DÖRT ARK-AS-JT	11	6.32 - 44.94	31.85	13.73
ÇİFTİZO-AS-JT	11	4.94 - 41.97	24.25	14.17

Tablo 4.18'de görüldüğü gibi sol optik sinirin aldığı maksimum doz değerleri 4.94 Gy ile 45.94 Gy arasında değişmektedir. En düşük doz değeri Çiftizo AS JT tekniğinde çıkarken en yüksek doz değeri ise İki ark JT tedavi tekniğinde çıkmaktadır.

Grafik 4.7. Sol Optik Sinir için Farklı Tedavi Tekniklerindeki Maksimum Doz (D_{maks})



Grafik 4.7’de görüldüğü üzere Çiftizo AS JT tedavi tekniğinin medyan değeri en düşük değeri İki ark tedavi tekniği ise en yüksek değeri almaktadır. İki ark JT ve İki ark AS JT tedavi tekniklerinde bazı değerler büyük farklılık göstermiş ve grafiğin dışında kalmıştır.

Tablo 4.19. Sol Optik Sinir’e Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi

H₀ Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.000

Tablo 4.20. Sol Optik Sinir’e Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi

İkili İlişkiler	p değeri
Dört ark AS JT ile İki ark AS JT	1.000
Dört ark AS JT ve İki ark	1.000
Dört ark AS JT ile İki ark JT	1.000

Sol optik sinir için uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu tablo 4.19’da gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.00 çıkmıştır. Buna göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için ($p\text{-değeri} < \alpha$) sol optik sinir için uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birisinin dağılımı arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Friedman testi sonucu uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birinin dağılımının farklı olduğu tespit edildikten sonra hangi tedavi tekniğinin dağılımının diğerinden farklı olduğu ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.20’de verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p-değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için Dört ark AS JT tedavi tekniği ile İki ark AS JT, Dört ark AS JT tedavi tekniği ile İki ark JT tedavi ve

Dört ark AS JT tedavi tekniği ile İki ark tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark bulunmadığı sonucu elde edilmiştir.

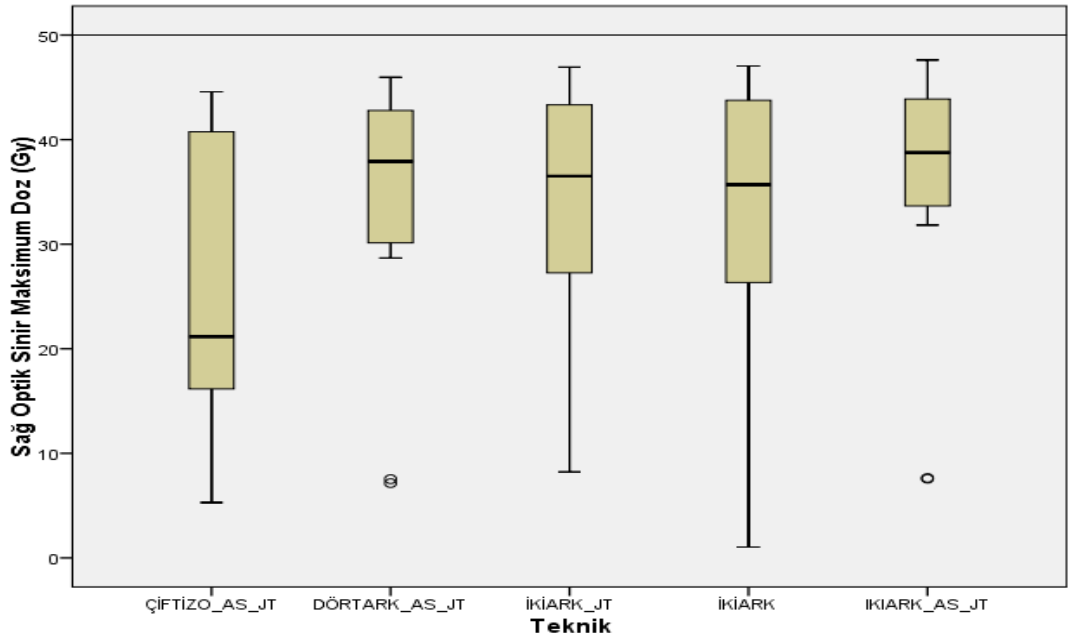
4.1.8. Sağ optik sinir'in aldığı maksimum doz değerleri (D_{maks})

Tablo 4.21. Sağ Optik Sinir'in Farklı Tedavi Tekniklerinde Aldığı Maksimum Doz için Tanımsal İstatistik Değerleri

Tedavi Tekniği	Hasta Sayısı	Min ve Maks Değer (Gy)	Ortalama Değer (Gy)	Standart Sapma
İKİ ARK	11	1.04 - 47.05	31.49	15.34
İKİ ARK-JT	11	8.23 - 46.94	32.64	13.80
İKİ ARK-AS-JT	11	7.57 - 47.62	34.59	14.17
DÖRT ARK-AS-JT	11	7.15 - 45.97	33.12	13.80
ÇİFTİZO-AS-JT	11	5.30 - 44.57	25.45	14.74

Tablo 4.21'de görüldüğü gibi sağ optik sinirin aldığı maksimum doz değerleri 1.04 Gy ile 44.57 Gy arasında değişmektedir. En düşük doz değeri İki ark tekniğinde çıkarken en yüksek doz değeri ise tedavi tekniğinde çıkmaktadır.

Grafik 4.8. Sağ Optik Sinir'in Farklı Tedavi Tekniklerindeki Maksimum Dozu (D_{maks})



Grafik 4.8’de görüldüğü üzere sağ optik sinir en medyan değeri Çiftizo AS JT tedavi tekniğinde almaktadır. Dört ark AS JT ve İki ark AS JT tedavi teknikleri için bazı değerler büyük farklılık göstermiş ve grafiğin dışında kalmaktadır.

Tablo 4.22. Sağ Optik Sinir’e Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi

H₀ Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.000

Tablo 4.23. Sağ Optik Sinir’e Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi

İkili İlişkiler	p değeri
Dört ark AS JT ile İki ark JT	1.000
Dört ark AS JT ile Çiftizo AS JT	0.104
Dört ark AS JT ve İki ark AS JT	0.591
Çiftizo AS JT ile İki ark JT	0.431

Sağ optik sinir için uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu tablo 4.22’de gösterilmektedir ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.00 çıkmıştır. Buna göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için ($p\text{-değeri} < \alpha$) sağ optik sinir için uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birisinin dağılımı arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Friedman testi sonucu uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birinin dağılımının farklı olduğu tespit edildikten sonra hangi tedavi tekniğinin dağılımının diğerinden farklı olduğu ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.23’de verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p-değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için Dört ark AS JT tedavi tekniği ile İki ark JT, Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile Dört ark AS JT tedavi tekniği, Dört ark AS JT tedavi tekniği ile İki ark AS JT tedavi ve Çiftizo AS JT

tedavi tekniği ile İki ark JT tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark bulunmadığı sonucu elde edilmiştir.

4.1.9. Lens'in aldığı maksimum doz değerleri (D_{maks})

Tablo 4.24. Lens'in Farklı Tedavi Tekniklerinde Aldığı Maksimum Doz için Tanımsal İstatistik Değerleri

Tedavi Tekniği	Hasta Sayısı	Min ve Maks Değer (Gy)	Ortalama Değer (Gy)	Standart Sapma
İKİ ARK	11	3.84 - 10.43	7.46	2.15
İKİ ARK-JT	11	3.15 - 10.39	7.01	2.26
İKİ ARK-AS-JT	11	3.07 - 10.08	6.42	2.28
DÖRT ARK-AS-JT	11	2.97 - 9.51	6.66	2.16
ÇİFTİZO-AS-JT	11	2.52 - 9.66	5.98	2.64

Tablo 4.24'de görüldüğü gibi sağ optik sinirin aldığı maksimum doz değerleri 2.52 Gy ile 10.43 Gy arasında değişmektedir. En düşük doz değeri İki ark AS JT tekniğinde çıkarken en yüksek doz değeri ise İki ark tedavi tekniğinde çıkmaktadır.

Tablo 4.25. Lens için Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi

H_0 Hipotezi	p değer
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.000

Tablo 4.26. Lens için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi

İkili İlişkiler	p değer
Dört ark AS JT ile Çiftizo AS JT	0.366
Dört ark AS JT ile İki ark AS JT	1.000
Çiftizo AS JT ile İki ark AS JT	1.000

Lens için uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu tablo 4.25'de gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değer) 0.00 çıkmıştır. Buna

göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için (p-değeri $<\alpha$) lens için uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birisinin dağılımı arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Friedman testi sonucu uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birinin dağılımının farklı olduğu tespit edildikten sonra hangi tedavi tekniğinin dağılımının diğerinden farklı olduğu ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.26'da verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p-değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile İki ark AS JT, Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile Dört ark AS JT tedavi tekniği, Dört ark AS JT ile İki ark AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark bulunmadığı sonucu elde edilmiştir.

4.1.10. Özefagus'un aldığı ortalama doz değerleri (D_{ort})

Tablo 4.27. Özefagus'a Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi

H₀ Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.054

Özefagus için uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu 4.27'de gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.054 çıkmıştır. Buna göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için (p-değeri $>\alpha$) özefagus için uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birisinin dağılımı arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu sebeple ikili ilişkiler testi yapılmamıştır.

4.1.11. Larenks'in aldığı ortalama doz değerleri (D_{ort})

Tablo 4.28. Larenks'in Farklı Tedavi Tekniklerinde Aldığı Ortalama Doz için Tanımsal İstatistik Değerleri

Tedavi Tekniği	Hasta Sayısı	Min ve Maks Değer (Gy)	Ortalama Değer (Gy)	Standart Sapma
İKİ ARK	11	43.45 - 54.11	47.76	3.23
İKİ ARK-JT	11	43.33 - 53.52	47.52	3.00
İKİ ARK-AS-JT	11	43.48 - 53.71	47.70	3.09
DÖRT ARK-AS-JT	11	43.11 - 53.62	46.44	2.94
ÇİFTİZO-AS-JT	11	40.55 - 54.35	48.75	3.98

Tablo 4.28'de görüldüğü gibi sağ optik sinirin aldığı ortalama doz değerleri 40.55 Gy ile 54.35 Gy arasında değişmektedir. En düşük doz değeri ve en yüksek doz değerleri Çiftizo AS JT tekniğinde çıkmaktadır.

Tablo 4.29. Larenks'e Uygulanan Tedavi Teknikleri için Yapılan Friedman Testi

H_0 Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.011

Tablo 4.30. Larenks için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi

İkili İlişkiler	p değeri
Dört ark AS JT ile İki ark AS JT	0.796
Dört ark AS JT ile İki ark JT	0.310
Çiftizo AS JT ile İki ark AS JT	1.000
Çiftizo AS JT ve İki ark	1.000
Çiftizo AS JT ile İki ark JT	1.000

Larenks için uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu tablo 4.29'da gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.011 çıkmıştır. Buna göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden küçük

olduğu için ($p\text{-değeri} < \alpha$) larenks için uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birisinin dağılımı arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Friedman testi sonucu uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birinin dağılımının farklı olduğu tespit edildikten sonra hangi tedavi tekniğinin dağılımının diğerinden farklı olduğu ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.30'da verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p -değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile İki ark AS JT, Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile İki ark JT tedavi tekniği, Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile İki ark tedavi tekniği, Dört ark AS JT tedavi tekniği ile İki ark JT tedavi tekniği ve Dört ark AS JT ile İki ark AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark bulunmadığı sonucu elde edilmiştir.

4.1.12. Sağ ve sol kohlea'nın $V_{55} < \%5$ alan doz değerleri

Tablo 4.31. Sağ ve Sol Kohlea için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi

İkili İlişkiler	p değeri
İki ark-Çiftizo AS JT	1.000
Çiftizo AS JT ile İki ark JT	1.000
Dört ark AS JT ile Çiftizo AS JT	1.000
Çiftizo AS JT ile İki ark AS JT	1.000
Dört ark AS JT ile İki ark AS JT	1.000

Veriler ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.31'da verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p -değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için İki ark tedavi tekniği ile Çiftizo AS JT tedavi tekniği, Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile İki ark JT tedavi tekniği, Dört ark AS

JT tedavi tekniği ile iftizo AS JT tedavi tekniği, iftizo AS JT tedavi tekniği ile İki ark AS JT tedavi tekniği ve Dört ark AS JT tedavi tekniği ile İki ark AS JT tedavi tekniği arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

4.1.13. Hedef hacimler için hesaplanan konformite indeks değerleri

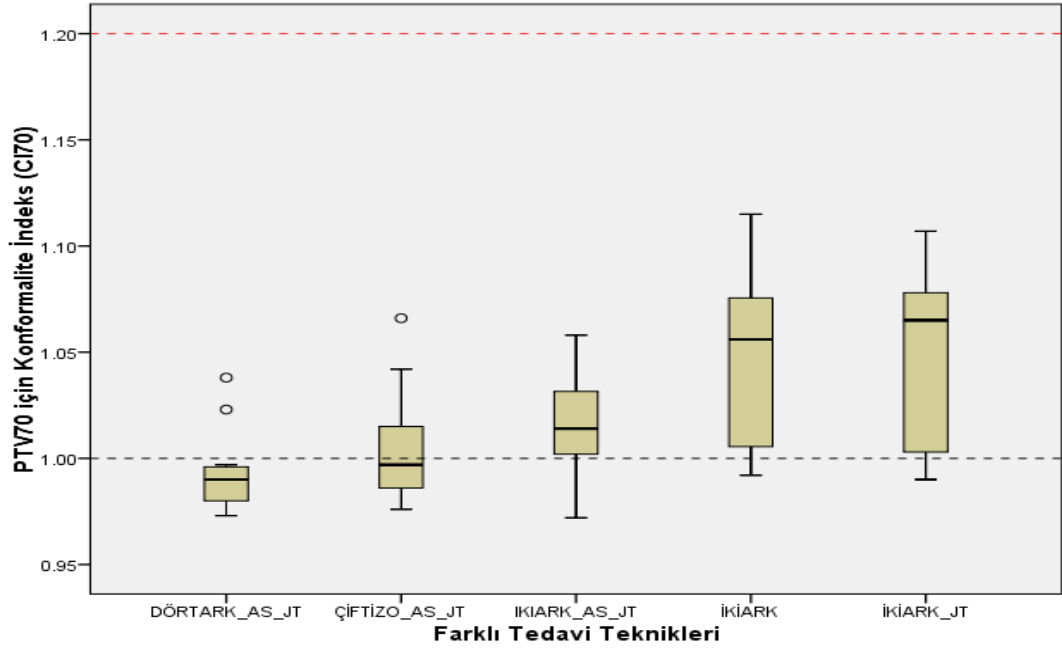
Çalışmamızda 5 farklı planlama tekniğine göre VMAT planlarının, hedef hacimlerinin 70 Gy, 60 Gy ve 56 Gy doz sarımı açısından konformite indeks (CI) değerleri aşığıda verilmiştir.

Tablo 4.32. Beş Farklı Planlama Tekniğine Göre PTV70 için CI değerlerinin Tanımsal İstatistik Değerleri

Tedavi Tekniği	Hasta Sayısı	Minimum Değer	Maksimum Değer	Ortalama Değer	Standart Sapma
İKİ ARK	11	0.99	1.11	1.04	0.04
İKİ ARK-JT	11	0.99	1.45	1.09	0.13
İKİ ARK-AS-JT	11	0.97	1.06	1.02	0.03
DÖRT ARK-AS-JT	11	0.97	1.04	0.99	0.02
ÇİFTİZO-AS-JT	11	0.98	1.07	1.00	0.03

Tablo 4.32’de görüldüğü üzere konformite indeks değerleri 0.97-1.45 aralığında değişmektedir. Konformite indeksin ideal değeri 1 olmalıdır.İdeal değere en yakın olan iftizo AS JT ve Dört ark AS JT tekniklerinde çıkmaktadır.

Grafik 4.9. Farklı Tedavi Tekniklerinde PTV70 için Konformite İndeks Değerleri



Grafik 4.9’da görüldüğü üzere PTV70 için konformite indeks değerleri ideal değer olan 1’e göre değerlendirilmiştir. İdeal değere en yakın değer Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tekniklerinde çıkmaktadır. Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tekniklerinde bazı değerleri büyük farklılık göstermiş ve grafiğin dışında kalmıştır.

Tablo 4.33. Farklı Tedavi Tekniklerinde PTV70 CI Değerleri için Yapılan Friedman Testi

H₀ Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.000

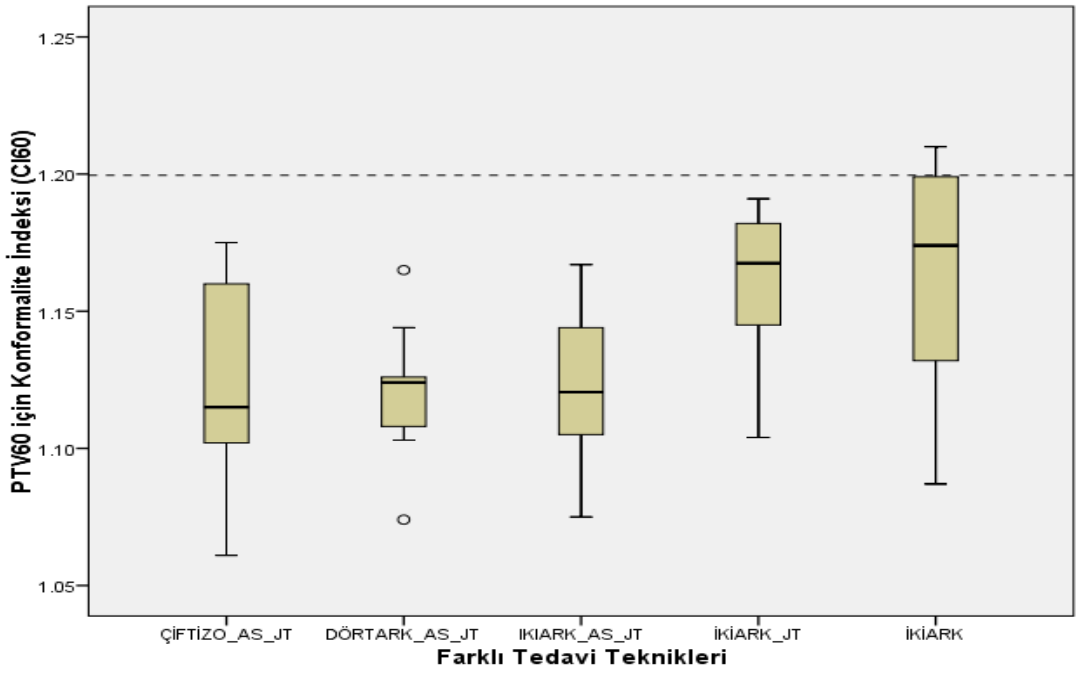
Tablo 4.34. PTV70 CI Değerleri için Uygulanan Tedavi Teknikleri Arasındaki İkili İlişkiler Testi

İkili İlişkiler	p değeri
Çiftizo AS JT ile İki ark AS JT	1.000
Dört ark AS JT ile Çiftizo AS JT	0.796

PTV70 CI değerleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu tablo 4.33’de gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.000 çıkmıştır.

Veriler ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.34’de verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p-değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile İki ark AS JT tedavi tekniği ve Dörk ark AS JT tedavi tekniği ile Çiftizo AS JT tedavi tekniği arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Grafik 4.10. Farklı Tedavi Tekniklerinde PTV60 için Konformite İndeks Değerleri



Grafik 4.10’de görüldüğü üzere Dört ark AS JT tedavi tekniğinde bazı değerler büyük farklılık göstermiş ve grafiğin dışında kalmıştır.

Tablo 4.35. Farklı Tedavi Tekniklerinde PTV60 CI Değerleri için Yapılan Friedman Testi

H₀ Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.000

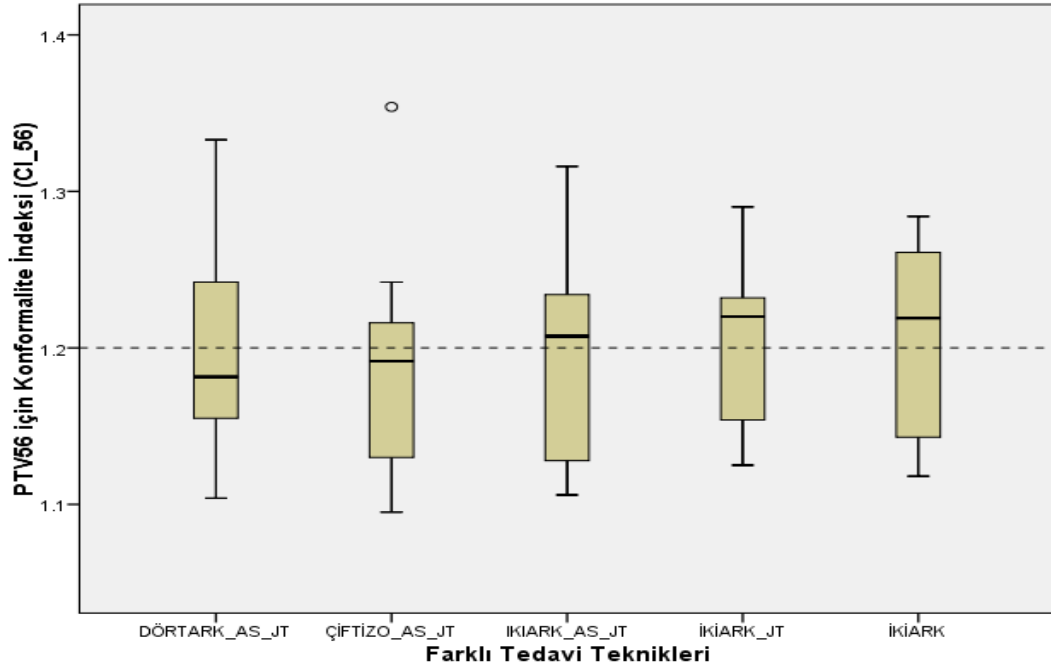
Tablo 4.36. Farklı Tedavi Tekniklerinde PTV60 CI Değerleri için Yapılan İkili İlişkiler Testi

İkili İlişkiler	p değeri
Çiftizo AS JT ile Dört ark AS JT	1.000
Çiftizo AS JT ile İki ark AS JT	1.000
Çiftizo AS JT ile İki ark	0.058
İki ark AS JT ile Dört ark AS JT	1.000
Dört ark AS JT ile İki ark	0.237

PTV60 CI değerleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu tablo 4.35'de gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.000 çıkmıştır.

Veriler ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.36'da verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p-değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile Dört ark AS JT tedavi tekniği, Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile İki ark AS JT tedavi tekniği, Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile İki ark tedavi tekniği, İki ark AS JT tedavi tekniği ile Dört ark AS JT tedavi tekniği ve Dört ark AS JT tedavi tekniği ile İki ark tedavi tekniği arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Grafik 4.11. Farklı Tedavi Tekniklerinde PTV56 için Konformite İndeks Değerleri



Grafik 4.11’de görüldüğü üzere Çiftizo AS JT tedavi tekniğinde bir değer grafiğin dışında kalmıştır.

Tablo 4.37. Farklı Tedavi Tekniklerinde PTV56 CI Değerleri için Yapılan Friedman Testi

H₀ Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.165

PTV56 CI değerleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu 4.37’de gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.165 çıkmıştır. Buna göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için ($p\text{-değeri} > \alpha$) PTV56 CI değerleri için uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin en az birisinin CI değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu sebeple ikili ilişkiler testi yapılmamıştır.

4.1.14. PTV70 için doz değerlendirmeleri

PTV70 için none ve minör değerleri olan $V_{70} > 95\%$, $V_{65.1} > 99\%$, $V_{65.1} > 97\%$, $D_{ort} < 74$ Gy, $D_{ort} < 76$ Gy kriterleri incelenmiştir.

4.1.14.1. 70 Gy alan ptv hacminin yüzde 95'den büyük olan ($V_{70} > \%95$) doz değerleri

Tablo 4.38. Farklı Tedavi Tekniklerinde $V_{70} > \%95$ Değerleri için Yapılan Friedman Testi

H₀ Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.011

Tablo 4.39. Tablo Farklı Tedavi Tekniklerinde $V_{70} > \%95$ Değerleri için Yapılan İkili İlişkiler Testi

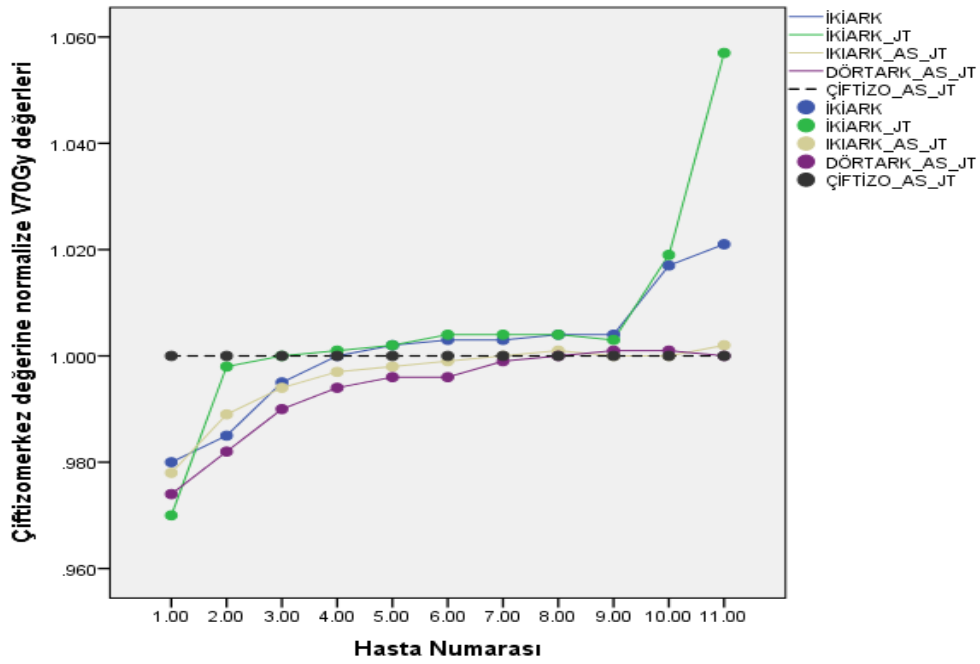
İkili İlişkiler	p değeri
Dört ark AS JT ile Çiftizo AS JT	0.019
Dört ark AS JT ile İkiark	0.019

PTV70 için uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu tablo 4.38'de gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.011 çıkmıştır. Buna göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için ($p\text{-değeri} < \alpha$) PTV70 için uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birisinin dağılımı arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Friedman testi sonucu uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birinin dağılımının farklı olduğu tespit edildikten sonra hangi tedavi tekniğinin dağılımının diğerinden farklı olduğu ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar

tablo 4.39’da verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p-değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile Dört ark AS JT tedavi tekniği, Dört ark AS JT tedavi tekniği ile İki ark tedavi tekniği, tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark bulunduğu sonucu elde edilmiştir.

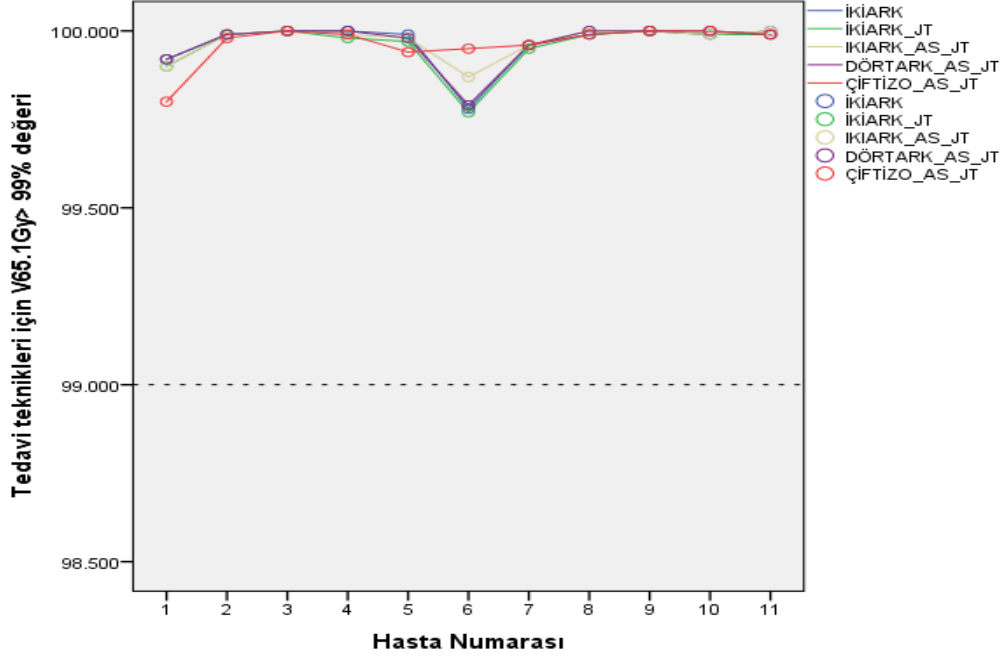
Grafik 4.12. Çiftizomerkez Değerlerine Normalize Edilmiş V70 Değerleri için Çizgi Grafiği



Grafik 4.12’de görüldüğü üzere değerler çiftizomerkez AS JT tedavi tekniğine göre normalize edilmiş ve iki hasta için İki ark JT tedavi tekniği ile İki ark tedavi tekniğinde kritik değerın üstünde çıkmıştır.

4.1.14.2. 65.1 Gy alan PTV hacminin yüzde 99 ve 97'den büyük olduğu (V65.1 > %99 ve V65.1 > %97) doz değerleri

Grafik 4.13. Farklı Tedavi Teknikleri için V65.1 > %99 Doz Değerleri



Grafik 4.13'de görüldüğü üzere planlama tekniklerinin 65.1 Gy alan hacminin 11 hasta için oluşturulmuş çizgi grafikleri incelendiğinde bütün planlama tekniklerinde ilgili değer tüm hastalar için kritik değerin üstünde kaldığı görülmektedir.

Yapılan friedman testi sonucunda 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için ($p\text{-değeri} > \alpha$) uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birisinin dağılımı arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır.. Bu sebeple ikili ilişkiler testi yapılmamıştır.

4.1.14.3. Farklı tedavi teknikleri için 74 Gy ve 76 Gy ortalama doz değerleri

Tablo 4.40. Farklı Tedavi Tekniklerinde $D_{ort} < 74$ Gy Değerleri için Yapılan Friedman Testi

H₀ Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.000

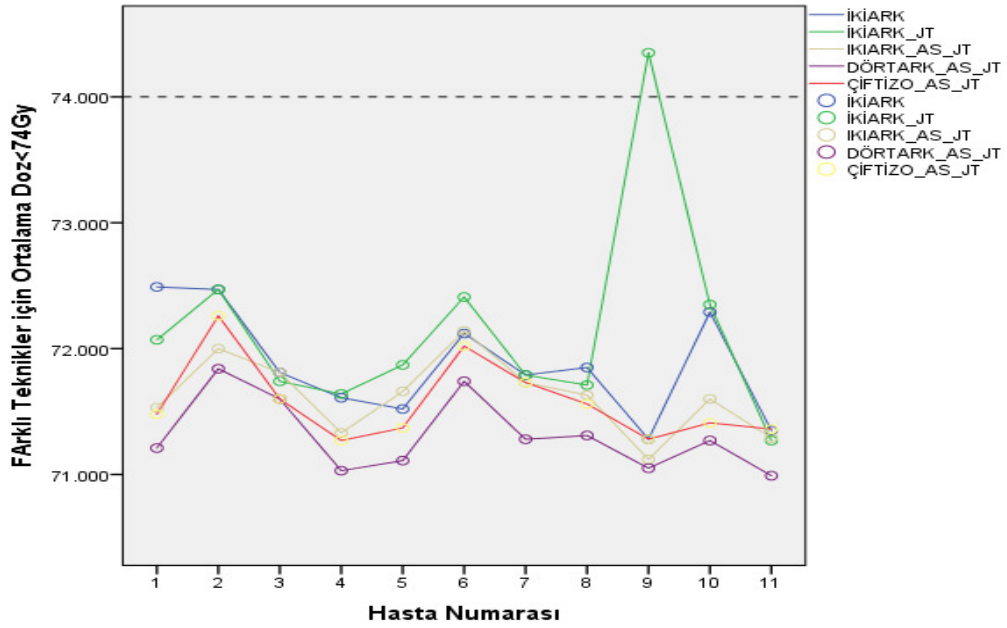
Tablo 4.41. Farklı Tedavi Tekniklerinde $D_{ort} < 74$ Gy Değerleri için Yapılan İkili İlişkiler Testi

İkili İlişkiler	p değeri
Dört ark AS JT ile Çiftizo AS JT	0.310

PTV70'in none değeri olan $D_{ort} < 74$ Gy alan tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu tablo 4.40'da gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.000 çıkmıştır. Buna göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için (p-değeri $<\alpha$) PTV70 için uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birisinin dağılımı arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Friedman testi sonucu uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birinin dağılımının farklı olduğu tespit edildikten sonra hangi tedavi tekniğinin dağılımının diğerinden farklı olduğu ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.41'de verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p-değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için Çiftizo AS JT tedavi tekniğı ile Dört ark AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark bulunmadığı sonucu elde edilmiştir.

Grafik 4.14. Farklı Tedavi Teknikleri için Ortalama Doz < 74 Gy Alan Değerler



Grafik 4.14’ de görüldüğü üzere İki ark JT tedavi tekniğinde bir hastanın doz dağılımı sınır değer olan 74 Gy’in üstünde çıkmıştır. Diğer sonuçlar sınır değerinin ($D_{ort} < 74$ Gy) altındadır.

4.1.15. PTV60 için doz değerlendirmeleri

PTV 60’ın none ve minör değeri olan $V_{60} > \%95$, $V_{56} > \%95$, $V_{56} > \%99$ kriterleri incelenmiştir.

4.1.15.1. 60 Gy Alan PTV hacminin aldığı yüzde 95’den büyük olduğu ($V_{60} > \%95$) doz değerleri

Tablo 4.42. Farklı Tedavi Tekniklerinde $V_{60} > \%95$ Değerleri için Yapılan Friedman Testi

H_0 Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.000

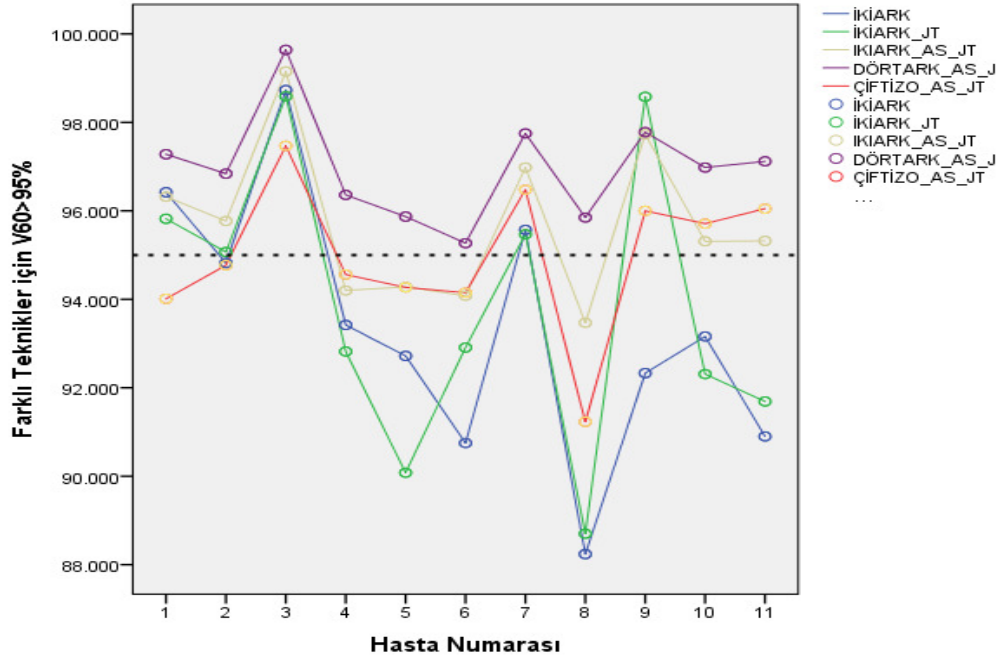
Tablo 4.43. Farklı Tedavi Tekniklerinde V60 >%95 Değerleri için Yapılan İkili İlişkiler Testi

İkili İlişkiler	p değeri
Dört ark AS JT ile Çiftizo AS JT	0.012
Dört ark AS JT ile İki ark	0.000
Dört ark AS JT ile İki ark JT	0.000

PTV60 için uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu tablo 4.42'de gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.00 çıkmıştır. Buna göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için (p-değeri $<\alpha$) PTV 60 için uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birisinin dağılımı arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Friedman testi sonucu uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birinin dağılımının farklı olduğu tespit edildikten sonra hangi tedavi tekniğinin dağılımının diğerinden farklı olduğu ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.43'de verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p-değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile Dört ark AS JT tedavi tekniği, Dört ark AS JT tedavi tekniği ile İki ark tedavi tekniği ve Dört ark AS JT tedavi tekniği ile İki ark JT tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark bulunduğu sonucu elde edilmiştir.

Grafik 4.15. Farklı Tedavi Tekniklerinde V60 > %95 Değerleri için Çizgi Grafiği



Grafik 4.15’de görüldüğü üzere çiftizo AS JT tedavi tekniğinde 11 hasta içinde 60 Gy alan hacim yüzde 95 kritik değerinin üzerinde değer almaktadır.

4.1.15.2. PTV60 minör değeri olan 56 Gy alan hacmin yüzde 95’den büyük (V56 > %95) doz değerleri

Tablo 4.44. Farklı Tedavi Tekniklerinde V56 > %95 Değerleri için Yapılan Friedman Testi

H ₀ Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.000

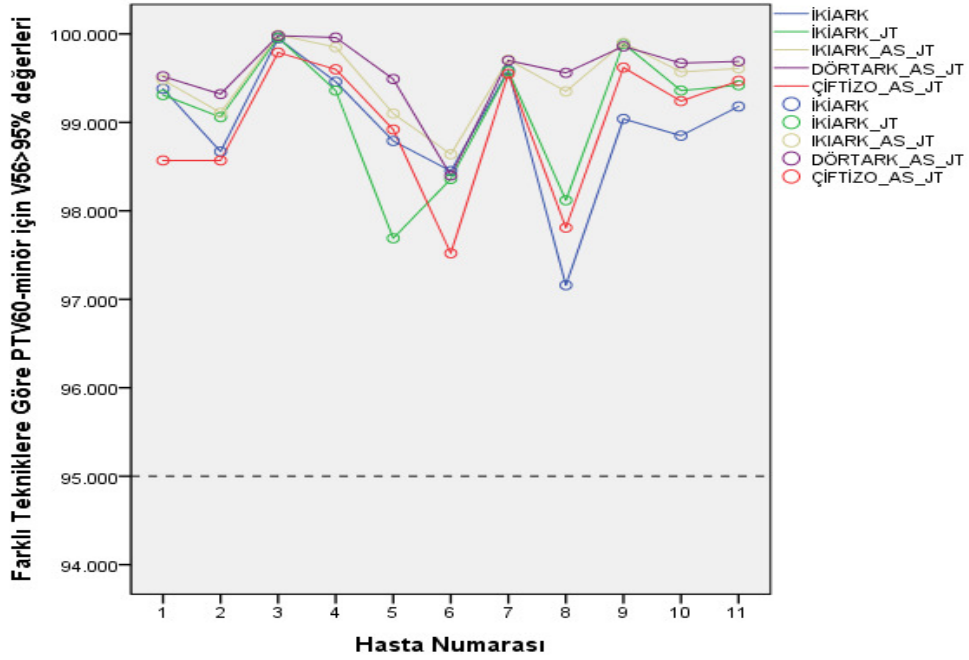
Tablo 4.45. Farklı Tedavi Tekniklerinde V56 > %95 Değerleri için Yapılan İkili İlişkiler Testi

İkili İlişkiler	p değeri
Dört ark AS JT ile Çiftizo AS JT	0.001
Çiftizo AS JT ile İki ark AS JT	0.002
Dört ark AS JT ile İki ark JT	0.019
Dört ark AS JT ile İki ark	0.003

PTV60'ın minör değeri olan V56>%95 değeri için uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu tablo 4.44'de gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.000 çıkmıştır. Buna göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için ($p\text{-değeri}<\alpha$) PTV60'ın minör değeri olan V56 > %95 değeri için uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birininin dağılımı arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Friedman testi sonucu uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birininin dağılımının farklı olduğu tespit edildikten sonra hangi tedavi tekniğinin dağılımının diğerinden farklı olduğu ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.43'de verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p-değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için Dört ark AS JT tedavi tekniği ile Çiftizo AS JT tedavi tekniği, Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile İki ark AS JT tedavi tekniği, Dört ark AS JT tedavi tekniği ile İki ark JT tedavi tekniği ve Dört ark AS JT tedavi tekniği ile İki ark tedavi tekniği arasında anlamlı bir fark bulunduğu sonucu elde edilmiştir.

Grafik 4.16. Farklı Tedavi Tekniklerinde V56 > %95 Değerleri için Çizgi Grafiği



Grafik 4.16’da görüldüğü üzere beş farklı tedavi tekniğinde de %95 kritik değerinin üzerinde yer almaktadır.

4.1.15.3. PTV60 minör değeri olan 56 Gy alan hacmin yüzde 99’ dan büyük (V56 > %99) doz değerleri

Tablo 4.46. Farklı Tedavi Tekniklerinde V56 > %99 Değerleri için Yapılan Friedman Testi

H ₀ Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.000

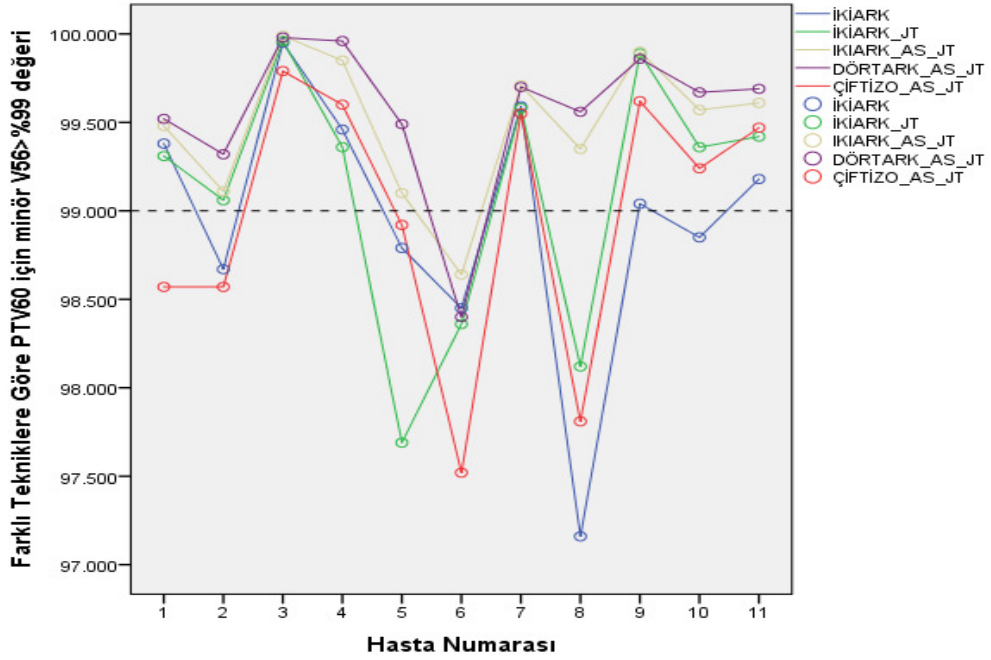
Tablo 4.47. Farklı Tedavi Tekniklerinde V56 > %99 Değerleri için Yapılan İkili İlişkiler Testi

İkili İlişkiler	p değeri
Dörtark AS JT ile Çiftizo AS JT	0.001
Çiftizo AS JT ile İki ark AS JT	0.002
Dört ark AS JT ile İki ark JT	0.019
Dört ark AS JT ile İki ark	0.003

PTV60'ın minör değeri olan V56>%99 değeri için uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu tablo 4.46'da gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.000 çıkmıştır. Buna göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için ($p\text{-değeri}<\alpha$) PTV60'ın minör değeri olan V56>%99 değeri için uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birisinin dağılımı arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Friedman testi sonucu uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birinin dağılımının farklı olduğu tespit edildikten sonra hangi tedavi tekniğinin dağılımının diğerinden farklı olduğu ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.47'de verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p-değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için Dört ark AS JT tedavi tekniği ile Çiftizo AS JT tedavi tekniği, Çiftizo AS JT tedavi tekniği ile İki ark AS JT tedavi tekniği, Dört ark AS JT tedavi tekniği ile İki ark JT tedavi tekniği ve Dört ark AS JT tedavi tekniği ile İki ark tedavi tekniği arasında anlamlı bir fark bulunduğu sonucu elde edilmiştir.

Grafik 4.17. Farklı Tedavi Tekniklerinde V56 > %99 Değerleri için Çizgi Grafiği



Grafik 4.17’de görüldüğü üzere Dört ark AS JT tedavi tekniğinde 1 hasta haricinde diğer hastalar kritik değer olan %99’un üzerinde çıkarak bu kritik değeri için en iyi sonucu Dört ark AS JT tedavi tekniği vermektedir.

4.1.16. PTV56 için doz değerlendirmeleri

4.1.16.1. PTV56 minör değeri olan 56 Gy alan hacmin yüzde 95’den büyük (PTV56 > %95) doz değerleri

Tablo 4.48. Farklı Tedavi Tekniklerinde V56 > %95 Değerleri için Yapılan Friedman Testi

H₀ Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları aynıdır.	0.000

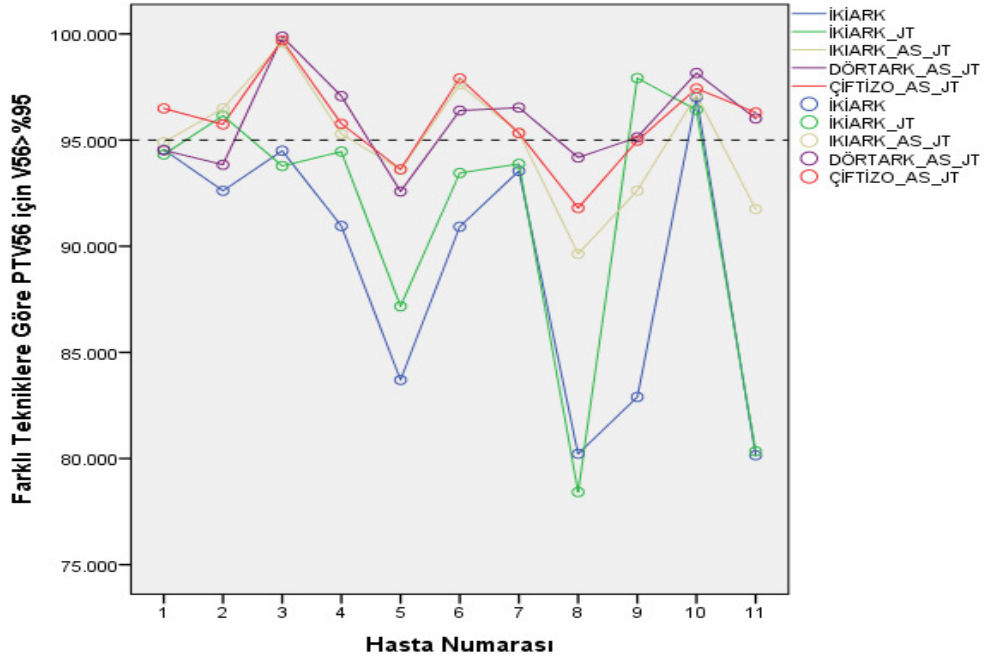
Tablo 4.49. Farklı Tedavi Tekniklerinde V56 > %95 Değerleri için Yapılan İkili İlişkiler Testi

İkili İlişkiler	p değeri
Dört ark AS JT ile Çiftizo AS JT	1.000

PTV56'ın minör değeri olan V56>%95 değeri için uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu tablo 4.48'de gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.000 çıkmıştır. Buna göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için ($p\text{-değeri}<\alpha$) PTV 56'ın minör değeri olan V56>%95 değeri için uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birisinin dağılımı arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Friedman testi sonucu uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birinin dağılımının farklı olduğu tespit edildikten sonra hangi tedavi tekniğinin dağılımının diğerinden farklı olduğu ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.49'da verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p-değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için Dört ark AS JT tedavi tekniği ile Çiftizo AS JT tedavi tekniği arasında anlamlı bir fark bulunmadığı sonucu elde edilmiştir.

Grafik 4.18. Farklı Tedavi Tekniklerinde V56 > %95 Değerleri için Çizgi Grafiği



Grafik 4.18’de görüldüğü üzere Çiftizo AS JT tedavi tekniğinde 2 hasta haricinde diğer hastalar kritik değer olan %95’in üzerinde çıkarak bu kritik değeri için en iyi sonucu Çiftizo AS JT tedavi tekniği vermektedir.

4.1.16.2. PTV56 minör değeri olan 52 Gy alan hacmin yüzde 99’dan büyük (PTV52 > %99) doz değerleri

Tablo 4.50. Farklı Tedavi Tekniklerinde V52 > %99 Değerleri için Yapılan Friedman Testi

H ₀ Hipotezi	p değeri
İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT'nin dağılımları ayıdır.	0.000

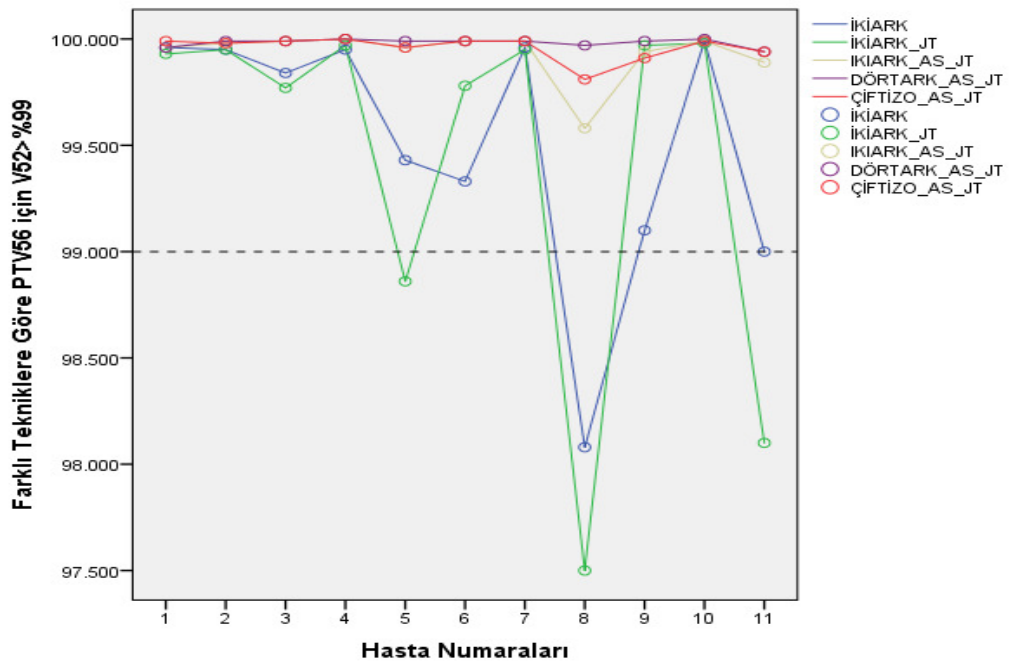
Tablo 4.51. Farklı Tedavi Tekniklerinde V52 > %99 Değerleri için Yapılan İkili İlişkiler Testi

İkili İlişkiler	p değeri
Dört ark AS JT ile Çiftizo AS JT	1.000

PTV56'nın minör değeri olan $V52 > \%99$ değeri için uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Friedman testi sonucu tablo 4.50'de gösterilmiş ve testin anlamlılık seviyesi (testin p-değeri) 0.000 çıkmıştır. Buna göre 0.05 anlamlılık seviyesinde (α) p-değeri anlamlılık seviyesinden küçük olduğu için ($p\text{-değeri} < \alpha$) PTV 56'nın minör değeri olan $V52 > \%99$ değeri için uygulanan İki ark, İki ark JT, İki ark AS JT, Dört ark AS JT ve Çiftizo AS JT tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birisinin dağılımı arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Friedman testi sonucu uygulanan tedavi tekniklerinin doz dağılımlarından en az birinin dağılımının farklı olduğu tespit edildikten sonra hangi tedavi tekniğinin dağılımının diğerinden farklı olduğu ikili ilişkiler testi uygulanarak test edilmiş ve doz dağılımları arasında anlamlı fark olmayan tedavi tekniklerine ilişkin sonuçlar tablo 4.51'de verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre 0.05 anlamlılık seviyesinde p-değerleri belirlenen bu anlamlılık seviyesinden büyük olduğu için Dört ark AS JT tedavi tekniği ile Çiftizo AS JT tedavi tekniği arasında anlamlı bir fark bulunmadığı sonucu elde edilmiştir.

Grafik 4.19. Farklı Tedavi Tekniklerinde $V52 > \%99$ Değerleri için Çizgi Grafiği



Grafik 4.19’da görüldüğü üzere Çiftizo AS JT tedavi tekniği, Dört ark AS JT tedavi tekniği ve İki ark AS JT tedavi teknikleri bütün hastalar için kritik değer olan %99’un üzerinde çıkararak bu kritik değer için en iyi sonuçları vermektedir.

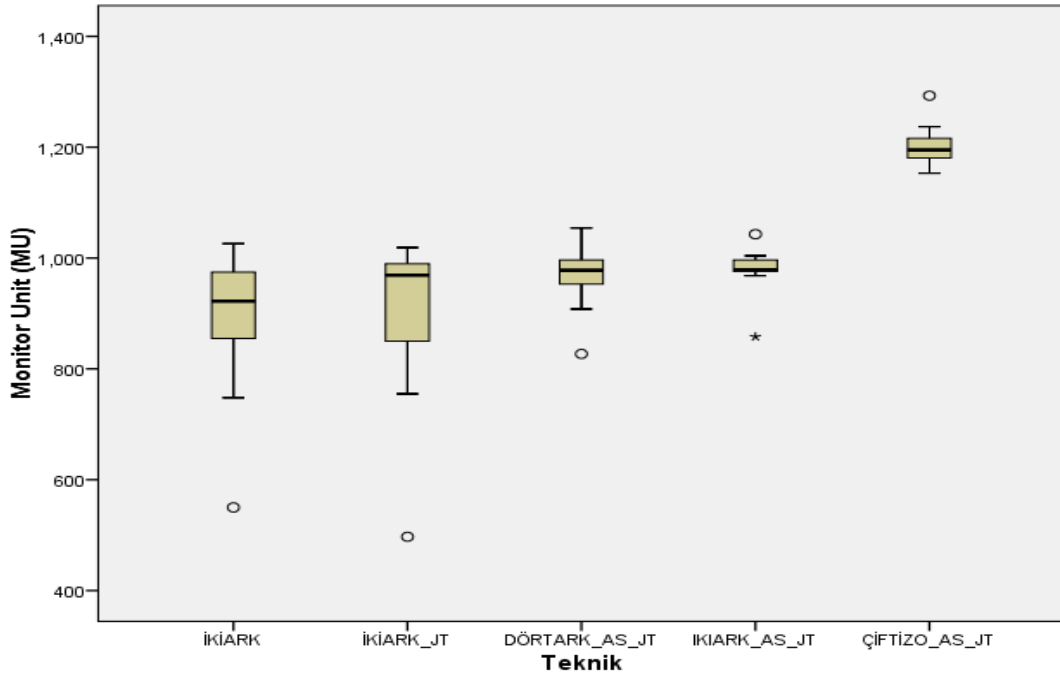
4.1.17. Farklı tedavi tekniklerine göre hesaplanan MU değerleri

Tablo 4.52. Beş Farklı Planlama Tekniğine Göre MU Hesapları için Tanımsal İstatistik Değerleri

Tedavi Tekniği	Hasta Sayısı	Minimum Değer	Maksimum Değer	Ortalama Değer	Standart Sapma
İKİ ARK	11	550	1026	884	137
İKİ ARK-JT	11	497	1019	895	160
İKİ ARK-AS-JT	11	858	1043	977	44
DÖRT ARK-AS-JT	11	827	1054	966	59
ÇİFTİZO-AS-JT	11	1153	1293	1202	38

Tablo 4.52’de görüldüğü gibi en düşük ortalama MU değerini İki ark tedavi tekniğinde almakta olup en yüksek ortalama MU değeri ise Çiftizo AS JT tedavi tekniğinde almaktadır.

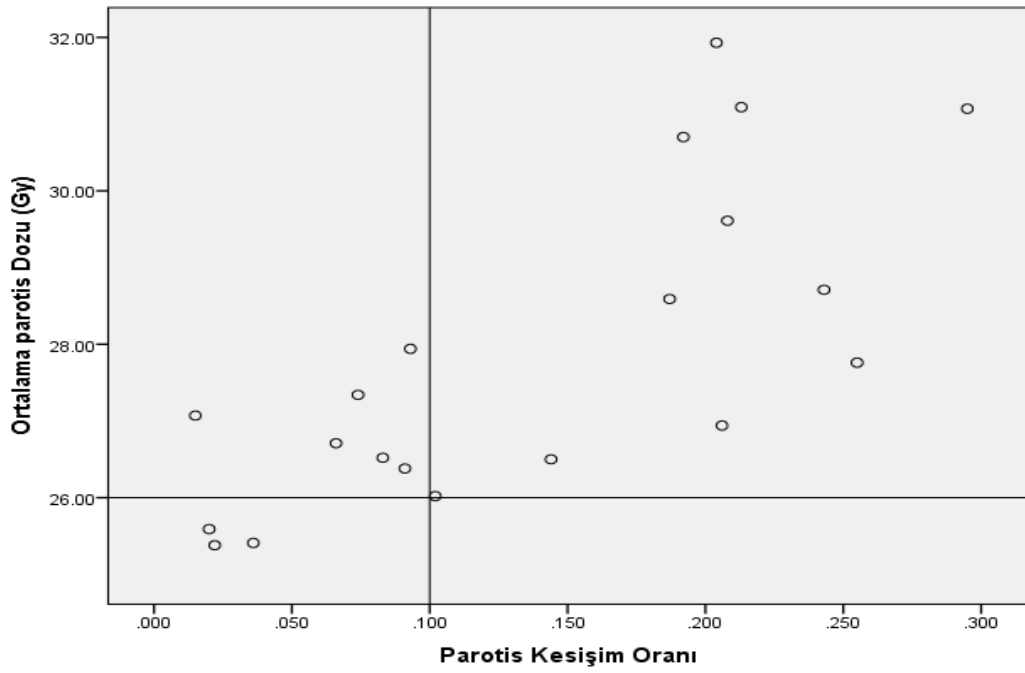
Grafik 4.20. Farklı Tedavi Teknikleri için MU Değerleri Grafiği



Grafik 4.20’de görüldüğü üzere farklı tedavi tekniklerine göre MU değerlerinin dağılımları gösterilmektedir. Bazı MU değerleri büyük farklılık göstermiş ve grafiğin dışında kalmıştır.

4.1.18. Parotis kesişim oranı

Grafik 4.21. Parotis’in Aldığı Ortalama Doz İle Parotis Kesişim Oranın Grafikselleştirilmesi



Grafik 4.21’de görüldüğü üzere parotis kesişim oranı arttıkça parotisin aldığı ortalama dozda artış göstermektedir.

5. TARTIŞMA

Bu başlık altında yaptığımız çalışmada kullandığımız teknik ve parametrelerin literatürde yapılmış benzer çalışmalarda kullanılmış olan teknik ve parametrelerle karşılaştırılması yapılmıştır. Böylece hedef sarımının en iyi şekilde olması için kullanılacak olan teknik ve parametreler tartışılmıştır. Ayrıca çift izomerkezli VMAT planının, normal şartlarda kullanılan diğer tedavi planları ile aynı veya daha üstün sonuçlar verip vermediği araştırılmıştır.

Çalışmanın amacı doğrultusunda lenf nodu tutulumu olan 11 nazofarenks hastasına 6MV enerji kullanılarak beş farklı plan yapılmıştır. Yapılan planlarda 2 ve 4 ark kullanılmış olup hedef sarımı açısından en iyi olan 4 ark seçilmiştir. VMAT planlarına özel; Jaw tracking ve asimetrik alan özellikleri kullanılarak yapılan tek izomerkezli planlar ile çift izomerkezli plan RTOG 0615 kriterlerine göre incelenmiştir.

Zhang ve ark'ın yaptığı lenf tutulumu olan 10 nazofarenks hastası ile yaptığı retrospektif çalışmada sabit jaw ve geniş alan VMAT karşılaştırılmıştır. Sabit jaw planlarda kritik organ hacimlerinde beyin sapı, spinal kord, her iki parotis ve normal dokularda daha düşük doz iletimi sağlanmış fakat larenks ve ağız boşluğunda anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Bu çalışmada, sabit jaw ve geniş alan VMAT PTV kapsamı açısından benzer ve aynı çıkmaktadır fakat sabit jaw planlarında (683 ± 87) MU değerleri geniş alanlı VMAT planlarına (559 ± 62) göre $22\%\pm 12\%$ artmaktadır (24).

Yaptığımız çalışmada ise asimetrik boyutlar kullanılarak yaratılmış sabit alan kullanımı sağ parotis, sol parotis, beyin sapı, kiazma, sağ optik sinir, sol optik sinir, özefagus ve larenks gibi kritik organlarda geniş alan kullanımına göre daha düşük doz almaktadır fakat sabit alan ve geniş alan kullanımı arasında yapılan ikili ilişkiler testi sonucu istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Her iki parotis, spinal kord ve lens gibi kritik organlarda ise sabit alan kullanımı ile bu kritik organların daha az doz almasını sağlamaktadır ve istatistiki olarak bu kritik organlar

için sabit alan kullanımı ve geniş alan kullanımı arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır. Zhang ve ark'ın yaptığı çalışmanın sonuçlarına paralel olarak çalışmamızın sonuçlarına bakıldığında sabit jaw planların (977±44) MU değerleri geniş alanlı VMAT planların (895±160) MU değerlerine göre artış göstermektedir.

Srivastava ve ark'ın lenf nodu tutulumu olan 5 baş boyun hastası ile yaptığı çalışmada bölünmüş alan (Split Field) ve sabit jaw (Fixed Jaw) tekniğinin dozimetrik olarak karşılaştırılması yapılmıştır. Sabit jaw tekniği daha düşük MU, daha kısa tedavi süresi ve homojenliği daha iyi sağlamıştır. Bu nedenle bölünmüş alan tekniği büyük hedef hacimler için sabit jaw tekniği yerine tercih edilen seçenek olması önerilmiştir (23).

Yaptığımız çalışmada Srivastava ve ark'ın yaptığı çalışmaya benzer olarak sabit jaw tekniğinde MU değerleri bölünmüş alan tekniğine göre daha düşük değerler çıkmaktadır. Yaptığımızda bu çalışmada büyük ve karmaşık yapıya sahip olan nazofarenks kanserlerinde bölünmüş alan tekniğinin kullanımıyla birlikte planlarda daha iyi PTV kapsamı sağlanmıştır.

Wu ve ark'ın yaptığı çalışmada 10 baş ve boyun (nazofarenks), 10 akciğer, 10 abdominal ve 10 pelvik kanseri hastaları için jaw tracking tekniği kullanılarak VMAT planlar yapılmış olup baş boyun hastaları için 6 MV, akciğer için 8 MV ve diğer hastalar içinde 10 MV foton enerjileri kullanılmıştır. Jaw tracking sistemi kritik organların daha az ışınlanmasını sağlamanın yanı sıra, sekonder kanser riskini ve akut toksisiteyi azaltarak daha iyi tümör kontrolünü sağladığını rapor etmişlerdir (31).

Çalışmamızda sekonder kanser riskine bakılmamakla beraber jaw tracking sisteminin kullanıldığı planlarda kritik organlar sağ parotis, sol parotis, her iki parotis, beyin sapı, spinal kord, kiazma, sağ ve sol optik sinir, lens, özefagus ve larenks'de Wu ve ark'ın yaptığı çalışmaya benzer olarak jaw tracking sisteminin kullanılmadığı planlara göre doz düşüşü sağlandığı bulgulanmıştır. Fakat yapılan

ikili ilişkiler testi sonucu jaw tracking sisteminin kullanıldığı ve kullanılmadığı sistemler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmemiştir.

Feng ve ark'ın 28 hasta ile yaptığı retrospektif çalışmada baş boyun, akciğer, prostat, abdominal, özefagus, servikal, rektal ve bir adet lokal reküren nazofarenks hastası baş boyun araştırma grubuna alınmıştır. Baş boyun hastaları için 6 MV diğer hastalar için ise 10 MV enerji kullanılarak statik jaw ve jaw tracking tekniği kullanılarak IMRT planlar yapılmıştır. Jaw tracking tekniği ile yapılan dinamik IMRT planlarında özellikle düşük doz bölgelerinde normal dokularda dozları azaltmaktadır. Lens için doz azaltımı maksimum olduğu görülmüştür. Kritik organların hacmine ve konumuna bağlı olarak doz azalması %1.1 ile %31.0 arasında değiştiğini gözlemlemiştirler. Jaw tracking tekniği kullanılan planlar statik jaw tekniği kullanılan planlara göre kritik organları korumada daha etkilidir. Bu sonuçlar özellikle büyük ve karmaşık hedefleri olan ve yüksek oranda radyoduyarlı olan organlara yakın (lens) veya lokal reküren hastalar için klinik öneme sahiptir (21).

Yaptığımız çalışmada VMAT tekniği kullanılmış fakat jaw tracking tekniğinin etkisi de araştırılmıştır. Feng ve ark'ın yaptığı çalışmaya benzer olarak lens için incelendiğinde jaw tracking kullanılarak yapılan planlar sabit jaw kullanılarak yapılan planlara göre istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ve jaw tracking tekniği kullanılan planlar kritik organları korumada daha etkili olduğu ortaya çıkmaktadır. Yapılan analiz sonucunda istatistiki olarak anlamlı fark bulunmaktadır.

Sasaki ve ark'ın 8 baş boyun hastası ile yaptıkları çalışmada çok yapraklı kolimatörlerin (MLC'ler) farklı yaprak genişliklerinin IMRT ve VMAT tekniklerindeki etkisini ölçmeyi amaçlamıştır. Bu amaçla 120 yapraklı HDMLC ve 120 yapraklı Millenium MLC arasındaki doz geçirgenliği bir test vakası ve klinik vaka çalışmaları kullanılarak incelenmiştir. Tedavi yönteminden bağımsız olarak HD MLC ve Millenium MLC PTV üzerinde etkiye sahip olmadığını ve HD-120MLC, Millenium 120 MLC göre kritik organların daha az veya benzer dozlar aldığını göstermektedirler. Kabaca klinik vaka çalışmalarının sonuçları test vaka

çalışmalarına benzerlik gösterse de alan kısıtlamasına rağmen HD 120MLC daha üstün sonuçlar verdiğini göstermişlerdir (7).

Çalışmamızda Sasaki ve ark'dan farklı olarak HDMLC 120 yaprak kullanılan durumlarda maksimum alan boyutuna sığmayan tedavi alanları için çift izomerkez tekniğinin diğer tekniklerle benzer veya üstün sonuçlar verip vermediği incelenmiştir. Sasaki ve ark'ın yaptığı çalışmaya benzer olarak 120 yapraklı HDMLC'nin kullanıldığı çift izomerkezli planlar, kritik organlar açısından incelendiğinde Millenium 120 MLC'nin kullanıldığı dört arklı tek izomerkezli planlara göre benzer sonuçlar vermektedir. İki plan tekniği arasında yapılan ikili ilişkiler testi sonucu istatiki olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. Fakat larenks ve sol optik sinir için iki plan tekniği arasında yapılan ikili ilişkiler testinde istatiki olarak anlamlı fark bulunmaktadır.

Tol ve ark'ın 10 baş boyun hastasıyla yaptığı retrospektif çalışmada İki, dört, altı ve sekiz ark kullanılarak yapılan VMAT planlar karşılaştırılmıştır. Çalışmada ark sayısı, PTV doz homojenliği ve kritik organ korunumu arasındaki ilişki araştırılmıştır. Planlarda 6 MV enerji kullanılmıştır. Çalışmada iki ark ve daha çok ark'ların kullanıldığı planlar da planların kalitesinde artış olduğu gösterilmektedir. Dört ark planlar da artan teslimat süresi ve iyileştirilmiş plan kalitesi arasında iyi bir denge sağlanmaktadır. Fakat altı ark'ın kullanıldığı planlar ve sekiz ark'ın kullanıldığı planlar arasında yapılan istatikselsel analiz sonucunda istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (32).

Çalışmamızda Tol ve ark'ın yaptığı çalışmadan farklı olarak sadece iki ark ve dört ark kullanılarak VMAT planlar yapılmış, aralarında ikili iliştiler testi yapılarak istatikselsel olarak incelenmiştir. Dört ark kullanılarak yapılan planlar kritik organlar açısından incelendiğinde iki ark kullanılarak yapılan planlara göre daha düşük doz değerleri almakla birlikte istatistiki olarak aralarında anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Hedef sarımı (PTV) açısından incelendiğinde ise de dört ark kullanılarak yapılan planlar daha iyi sonuç vermektedir fakat istatistiki olarak aralarında anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Nazofarenks hastaları için radyoterapi temel tedavi yöntemi olmakla birlikte radyoterapi hacimlerinin kompleks ve kritik organlara yakın olması tedaviyi zorlaştırmaktadır. Gelişen teknoloji ve farklı tedavi teknikleriyle birlikte daha iyi PTV sarımı sağlanmasına ve kritik organların minimum doz almasına çalışılmaktadır. Bu amaçla YART tekniği geliştirilmiştir. Bu tedavi tekniği ile birlikte primer tümör ve boyun lenfatikleri tek bir hacimde tedavi edilebilmektedir. Her ne kadar primer tümör ve boyun lenfatikleri tek bir hacimde tedavi edilebilsede YART tekniğinde tedavi süresinin uzun olması hastanın konforunu etkilemekte ve aynı zamanda radyobiyolojik sebeplere bağlı olarak tümör hücrelerinde onarıma ve çoğalmaya neden olmaktadır. YART tekniğinde tedavi süresini kısaltmak amacıyla YART tekniğinin gelişmiş uygulaması olan VMAT tekniği geliştirilmiştir. VMAT tekniği kullanılan tedavilerde tedavi süresi boyunca gantri hızı, doz hızı ve çok yapraklı kolimatör pozisyonu ve hızı değişim göstermektedir. Aynı zamanda VMAT tekniği ile birlikte kullanılan jaw tracking sistemi radyasyon sızıntısını ve radyasyon geçirgenliğini en aza indirmekte olduğu ve kritik organlarda daha iyi koruma sağladığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir.

Büyük ve karmaşık yapıya sahip olan nazofarenks kanserinde asimetrik boyutlar kullanılarak yaratılmış görece daha küçük ve sabit alan kullanımı, tek ve ya iki ark ile kullanılan geniş alanlara göre daha iyi PTV sarımı ve kritik organ koruması sağlamaktadır. Buna ek olarak kritik organların korunmasında orta nokta ve kenar MLC boyutu sırasıyla 0.25 cm ile 0.5 cm olan HDMLC, orta nokta ve kenar MLC boyutu sırasıyla 0.5 cm ve 1 cm olan Milenium-120 MLC'e göre daha iyi sonuçlar vermekte ancak HDMLC'nin alan boyutundaki kısıtından dolayı çift izomerkezli planlar yapılmaktadır.

Çalışmamızda tek ve çift izomerkezli olarak yapılan planlarda kritik organ hacimlerinin aldığı maksimum doz değerlerinin istatistiksel olarak ikili karşılaştırılması yapılmıştır. Bu doğrultuda beyin sapı, spinal kord, kiazma, sağ optik sinir ve lens'in aldığı maksimum doz değerleri için dört ark kullanılarak

yapılan tek izomerkezli planlar ve çift izomerkezli planlar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Beyin sapı, spinal kord, kiazma, sağ optik sinir ve lens gibi kritik organlarının aldığı en düşük doz değerleri dört ark kullanılarak yapılan tek izomerkezli planlar ve yine dört ark kullanılarak yapılan çift izomerkezli planlar da çıkmaktadır.

Larenks ve sol optik sinir için dört ark kullanılarak yapılan çift izomerkezli planlar ve yine dört ark kullanılarak yapılan tek izomerkezli planlar arasında istatistiki olarak ilgili anlamlılık seviyesinde anlamlı bir fark olmakla birlikte bu planlarda ilgili kritik organlar en düşük doz değerlerini almaktadır.

Ortalama doz değerlerine bakılan sağ parotis, sol parotis, özefagus ve her iki parotis için dört ark kullanılarak yapılan tek izomerkezli planlarda ve dört arklı çift izomerkezli planlarda ilgili kritik organlar en düşük doz değerlerini almakta olup; her iki plan arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Kritik organlardan parotisin hedef hacim ile olan kesişim oranı hesaplanmıştır. Daha sonra hesaplanan bu oranın parotisin aldığı ortalama doz değeriyle olan ilişkisi ortaya konulmuştur. Buna göre parotisin aldığı ortalama doz değeri arttıkça kesişim oranı da artmaktadır.

Konformite indeks (CI_{70}) değerini incelediğimizde ideal değer olan 1'e en yakın olan değerlere dört ark kullanılarak yapılan çift izomerkezli planlarda ve yine dört ark kullanılarak yapılan tek izomerkezli planlarda ulaşılmıştır. Yaptığımız ikili karşılaştırma testinde ise bu iki plan arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Konformite indeks (CI_{60}) değerlerini hedef sarımsı açısından incelediğimiz için dört ark kullanılarak yapılan çift izomerkezli planlarda ve yine dört ark kullanılarak yapılan tek izomerkezli planlarda hedef sarımsının en iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Fakat tek izomerkezli ve çift izomerkezli planlar arasında yapılan ikili ilişkiler testine göre istatistiki olarak aralarında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Konformite indeks (CI_{56}) değerlerini hedef sarımı açısından incelediğimiz için dört ark kullanılarak yapılan çift izomerkezli planlarda ve yine dört ark kullanılarak yapılan tek izomerkezli planlarda hedef sarımının en iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Fakat tek izomerkezli ve çift izomerkezli planlar arasında yapılan ikili ilişkiler testine göre istatistiki olarak aralarında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Özetle bu çalışma daha iyi PTV sarımının sağlanması, bazı kritik organların D_{maks} değerlerinin dşrlmesi ve bazı kritik organların ortalama doz (D_{ort}) değerlerinin iyileştirilmesi amacıyla çok arklı diğer tedavi teknikleriyle yapılan planlarla benzer ve üstün sonuçlar verdiğinden dolayı HDMLC kullanılarak yapılan çift izomerkezli planların klinikte rahatlıkla kullanılabilir olduğunu göstermektedir. Ancak ift izomerkezli planların verimliliğinin arttırılabilmesi için asimetrik alan ve jaw tracking tekniğinin kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Fraass BA. The development of conformal radiation therapy. *Med Phys* 1995; 22(11):1911-1921
2. Kutcher GJ, Fuks Z, Brenner H, Brown AP, Burman C, Cheng E, Coia L, Krippner K, Manolis JM, Mohan R, Simpson J.R, Urie M, Vikram B, Wallace R. Three dimensional photon treatment planning for carcinoma of the nasopharynx . *Radiation Oncology* 1991; 21:169-182.
3. Jen YM, Shih R, Lin YS , Su WF, Ku CH , Chang CS, Shueng PW , Hwang JM, Liu DW, Chao HL, Lin HY, Chang LP, Shum WY, Lin CS. Parotid gland-sparing 3 dimensional conformal radiotherapy results in less severe dry mouth in nasopharyngeal cancer patients: Adosimetric and clinical comparison with conventional radiotherapy. *Radiotherapy and Oncology* 2005;75:204-209
4. Lalya I , Marnouche E A, Abdelhak M, Zaghba N , Andaloussi K, Elmarjany M , Baddouh L, Dahman K , Hadad K, Sifat H, Mansouri H. Radiotherapy of nasopharyngeal cancer using rapidarc: Dosimetric study of military teaching hospital Mohamed v, Morocco. *BMC Research Notes* 2017 ;112(10)
5. Holt A, Gestel DV, Arends MP, Korevaar EW, Schuring D, Busch-Kunze MC, Louwe R JW, Vliet-Vroegindeweyj CV. Multi-institutional comparison of volumetric modulated arc therapy vs.intensity modulated radiation therapy for head and neck cancer: A planning study. *Radiation Oncology* 2013;826
6. Özyar E, Temel ve Klinik Radyoterapi. 2. Baskı, Türk Radyasyon Onkolojisi Derneği Yayınları 2015; 169-175
7. Sasaki M, Tominaga M, Kamomae T, Ikushima H, Kitaoka M, Bando R, Sakuragawa K, Oita M. Influence of multi-leaf collimator leaf transmission on head and neck intensity modulated radiation therapy and volumetric modulated arc therapy planning. *Japam Radiological Society* 2017
8. Harrison LB, Sessions RB, Hong WK. Head and Neck Cancer: A Multidisciplinary Approach, Third Edition. Philadelphia : JB Lippicott Company, 2003
9. Chao KSCI. Practical Essentials of Intensity Modulated Radiation Therapy, 2nd Edition, 2005; 135-149

10. Fandi A, Altun M, Azli N, Armand JP, Cvitkovic E. Nasopharyngeal cancer: epidemiology, staging, and treatment. *Semin Oncol* 1994; 21(3): 382-397
11. Clifton P, Titcomb Jr. High incidence of nasopharyngeal carcinoma in Asia. *Journal of Insurance Medicine* 2001;33:235-238
12. Baker SR, Wolfe RA. Prognostic factors of nasopharyngeal malignancy. *American Cancer Society* 1982;49:163-169
13. Li X, Fasano R, Wang E, Yao KT, Marincola FM. HLA associations with nasopharyngeal carcinoma. *Current Molecular Medicine* 2009; 9(6):751-765
14. Yu MC, Ho JHC, Lai SH, Henderson BE. Cantonese-style salted fish as a cause of nasopharyngeal carcinoma. Report of a Case-Control Study in Hong Kong *Cancer Research* 1986;49:956-961
15. Çelik H. Nazofarenks Kanserlerinin Radyoterapisinde Tedavi Alanı Değişikliklerinin Lens Dozuna Etkisi, Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı Radyasyon Fiziği Yüksek Lisans Programı Yayınlanmamış Tezi, Kayseri, 2010 (Yrd.Doç.Dr.O. ORHAN)
16. Altekin İ. Nazofarenks Kanserli Olgularda Human Papillomu Virüs ve Epstein Barr Virüs Varlığının Tümörle Birlikteliğine Göre Değerlendirilmesi, Trakya Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Uzmanlık Tezi, Edirne, 2014 (Prof.Dr. A. TAŞ)
17. Center, Memorial Sloan-Kettering Cancer, A Practical Guide to Intensity-Modulated Radiation Therapy, 2003
18. Lee N, Puri DR, Blanco AI, Chao KS. Intensity modulated radiation therapy in head and neck cancers: an update. Department of Radiation Oncology, Memorial Sloan-Kettering Cancer Center, 2007;29(4):387-400
19. Schmidhalter D, Fix M. K, Niederer P, Niederer, Mini R, Manser P. Leaf transmission reduction using moving jaws for dynamic MLC IMRT. *Med Phys* 2007;34:3674-87
20. Kim JI, Park JM, Park SY, Choi CH, Wu HG, Ye SJ. Assessment of potential jaw-tracking advantage using control point sequences of VMAT planning. *Journal of Applied Clinical Medical Physics* 2014;160-168

21. Feng Z, Wu H, Zhang Y, Zhang Y, Cheng J, Su X. Dosimetric comparison between jaw tracking and static jaw techniques in intensity modulated radiotherapy. *Radiation Oncology* 2015;28(10):1-7
22. Chen J, Chen X, Huang M, Dai J. A fixed-jaw method to protect critical organs during intensity-modulated radiotherapy. *Med Dosim* 2014;39:326-329
23. Srivastava SP, Das JJ, Kumar A, Johnstone PAS. Dosimetric comparison of split field and fixed jaw techniques for large IMRT target volumes in the head and neck. *Med Dosim* 2011;36:3-6
24. Zhang WZ, Lu JY, Chen JZ, Zhai TT, Huang BT, Li DR, Chen CZ. A dosimetric study of using fixed-jaw volumetric modulated arc therapy for the treatment of nasopharyngeal carcinoma with cervical lymph node metastasis. *Plos One* 2016;5(11):1-10
25. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. Radyoloji Bilgisayarlı tomografi cihazları. Ankara Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları. 2011.
26. Siemens. Siemens SOMATOM Force El Kitabı. s.60. [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi: 20.07.2018.] https://static.healthcare.siemens.com/siemens_hwem-hwem_ssxa_websites-context-root/wcm/idc/groups/public/@global/@imaging/@ct/documents/download/mda3/mzgz/~edisp/di_ct_somatom-force_brochure-04401633.pdf.
27. Varian Medical System Inc. EclipseTreatment Planning System. [Çevrimiçi] 2008; [Alıntı Tarihi: 22.08.2018.] <https://www.varian.com/oncology/products/software/treatment-planning/eclipse-treatment-planning-system>.
28. Kielar KN, Mok E, Hsu A, Wang L, Luxton G. Verification of dosimetric accuracy on the truebeam STX: Rounded leaf of the high definition MLC. *Med. Phys.* 2012; 10(39): 6360-6371
29. Orhunbilge N. Örneklem Yöntemleri ve Hipotez Testleri. 2. Baskı. İstanbul, Avcıol Basım Yayın, 2000.
30. Cantürk E, Topgül G, Gürlü O, Tunç SG, Abakay CD, Kurt M, Çetintaş SK. Endometrium, serviks ve larinks kanserlerinin yoğunluk ayarlı radyoterapi tekniğinde doz homojenite indeksinin kantitatif olarak değerlendirilmesi ve

homojenite indeks değerlerinin karşılaştırılması. BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi 2017;19(3):135-140.

- 31.** Wu H, Jiang F, Yue H, Hu Q, Zhang J, Liu Z, Gong J, Li S, Geng J, Zhang Y. A comparative study of identical VMAT plans with and without jaw tracking technique *Journal of Applied Clinical Medical Physics*. 2016;17(5)
- 32.** Tol J.P, Dahele M, Slotman B.J, Verbakel W.F.A.R. Increasing the number of arcs improves head and neck volumetric modulated arc therapy plans *Acta Oncologica*. 2015; 54(2):283-7



EKLER

EK 1. Özgeçmiş

Ad	Hatice	Soyad	SEVİNÇ
Doğum yeri	Mersin	Doğum tarihi	10/01/1990
Uyruğu	T.C	Telefon	-
E-mail	haticeyildizsevinc@gmail.com		

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi-Sağlık Fiziği Programı	2019
Lisans	Ankara Üniversitesi- Fizik Mühendisliği	2016
Lise	Nuri Cıngıllıoğlu Yabancı Dil Ağırlıklı	2008

Yabancı dil

Yabancı Dil	Okuduğunu Anlama	Konuşma	Yazma
İngilizce	İyi	İyi	İyi

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma Becerisi
Eclipse Tedavi Planlama sistemi	İyi
Microsoft Office	İyi
C#	Az